

Dott. Ing. Riccardo Trevisan

Albo degli Ingegneri della Provincia di Parma n° 2452A

P.IVA 02519470344 - C.F. TRVR81P18G337A

email: riccardotrevisan@hotmail.com - tel. +39 329 5725979

Relazione di calcolo di idoneità del supporto dei dispositivi di ancoraggio

per sistema anticaduta presso gli edifici siti in via Xxxxx n° yy

Parma

Committente: Condominio Xxxxxx

Amministratore pro-tempore: Nome Cognome

PARMA, 20/04/2015

Dott. Ing. Riccardo Trevisan

Il sottoscritto

La presente relazione viene redatta in merito alla verifica degli elementi di ancoraggio per i dispositivi anticaduta da posizionare sulle coperture dei due edifici condominiali di cui al seguente paragrafo, e alla verifica delle strutture di supporto alle sollecitazioni indotte in caso di caduta dell'operatore.

Si precisa che il sistema anticaduta è stato progettato e verificato dalla "Società italiana sistemi anticaduta s.r.l." e dal Dott. Ing. Nome Cognome, come da elaborato tecnico con numero di protocollo 15_0402. La presente relazione riguarda esclusivamente l'idoneità strutturale alle forze di carico trasmesse dal sistema di ancoraggio alla struttura di supporto come da valori di progetto riportati dal manuale del fabbricante e la verifica degli ancoranti alla struttura di supporto stessa.

Par. 01- DESCRIZIONE

I due edifici condominiali oggetto di intervento sono evidenziati nella fotografia aerea seguente:



Entrambi gli edifici sono caratterizzati da struttura portante a telaio in cemento armato e tamponamenti in muratura, con copertura a tetto a più falde.

Strutturalmente i due edifici sono identici, in particolare le coperture e le strutture che le sostengono, inoltre il sistema anticaduta progettato è uguale per ambedue, pertanto le considerazioni all'interno della presente relazione verranno fatte una volta ed avranno valore per entrambi gli edifici.

Il sistema anticaduta progettato prevede l'installazione sulla copertura di due linee di ancoraggio flessibili orizzontali (dispositivo di classe C), di sette dispositivi di ancoraggio strutturale su parete verticale (dispositivi di classe A1) e tre dispositivi di ancoraggio strutturale su tetto inclinato "sottotegola" (dispositivi di classe A2).

Par. 02 – VERIFICHE

Nel caso di calcolo strutturale dell'ancoraggio di Sistemi Anticaduta da installare in copertura ci si trova nella condizione di intervento locale come definito dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni, di cui al D.M. 14.01.2008. Pertanto la relazione di calcolo potrà essere riferita alle sole parti e/o elementi interessati. Più precisamente si dovrà indagare sulla resistenza della struttura portante su cui il dispositivo di ancoraggio verrà installato e non su quelle con essa interagenti.

DISPOSITIVI DI CLASSE "C":

Per i dispositivi di classe C è fornita dal produttore la tabella dei carichi e delle frecce del cavo, con dati ottenuti tramite le prove di prestazione dinamica.

Il produttore del sistema ha fornito le seguenti specifiche tecniche:

Doc.: D09/10
Rev.: 0 – 18/04/2011

13- SPECIFICHE TECNICHE DELLA LINEA DI ANCORAGGIO

DESCRIZIONE	UNITA' DI MISURA	
LUNGHEZZA TOTALE DELLA FUNE	m	Lunghezza linea
INTERASSE MASSIMO DELLA FUNE FRA GLI ANCORAGGI STRUTTURALI INTERMEDI	m	5
NUMERO MASSIMO DI UTILIZZATORI CONTEMPORANEI	nr	2
SFORZO MASSIMO TRASMESSO DALLA FUNE AGLI ANCORAGGI STRUTTURALI TERMINALI	daN	1000
MASSIMA DEFLESSIONE (FRECCIA) DELLA FUNE	m	1.30
MINIMA RESISTENZA RICHIESTA PER GLI ANCORAGGI STRUTTURALI TERMINALI	daN	2000
MINIMA RESISTENZA RICHIESTA PER GLI ANCORAGGI STRUTTURALI INTERMEDI	daN	1200

Tabella 1

Pertanto la tensione massima sul cavo è indicata in tabella ed è pari a 10 KN che verranno moltiplicati per un coefficiente parziale di sicurezza che verrà assunto pari a 1,5

Il cavo di acciaio inox verrà sostenuto da due pali di estremità "Vitasafe Pro 750" fissati tramite una piastra di base in alluminio alla trave di colmo in cemento armato esistente di sezione 40x25 cm.

In particolare il fissaggio della piastra dovrà avvenire tramite ancoraggio chimico con 4 barre filettate per solaio in latero cemento aventi diametro ϕ 12 di classe 8.8.

La profondità di infissione dovrà essere di 120 mm.

Verranno indagati i meccanismi di rottura a trazione:

- Rottura lato acciaio;
- Rottura conica del cls
- Rottura per estrazione
- Rottura per splitting

Ed i meccanismi di rottura a taglio:

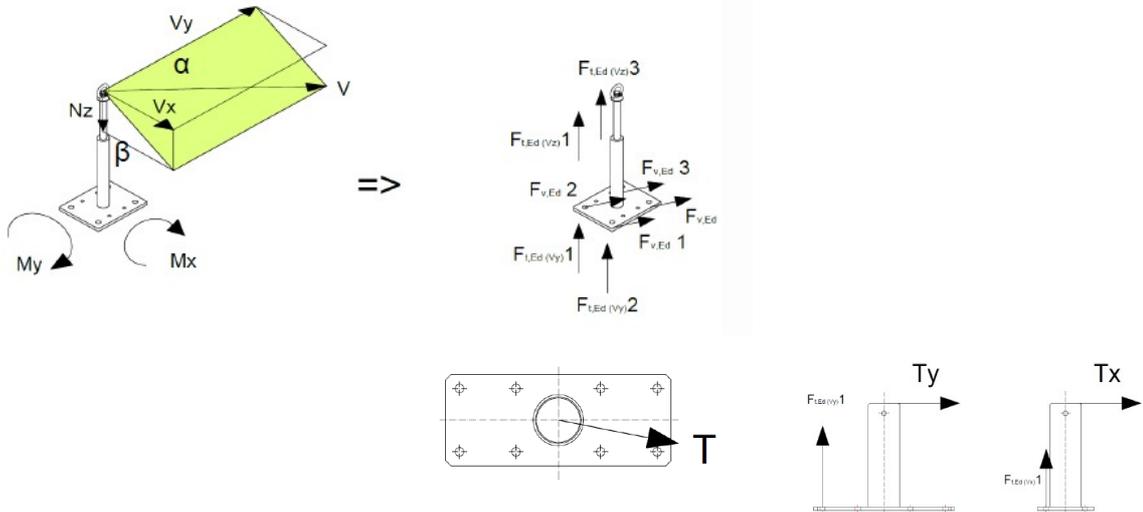
- Rottura lato acciaio;
- Rottura del bordo
- Rottura per pry-out

Inoltre verrà eseguita la verifica a flessione della sezione di cls.

Le verifiche sono effettuate nella condizione allo stato di limite ultimo, in base ai coefficienti indicati dalla UNI EN 795/02.

Di seguito si riportano le verifiche eseguite ed i fogli di calcolo relativi. Si precisa che la verifica a flessione della sezione di cls è stata eseguita mediante l'ausilio del programma di calcolo "VcaSlu" versione 7.7 del Professor Piero Gelfi.

Dispositivo Classe C			
Azioni agenti			
Altezza palo	hp	0,165	m
Altezza paletto di estremità	hpe	0,155	m rispetto al piano di fissaggio
spessore piastra	s	10,00	mm
interasse fissaggi (y)	iy1	0,000	m ny1
	iy2	0,000	m ny2
	iy3	0,000	m ny3
	iy4	0,150	m ny4
interasse fissaggi (x)	ix	0,080	m nx
lunghezza linea	Ltot	5,00	m
numero campate	nr	1,00	
lunghezza campata	Lcam	5,00	m
massimo sforzo sulla linea	F	11,00	kN
freccia della linea in mezzeria	fm	1,3	m
angolo di inclinazione orizzontale a	α	27,47°	0,48 radianti
angolo di inclinazione verticale b	β	33,00°	0,58 radianti
coefficiente di sicurezza	k	1,50	
numero fissaggi	n	4	M 12 Φ 12,00 mm
sforzo normale di compressione	Nz	4,15	kN $F \cdot k \cdot \sin\alpha \cdot \sin\beta$
taglio	Vy	14,64	kN $F \cdot k \cdot \cos\alpha$
	Vx	6,38	kN $F \cdot k \cdot \sin\alpha \cdot \cos\beta$
	Vxy	15,97	kN $\text{radq}(Vx^2 + Vy^2)$
	Moment	Mx	2,27
	My	0,99	kNm $Vx \cdot hpe$



Reazioni			
$F_{t,Ed}(Mx) = Mx/n \cdot iy4$	kN	7,56	
$F_{t,Ed}(My) = My/nx \cdot ix$	kN	6,18	
$F_{t,Ed} \text{ max} = F_{t,Ed}(Y) + F_{t,Ed}(X)$	kN	13,75	Trazione
$F_{v,Ed} = Vxy/n$	kN	3,99	Taglio

Verifica dell'ancoraggio:

CEDIMENTO LATO ACCIAIO

Verifica a trazione

Materiali, proprietà meccaniche

fuk=	800	N/mm ²	resistenza ultima caratteristica
fyk=	640	N/mm ²	resistenza caratt allo snervamento
Ares=	84,3	mm ²	sezione resistente
Ym2 DM2008=	1,25		
Yms ETAG=1,2/(fyk/fuk)	1,5	> 1,4	

Resistenza	Ft,Rd (DM 2008)	48.556,80 N
Resistenza	Ft,Rd (ETAG)	44.960,00 N

Massima trazione sollecitante	Ft,Ed	13.748,24 N
-------------------------------	-------	-------------

Se Ft,ed < Ft,rd	La verifica è soddisfatta
------------------	---------------------------

Verifica a taglio

Ym2 DM2008=	1,25
Yms ETAG=1,2/(fyk/fuk)	1,25 > 1,25

Resistenza	Fv,Rd (DM 2008)	26.976,00 N
Resistenza	Fv,Rd (ETAG)	26.976,00 N

Massimo Taglio sollecitante	Fv,Ed	3.992,66 N
-----------------------------	-------	------------

Se Fv.ed < Fv,Rd	La verifica è soddisfatta
------------------	---------------------------

Verifica combinazione trazione/taglio

$(Ft,Ed / Ft,Rd)^2 + (Fv,Ed / Fv,Rd)^2 =$	0,12	Se <1	La verifica è soddisfatta
---	------	-------	---------------------------

Verifica dell'ancoraggio: CEDIMENTO LATO CLS

Verifica a trazione

La resistenza di progetto a trazione è da assumersi come il più piccolo dei seguenti valori:

A) Resistenza dell'acciaio: $N_{Rd,s}$

B) Resistenza di progetto combinata a sfilamento ed a rottura conica del cls:

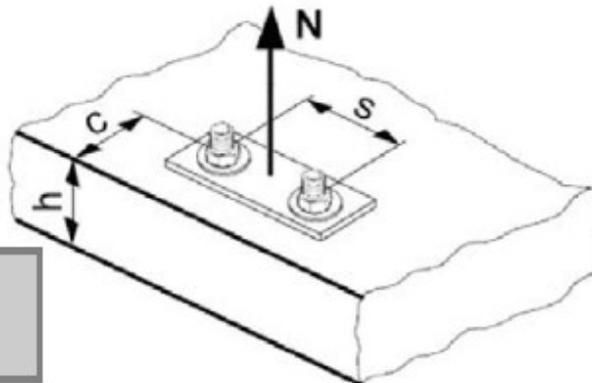
$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 \cdot f_{b,p} \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,p} \cdot f_{re,N}$$

C) Resistenza alla rottura conica del calcestruzzo:

$$N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$$

D) Resistenza a splitting (solo per cls non fessurato):

$$N_{Rd,sp} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,sp} \cdot f_{2,sp} \cdot f_{3,sp} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$$



Resistenza di progetto combinata a sfilamento ed a rottura conica del calcestruzzo

$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 \cdot f_{b,p} \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,p} \cdot f_{re,N}$$

Dimensione ancorante	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30
Profondità nominale di ancoraggio $h_{ef} = h_{ef,typ}$ [mm]	80	90	110	125	170	210	240	270
$N_{Rd,p}^0$ Range delle temp. I [kN]	15,6	22,0	32,3	54,5	85,5	116,1	135,7	120,2
$N_{Rd,p}^0$ Range delle temp. II [kN]	13,4	18,8	27,6	50,3	78,3	105,6	122,1	99,0
$N_{Rd,p}^0$ Range delle temp. III [kN]	8,9	12,6	18,4	29,3	46,3	63,3	74,6	63,6

Resistenza di progetto rottura conica cls $N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$

Resistenza di progetto a splitting ^{a)} $N_{Rd,sp} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,sp} \cdot f_{2,sp} \cdot f_{3,sp} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$

Dimensione ancorante	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30
$N_{Rd,c}^0$ [kN]	20,1	24,0	32,4	47,1	74,6	102,5	125,2	124,5

$N_{Rd,p}^0$	27,6	kN
$N_{Rd,c}^0$	32,4	kN

Fattori correttivi:

Influenza della resistenza del cls sulla resistenza combinata a sfilamento ed a rottura conica del cls

Per Classe calcestruzzo (ENV 206)

C

20/ 25

$f_{b,p}$	$f_{b,p} = (F_{ck,cube} / 25N/mm^2)^{0,10}$	1
-----------	---	---

Influenza della resistenza del cls sulla resistenza a rottura conica del cls

f_b	$f_b = (F_{ck,cube} / 25N/mm^2)^{0,5}$	1
-------	--	---

Interasse critico per collasso dovuto a splitting	$s_{cr,sp}$ [mm]	$2 C_{cr,sp}$	
Distanza dal bordo critica per collasso dovuto a splitting ^{c)}	$C_{cr,sp}$ [mm]	$1,0 \cdot h_{ef}$ per $h / h_{ef} \geq 2,0$	
		$4,6 h_{ef} - 1,8 h$ per $2,0 > h / h_{ef} > 1,3$:	
		$2,26 h_{ef}$ per $h / h_{ef} \leq 1,3$:	
Interasse critico per collasso dovuto ad estrazione cono cls	$s_{cr,N}$ [mm]	$2 C_{cr,N}$	
Distanza dal bordo critica per collasso dovuto ad estrazione cono cls ^{d)}	$C_{cr,N}$ [mm]	$1,5 h_{ef}$	

s=		80	mm
c=		150	mm
h=		250	mm
h_{ef}		120	mm
h/h_{ef}		2,08	
$C_{cr,N}$	$1,5 \cdot h_{ef}$	180	mm
$C_{cr,sp}$		120	mm
$s_{cr,sp}$	$2 \cdot C_{cr,sp}$	240,0	mm
$s_{cr,N}$	$2 \cdot C_{cr,N}$	360,0	mm
$C/C_{cr,N}$		0,833	
$C/C_{cr,sp}$		1,250	
$S/s_{cr,sp}$		0,333	
$S/s_{cr,N}$		0,222	
$h_{ef,TYP}$	da foglio "particolari di posa"	110	mm

Influenza della distanza dal bordo

$f_{1,N} =$	$0,7+0,3*C/C_{cr,N} =$	0,950	
$f_{1,sp} =$	$0,7+0,3*C/C_{cr,sp} =$	1	
$f_{2,N} =$	$0,5*(1+C/C_{cr,N}) =$	0,917	
$f_{2,sp} =$	$0,5*(1+C/C_{cr,sp}) =$	1	

Influenza dell'interasse

$f_{3,N} =$	$0,5*(1+s/s_{cr,N}) =$	0,611	
$f_{3,sp} =$	$0,5*(1+s/s_{cr,sp}) =$	0,667	

Influenza della profondità di ancoraggio sulla resistenza combinata a sfilamento ed a rottura conica del cls

$f_{h,P} =$	$h_{ef}/h_{ef,typ}$	1,091	
-------------	---------------------	-------	--

Resistenza alla rottura conica del calcestruzzo:

$f_{h,N} =$	$(h_{ef}/h_{ef,typ})^{1,5}$	1,139	
-------------	-----------------------------	-------	--

Influenza dell'armatura

$f_{re,N} =$	$0,5+hef/200mm$	1	
--------------	-----------------	---	--

Calcolo resistenze

$N_{Rd,s}$	44.960,00 N
$N_{rd,p}$	16.023,33 N
$N_{rd,c}$	19.646,40 N
$N_{rd,sp}$	24.611,42 N

Resistenza $N_{Rd} \text{ min}$ 16.023,33 N

Azione $F_{t,ed}$ 13.748,24 N

Se $F_{t,ed} < N_{Rd} \text{ min}$ La verifica è soddisfatta

Verifica a taglio

Resistenza dell'acciaio

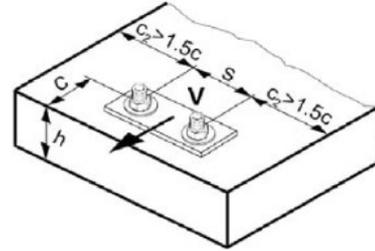
$$V_{rd,s}$$

Resistenza a pryout del cls

$$V_{rd,cp} = k \cdot \min(N_{Rd,p}; N_{Rd,c})$$

Resistenza rottura bordo cls

$$V_{rd,c} = V_{Rd,c}^0 \cdot f_b \cdot f_{\beta} \cdot f_h \cdot f_4 \cdot f_{hef} \cdot f_c$$



Resistenza a pryout del cls

$N_{rd,p} =$	16.023,33 N
$N_{rd,c} =$	19.646,40 N

$k =$	2
-------	---

$$V_{rd,cp} = 32.046,67 \text{ N}$$

Resistenza rottura bordo cls

Resistenza di progetto rottura bordo cls

$V_{rd,c}^0 =$	11,60 kN
----------------	----------

Influenza della resistenza del cls

$f_b =$	C 20/25	1,00	
---------	---------	------	--

Influenza dell'angolo formato tra la direzione del carico e l'ortogonale al bordo

$f_{\beta} =$	62,53	1,71	
---------------	-------	------	--

Influenza dello spessore del materiale di base

$f_h =$	$(h/(1,5 \cdot c))^{1/2} \leq 1$	1	
---------	----------------------------------	---	--

Influenza dell'interasse e della distanza dal bordo per la rottura del bordo di cls

$s =$	150
$c =$	150
$h =$	250
$h_{ef} =$	120
$d =$	12

$f_4 =$	$(c/hef)^{1,5} \cdot (1+s/(3 \cdot c))^0,5$	0,932	
---------	---	-------	--

Influenza della profondità di ancoraggio

$f_{hef} =$	$0,05 \cdot (h_{ef}/d)^{1,68}$	2,393	
-------------	--------------------------------	-------	--

Influenza della distanza dal bordo

$f_c =$	$(d/c)^{0,19}$	0,619	
---------	----------------	-------	--

$$V_{rd,cp} = 27.370,64 \text{ N}$$

Calcolo resistenze

Resistenza dell'acciaio	$V_{rd,s} =$	26.976,00	N
Resistenza a pryout del cls	$V_{rd,cp} =$	32.046,67	N
Resistenza rottura bordo cls	$V_{rd,c} =$	27.370,64	N

Resistenza	$F_{v,Rd} \text{ min}$	26.976,00	N
------------	------------------------	-----------	---

Azione	$F_{v,ed}$	3.992,66	N
--------	------------	----------	---

Se $F_{v,ed} < F_{v,Rd} \text{ min}$	La verifica è soddisfatta
--------------------------------------	---------------------------

Verifica combinazione trazione/taglio

$(F_{t,Ed} / F_{t,Rd})^\alpha + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^\alpha =$	0,76	Se < 1	La verifica è soddisfatta
---	------	----------	---------------------------

Verifica a flessione della sezione di cls

Titolo : Verifica a flessione della trave in cemento armato

N* figure elementari 1 **Zoom** **N* strati barre** 2 **Zoom**

N*	b [cm]	h [cm]
1	40	25

N*	As [cm ²]	d [cm]
1	2,26	2
2	2,26	23

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 2,27 0 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N* rett. 100

Calcola MRd **Dominio M-N**

L₀ 0 cm **Col. modello**

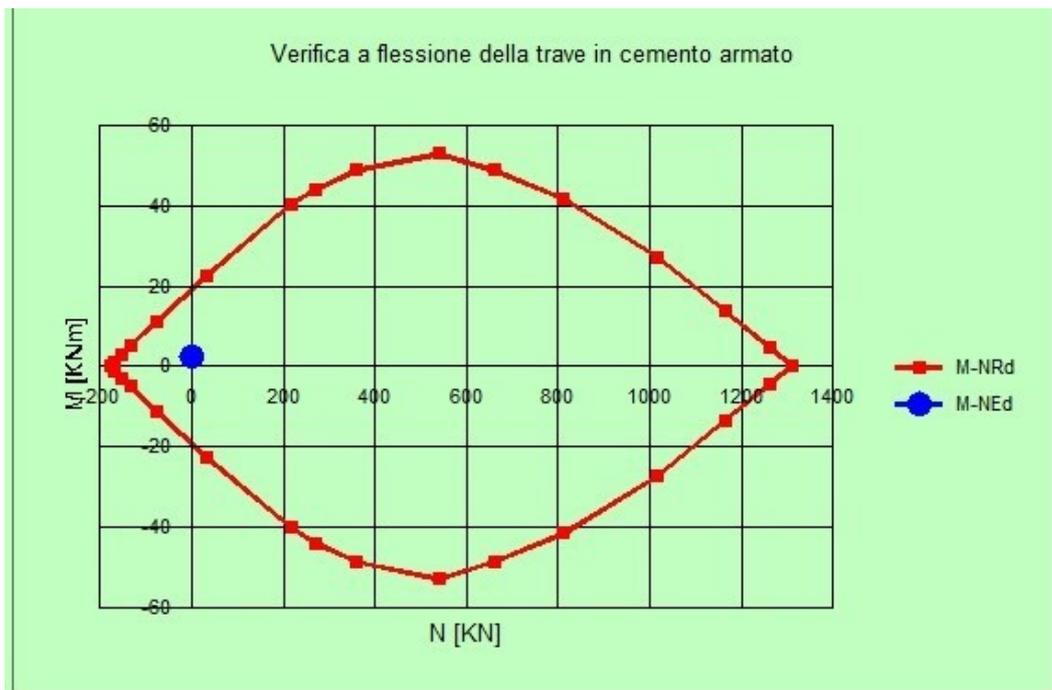
Precompresso

Materiali

B450C		C20/25	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm ²	f_{cd}	11,33
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	8,5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0,5333
		τ_{c1}	1,686

M_{xRd} 19,44 kN m

σ_c -11,33 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 34,22 ‰
 d 23 cm
 x 2,134 x/d 0,0928
 δ 0,7



DISPOSITIVI DI CLASSE "A1":

Per i dispositivi di classe A1, ancoraggi puntuali, si effettuano le verifiche per un carico applicato all'ancoraggio di 10 kN nella direzione di probabile caduta dell'operatore.

I suddetti sono punti di ancoraggio in acciaio inox dotati di anello e base di appoggio che verrà fissata al cordolo presente nelle pareti del vano scala di sezione 25x30 tramite l'inserimento nello stesso di una barra filettata M12 di classe 8.8 e resina bi-componente, la profondità di posa della barra dovrà essere di 120 mm.

Verranno indagati i meccanismi di rottura a trazione:

- Rottura lato acciaio;
- Rottura conica del cls
- Rottura per estrazione
- Rottura per splitting

Ed i meccanismi di rottura a taglio:

- Rottura lato acciaio;
- Rottura del bordo
- Rottura per pry-out

Non essendo presenti momenti flettenti sulla trave, in questo caso non verrà eseguita la verifica a flessione della sezione di cls.

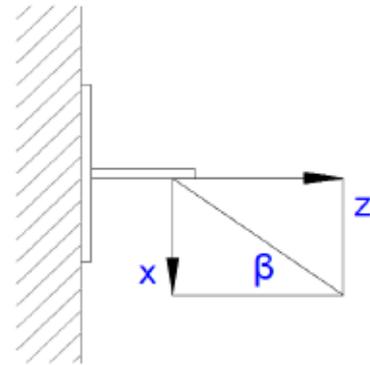
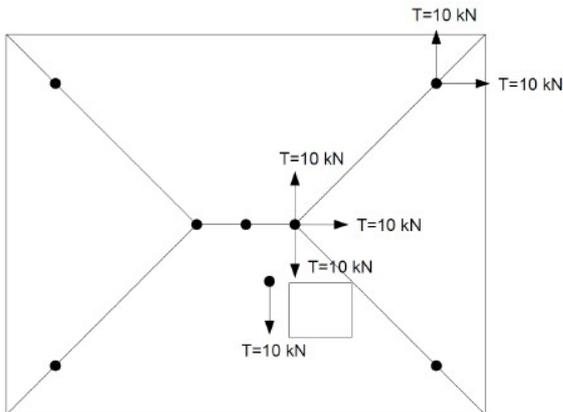
Le verifiche sono effettuate nella condizione allo stato di limite ultimo, in base ai coefficienti indicati dalla UNI EN 795/02.

Di seguito si riportano le verifiche eseguite ed i fogli di calcolo relativi.

Dispositivo Classe A1

Azioni agenti

Altezza palo	hp	0,00	m	
Altezza paletto di estremità	hpe	0,00	m	rispetto al piano di fissaggio
spessore piastra	s	10,00	mm	
interasse fissaggi (y)	iy1	0,00	m	ny1
	iy2	0,00	m	ny2
	iy3	0,00	m	ny3
	iy4	0,00	m	ny4
interasse fissaggi (x)	ix	0,00	m	nx
lunghezza linea	Ltot	0,00	m	
numero campate	nr	0,00		
lunghezza campata	Lcam	0,00	m	
massimo sforzo sulla linea	F	10,00	kN	
freccia della linea in mezzeria	fm	0	m	
angolo di inclinazione orizzontale a	α	0°		0 radianti
angolo di inclinazione verticale b	β	33,00°		0,58 radianti
coefficiente di sicurezza	k	1,00		
numero fissaggi	n	1		M 12 Φ 12,00 mm
Trazione	Nz	8,39	kN	$F \cdot k \cdot \cos \beta$
	Vy	0	kN	$F \cdot k \cdot \cos \alpha$
Taglio	Vx	5,45	kN	$F \cdot k \cdot \sin \beta$
	Vxy	5,45	kN	$\text{rad}q (Vx^2 + Vy^2)$
momento flettente	Mx	0	kNm	$Vy \cdot hpe$
	My	0	kNm	$Vx \cdot hpe$



Reazioni

Ft,Ed =	kN	8,39	Trazione
Fv,Ed = Vxy/n	kN	5,45	Taglio

Verifica dell'ancoraggio:

CEDIMENTO LATO ACCIAIO

Verifica a trazione

Materiali, proprietà meccaniche

fuk=	800	N/mm ²	resistenza ultima caratteristica
fyk=	640	N/mm ²	resistenza caratt allo snervamento
Ares=	84,3	mm ²	sezione resistente
Ym2 DM2008=	1,25		
Yms ETAG=1,2/(fyk/fuk)	1,5	> 1,4	

Resistenza	Ft,Rd (DM 2008)	48.556,80 N
Resistenza	Ft,Rd (ETAG)	44.960,00 N

Massima trazione sollecitante	Ft,Ed	8.386,71 N
-------------------------------	-------	------------

Se Ft,ed < Ft,rd	La verifica è soddisfatta
------------------	---------------------------

Verifica a taglio

Ym2 DM2008=	1,25
Yms ETAG=1,2/(fyk/fuk)	1,25 > 1,25

Resistenza	Fv,Rd (DM 2008)	26.976,00 N
Resistenza	Fv,Rd (ETAG)	26.976,00 N

Massimo Taglio sollecitante	Fv,Ed	5.446,39 N
-----------------------------	-------	------------

Se Fv.ed < Fv,Rd	La verifica è soddisfatta
------------------	---------------------------

Verifica combinazione trazione/taglio

$(Ft,Ed / Ft,Rd)^2 + (Fv,Ed / Fv,Rd)^2 =$	0,08	Se <1	La verifica è soddisfatta
---	------	-------	---------------------------

Verifica dell'ancoraggio:

CEDIMENTO LATO CLS

Verifica a trazione

La resistenza di progetto a trazione è da assumersi come il più piccolo dei seguenti valori:

A) Resistenza dell'acciaio: $N_{Rd,s}$

B) Resistenza di progetto combinata a sfilamento ed a rottura conica del cls:

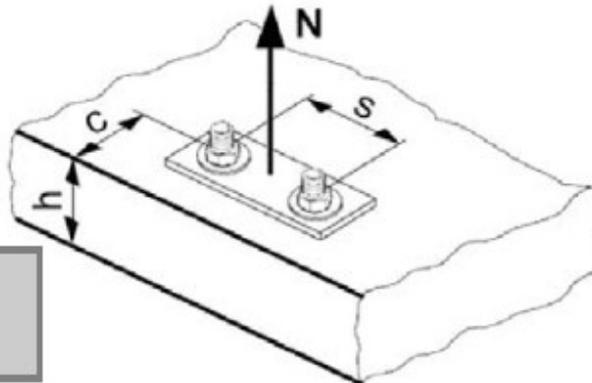
$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 \cdot f_{b,p} \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,p} \cdot f_{re,N}$$

C) Resistenza alla rottura conica del calcestruzzo:

$$N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$$

D) Resistenza a splitting (solo per cls non fessurato):

$$N_{Rd,sp} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,sp} \cdot f_{2,sp} \cdot f_{3,sp} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$$



Resistenza di progetto combinata a sfilamento ed a rottura conica del calcestruzzo

$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 \cdot f_{B,p} \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,p} \cdot f_{re,N}$$

Dimensione ancorante	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30
Profondità nominale di ancoraggio $h_{ef} = h_{ef,typ}$ [mm]	80	90	110	125	170	210	240	270
$N_{Rd,p}^0$ Range delle temp. I [kN]	15,6	22,0	32,3	54,5	85,5	116,1	135,7	120,2
$N_{Rd,p}^0$ Range delle temp. II [kN]	13,4	18,8	27,6	50,3	78,3	105,6	122,1	99,0
$N_{Rd,p}^0$ Range delle temp. III [kN]	8,9	12,6	18,4	29,3	46,3	63,3	74,6	63,6

Resistenza di progetto rottura conica cls $N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$

Resistenza di progetto a splitting ^{a)} $N_{Rd,sp} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,sp} \cdot f_{2,sp} \cdot f_{3,sp} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$

Dimensione ancorante	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30
$N_{Rd,c}^0$ [kN]	20,1	24,0	32,4	47,1	74,6	102,5	125,2	124,5

$N_{Rd,p}^0$	27,6	kN
$N_{Rd,c}^0$	32,4	kN

Fattori correttivi:

Influenza della resistenza del cls sulla resistenza combinata a sfilamento ed a rottura conica del cls

Per Classe calcestruzzo (ENV 206)

C

20/ 25

$f_{b,p}$	$f_{b,p} = (F_{ck,cube} / 25N/mm^2)^{0,10}$	1
-----------	---	---

Influenza della resistenza del cls sulla resistenza a rottura conica del cls

f_b	$f_b = (F_{ck,cube} / 25N/mm^2)^{0,5}$	1
-------	--	---

Interasse critico per collasso dovuto a splitting	$s_{cr,sp}$ [mm]	$2 C_{cr,sp}$	
Distanza dal bordo critica per collasso dovuto a splitting ^{c)}	$C_{cr,sp}$ [mm]	$1,0 \cdot h_{ef}$ per $h / h_{ef} \geq 2,0$	
		$4,6 h_{ef} - 1,8 h$ per $2,0 > h / h_{ef} > 1,3$:	
		$2,26 h_{ef}$ per $h / h_{ef} \leq 1,3$:	
Interasse critico per collasso dovuto ad estrazione cono cls	$s_{cr,N}$ [mm]	$2 C_{cr,N}$	
Distanza dal bordo critica per collasso dovuto ad estrazione cono cls ^{d)}	$C_{cr,N}$ [mm]	$1,5 h_{ef}$	

$s =$		0	mm
$c =$		120	mm
$h =$		250	mm
$h_{ef} =$		120	mm
$h/h_{ef} =$		2,08	
$C_{cr,N} =$	$1,5 \cdot h_{ef} =$	180	mm
$C_{cr,sp} =$		120	mm
$s_{cr,sp} =$	$2 \cdot C_{cr,sp}$	240,0	mm
$s_{cr,N} =$	$2 \cdot C_{cr,N}$	360,0	mm
$C/C_{cr,N} =$		0,667	
$C/C_{cr,sp} =$		1,000	
$S/s_{cr,sp} =$		0,000	
$S/s_{cr,N} =$		0,000	
$h_{ef,TYP} =$	da foglio "particolari di posa"	110	mm

Influenza della distanza dal bordo

$f_{1,N} =$	$0,7+0,3*C/C_{cr,N} =$	0,900	
$f_{1,sp} =$	$0,7+0,3*C/C_{cr,sp} =$	1,00000	
$f_{2,N} =$	$0,5*(1+C/C_{cr,N}) =$	0,833	
$f_{2,sp} =$	$0,5*(1+C/C_{cr,sp}) =$	1,000	

Influenza dell'interasse

$f_{3,N} =$	$0,5*(1+s/s_{cr,N}) =$	0,500	
$f_{3,sp} =$	$0,5*(1+s/s_{cr,sp}) =$	0,500	

Influenza della profondità di ancoraggio sulla resistenza combinata a sfilamento ed a rottura conica del cls

$f_{h,P} =$	$h_{ef}/h_{ef,typ}$	1,091	
-------------	---------------------	-------	--

Resistenza alla rottura conica del calcestruzzo:

$f_{h,N} =$	$(h_{ef}/h_{ef,typ})^{1,5}$	1,139	
-------------	-----------------------------	-------	--

Influenza dell'armatura

$f_{re,N} =$	$0,5+hef/200mm$	1	
--------------	-----------------	---	--

Calcolo resistenze

$N_{Rd,s}$	44.960,00 N
$N_{rd,p}$	11.290,91 N
$N_{rd,c}$	13.843,92 N
$N_{rd,sp}$	18.458,56 N

Resistenza $N_{Rd, min}$ 11.290,91 N

Azione $F_{t,ed}$ 8.386,71 N

Se $F_{t,ed} < N_{Rd, min}$ La verifica è soddisfatta

Verifica a taglio

Resistenza dell'acciaio

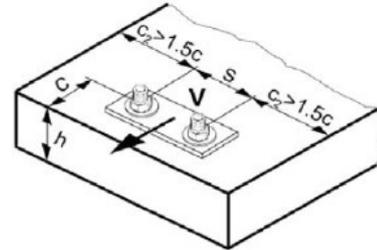
Resistenza a pryout del cls

Resistenza rottura bordo cls

$$V_{rd,s}$$

$$V_{rd,cp} = k \cdot \min(N_{rd,p}; N_{rd,c})$$

$$V_{rd,c} = V_{Rd,c}^0 \cdot f_b \cdot f_{\beta} \cdot f_h \cdot f_4$$



Resistenza a pryout del cls

$N_{rd,p} =$	11.290,91 N
$N_{rd,c} =$	13.843,92 N

$k =$	2	Per $h_{ef} > 60\text{mm}$
-------	---	----------------------------

$$V_{rd,cp} = 22.581,82 \text{ N}$$

Resistenza rottura bordo cls

Resistenza di progetto rottura bordo cls

$V_{rd,C}^0 =$	11,60	kN
----------------	-------	----

Influenza della resistenza del cls

$f_B =$	C 20/25	1,00	
---------	---------	------	--

Influenza dell'angolo formato tra la direzione del carico e l'ortogonale al bordo

$f_{\beta} =$	0	1,00	
---------------	---	------	--

Influenza dello spessore del materiale di base

$f_h =$	$(h/(1,5 \cdot c))^{1/2} \leq 1$	1	
---------	----------------------------------	---	--

Influenza dell'interasse e della distanza dal bordo per la rottura del bordo di cls

$s =$	0
$c =$	120
$h =$	250
$h_{ef} =$	120
$d =$	12

$f_4 =$	$(c/h_{ef})^{1,5} * (1+s/(3*c))^*0,5$	0,500	
---------	---------------------------------------	-------	--

Influenza della profondità di ancoraggio

$f_{hef} =$	$0,05 * (h_{ef}/d)^{1,68}$	2,393	
-------------	----------------------------	-------	--

Influenza della distanza dal bordo

$f_c =$	$(d/c)^{0,19}$	0,646	
---------	----------------	-------	--

$V_{rd,cp} =$	8.961,86 N
---------------	------------

Calcolo resistenze

Resistenza dell'acciaio	$V_{rd,s} =$	26.976,00	N
Resistenza a pryout del cls	$V_{rd,cp} =$	22.581,82	N
Resistenza rottura bordo cls	$V_{rd,c} =$	8.961,86	N

Resistenza	$F_{v,Rd} \text{ min}$	8.961,86	N
------------	------------------------	----------	---

Azione	$F_{v,ed}$	5.446,39	N
--------	------------	----------	---

Se $F_{v,ed} < F_{v,Rd} \text{ min}$	La verifica è soddisfatta
--------------------------------------	---------------------------

Verifica combinazione trazione/taglio

$(F_{t,Ed} / F_{t,Rd})^\alpha + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^\alpha =$	0,92	Se <1	La verifica è soddisfatta
---	------	-------	---------------------------

DISPOSITIVI DI CLASSE "A2":

Per i dispositivi di classe A2, ancoraggi puntuali, si effettuano le verifiche per un carico applicato all'ancoraggio di 10 kN nella direzione di probabile caduta dell'operatore.

I suddetti sono aste longitudinali in acciaio zincato fissate al travetto in cemento armato del tetto di sezione 15x25 tramite l'inserimento nello stesso di una barra filettata M12 di classe 8.8 e resina bi-componente, la profondità di posa della barra dovrà essere di 120 mm.

Dalla particola geometria si evince che la forza applicata è lungo la direzione longitudinale del travetto, pertanto si è ritenuto di non dover indagare il meccanismo di rottura del bordo a taglio.

Verranno indagati i meccanismi di rottura a trazione:

- Rottura lato acciaio;
- Rottura conica del cls
- Rottura per estrazione
- Rottura per splitting

Ed i meccanismi di rottura a taglio:

- Rottura lato acciaio;
- Rottura per pry-out

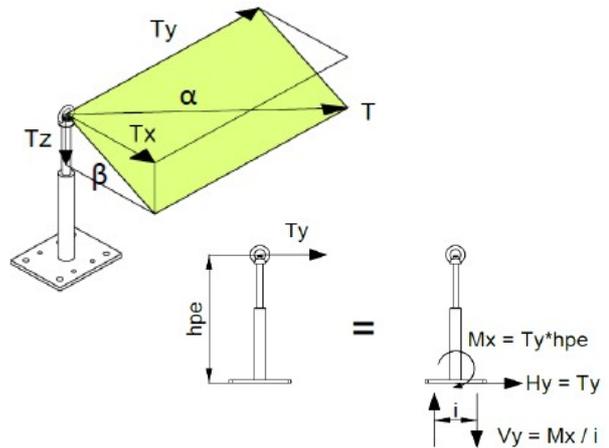
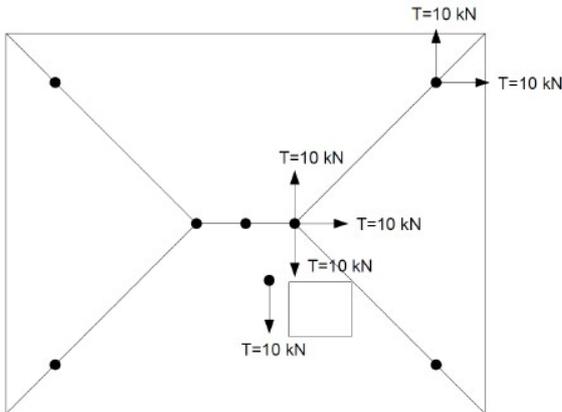
Inoltre verrà eseguita la verifica a flessione della sezione di cls.

Le verifiche sono effettuate nella condizione allo stato di limite ultimo, in base ai coefficienti indicati dalla UNI EN 795/02.

Di seguito si riportano le verifiche eseguite ed i fogli di calcolo relativi. Si precisa che la verifica a flessione della sezione di cls è stata eseguita mediante l'ausilio del programma di calcolo "VcaSlu" versione 7.7 del Professor Piero Gelfi.

Dispositivo Classe A2

Altezza palo	hp	0,000	m	
Altezzarispetto al piano di fissaggio	hpe	0,103	m	rispetto al piano di fissaggio
spessore piastra	s	4,00	mm	
interasse fissaggi (y)	iy1	0,000	m	ny1
	iy2	0,000	m	ny2
	iy3	0,000	m	ny3
	iy4	0,480	m	ny4
interasse fissaggi (x)	ix	0,000	m	nx
lunghezza linea	Ltot	0,00	m	
numero campate	nr	0,00		
lunghezza campata	Lcam	0,00	m	
massimo sforzo sulla linea	F	10,00	kN	
freccia della linea in mezzeria	fm	0	m	
angolo di inclinazione orizzontale a	α	0°		0 radianti
angolo di inclinazione verticale b	β	0,00°		0 radianti
coefficiente di sicurezza	k	1,00		
numero fissaggi	n	1	M 12	Φ 12,00 mm
	Nz	0	kN	$F \cdot k \cdot \cos\beta$
	Vy	10,00	kN	$F \cdot k \cdot \cos\alpha$
	Vx	0	kN	$F \cdot k \cdot \sin\beta$
	Vxy	10	kN	radq ($Vx^2 + Vy^2$)
momento flettente	Mx	1,03	kNm	$Vy \cdot hpe$
	My	0	kNm	$Vx \cdot hpe$



Ft,Ed (Mx)=Mx/n*iy4	kN	1,07	
Ft,Ed (My)=My/nx*ix	kN		
Ft,Ed max = Ft,Ed(Y) + Ft,Ed (X)	kN	1,07	Trazione
Fv,Ed = Vxy/n	kN	10	Taglio

Verifica dell'ancoraggio:

CEDIMENTO LATO ACCIAIO

Verifica a trazione

Materiali, proprietà meccaniche

fuk=	800	N/mm ²	resistenza ultima caratteristica
fyk=	640	N/mm ²	resistenza caratt allo snervamento
Ares=	84,3	mm ²	sezione resistente
Ym2 DM2008=	1,25		
Yms ETAG=1,2/(fyk/fuk)	1,5	> 1,4	

Resistenza	Ft,Rd (DM 2008)	48.556,80 N
Resistenza	Ft,Rd (ETAG)	44.960,00 N

Massima trazione sollecitante	Ft,Ed	1.072,92 N
-------------------------------	-------	------------

Se Ft,ed < Ft,rd	La verifica è soddisfatta
------------------	---------------------------

Verifica a taglio

Ym2 DM2008=	1,25
Yms ETAG=1,2/(fyk/fuk)	1,25 > 1,25

Resistenza	Fv,Rd (DM 2008)	26.976,00 N
Resistenza	Fv,Rd (ETAG)	26.976,00 N

Massimo Taglio sollecitante	Fv,Ed	10.000,00 N
-----------------------------	-------	-------------

Se Fv.ed < Fv,Rd	La verifica è soddisfatta
------------------	---------------------------

Verifica combinazione trazione/taglio

$(Ft,Ed / Ft,Rd)^2 + (Fv,Ed / Fv,Rd)^2 =$	0,14	Se <1	La verifica è soddisfatta
---	------	-------	---------------------------

Verifica dell'ancoraggio: CEDIMENTO LATO CLS

Verifica a trazione

La resistenza di progetto a trazione è da assumersi come il più piccolo dei seguenti valori:

A) Resistenza dell'acciaio: $N_{Rd,s}$

B) Resistenza di progetto combinata a sfilamento ed a rottura conica del cls:

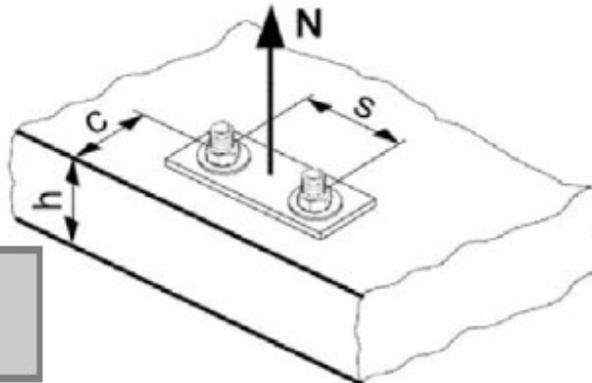
$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 \cdot f_{b,p} \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,p} \cdot f_{re,N}$$

C) Resistenza alla rottura conica del calcestruzzo:

$$N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$$

D) Resistenza a splitting (solo per cls non fessurato):

$$N_{Rd,sp} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,sp} \cdot f_{2,sp} \cdot f_{3,sp} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$$



Resistenza di progetto combinata a sfilamento ed a rottura conica del calcestruzzo

$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 \cdot f_{B,p} \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,p} \cdot f_{re,N}$$

Dimensione ancorante	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30
Profondità nominale di ancoraggio $h_{ef} = h_{ef,typ}$ [mm]	80	90	110	125	170	210	240	270
$N_{Rd,p}^0$ Range delle temp. I [kN]	15,6	22,0	32,3	54,5	85,5	116,1	135,7	120,2
$N_{Rd,p}^0$ Range delle temp. II [kN]	13,4	18,8	27,6	50,3	78,3	105,6	122,1	99,0
$N_{Rd,p}^0$ Range delle temp. III [kN]	8,9	12,6	18,4	29,3	46,3	63,3	74,6	63,6

Resistenza di progetto rottura conica cls $N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,N} \cdot f_{2,N} \cdot f_{3,N} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$

Resistenza di progetto a splitting $N_{Rd,sp} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{1,sp} \cdot f_{2,sp} \cdot f_{3,sp} \cdot f_{h,N} \cdot f_{re,N}$

Dimensione ancorante	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30
$N_{Rd,c}^0$ [kN]	20,1	24,0	32,4	47,1	74,6	102,5	125,2	124,5

$N_{Rd,p}^0$	27,6	kN
$N_{Rd,c}^0$	32,4	kN

Fattori correttivi:

Influenza della resistenza del cls sulla resistenza combinata a sfilamento ed a rottura conica del cls

Per Classe calcestruzzo (ENV 206)

C

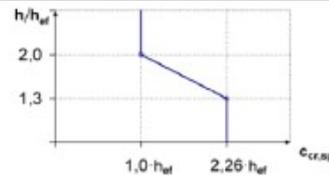
20/ 25

$f_{b,p}$	$f_{b,p} = (F_{ck,cube} / 25N/mm^2)^{0,10}$	1
-----------	---	---

Influenza della resistenza del cls sulla resistenza a rottura conica del cls

f_b	$f_b = (F_{ck,cube} / 25N/mm^2)^{0,5}$	1
-------	--	---

Interasse critico per collasso dovuto a splitting	$s_{cr,sp}$ [mm]	$2 C_{cr,sp}$
Distanza dal bordo critica per collasso dovuto a splitting ^{c)}	$C_{cr,sp}$ [mm]	$1,0 \cdot h_{ef}$ per $h / h_{ef} \geq 2,0$
		$4,6 h_{ef} - 1,8 h$ per $2,0 > h / h_{ef} > 1,3$:
		$2,26 h_{ef}$ per $h / h_{ef} \leq 1,3$:
Interasse critico per collasso dovuto ad estrazione cono cls	$s_{cr,N}$ [mm]	$2 C_{cr,N}$
Distanza dal bordo critica per collasso dovuto ad estrazione cono cls ^{d)}	$C_{cr,N}$ [mm]	$1,5 h_{ef}$



s=		0	mm
c=		60	mm
h=		250	mm
h_{ef} =		120	mm
h/h_{ef} =		2,08	
$C_{cr,N}$ =	$1,5 \cdot h_{ef} =$	180	mm
$C_{cr,sp}$ =		120	mm
$s_{cr,sp}$ =	$2 \cdot C_{cr,sp}$	240,0	mm
$s_{cr,N}$ =	$2 \cdot C_{cr,N}$	360,0	mm
$C/C_{cr,N}$ =		0,333	
$C/C_{cr,sp}$ =		0,500	
$S/s_{cr,sp}$ =		0,000	
$S/s_{cr,N}$ =		0,000	
$h_{ef,TYP}$ =	da foglio "particolari di posa"	110	mm

Influenza della distanza dal bordo

$f_{1,N} =$	$0,7+0,3*C/C_{cr,N} =$	0,800	
$f_{1,sp} =$	$0,7+0,3*C/C_{cr,sp} =$	0,85000	
$f_{2,N} =$	$0,5*(1+C/C_{cr,N}) =$	0,667	
$f_{2,sp} =$	$0,5*(1+C/C_{cr,sp}) =$	0,750	

Influenza dell'interasse

$f_{3,N} =$	$0,5*(1+s/s_{cr,N}) =$	0,500	
$f_{3,sp} =$	$0,5*(1+s/s_{cr,sp}) =$	0,500	

Influenza della profondità di ancoraggio sulla resistenza combinata a sfilamento ed a rottura conica del cls

$f_{h,P} =$	$h_{ef}/h_{ef,typ}$	1,091	
-------------	---------------------	-------	--

Resistenza alla rottura conica del calcestruzzo:

$f_{h,N} =$	$(h_{ef}/h_{ef,typ})^{1,5}$	1,139	
-------------	-----------------------------	-------	--

Influenza dell'armatura

$f_{re,N} =$	$0,5+hef/200mm$	1	
--------------	-----------------	---	--

Calcolo resistenze

$N_{Rd,s}$	44.960,00 N
$N_{rd,p}$	8.029,09 N
$N_{rd,c}$	9.844,57 N
$N_{rd,sp}$	11.767,33 N

Resistenza $N_{Rd} \text{ min}$ 8.029,09 N

Azione $F_{t,ed}$ 1.072,92 N

Se $F_{t,ed} < N_{Rd} \text{ min}$ La verifica è soddisfatta

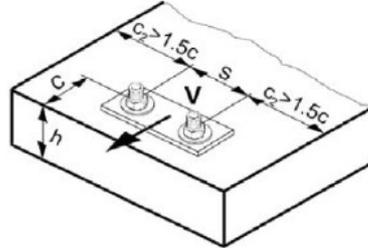
Verifica a taglio

Resistenza dell'acciaio

$$V_{rd,s}$$

Resistenza a pryout del cls

$$V_{rd,cp} = k \cdot \min(N_{Rd,p}; N_{Rd,c})$$



Resistenza a pryout del cls

$N_{rd,p} =$	8.029,09 N
$N_{rd,c} =$	9.844,57 N

$k =$	2	Per $h_{ef} > 60\text{mm}$
-------	---	----------------------------

$$V_{rd,cp} = 16.058,18 \text{ N}$$

Calcolo resistenze

Resistenza dell'acciaio	$V_{rd,s} =$	26.976,00	N
Resistenza a pryout del cls	$V_{rd,cp} =$	16.058,18	N

Resistenza	$F_{v,Rd} \text{ min}$	16.058,18	N
------------	------------------------	-----------	---

Azione	$F_{v,ed}$	10.000,00	N
--------	------------	-----------	---

Se $F_{v,ed} < F_{v,Rd} \text{ min}$	La verifica è soddisfatta
--------------------------------------	---------------------------

Verifica combinazione trazione/taglio

$(F_{t,Ed} / F_{t,Rd})^\alpha + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^\alpha =$	0,41	Se < 1	La verifica è soddisfatta
---	------	----------	---------------------------

Par. 03 – CONCLUSIONI:

A seguito della presente relazione di calcolo strutturale, si può concludere che tutte le verifiche locali degli elementi di ancoraggio, sollecitati con le azioni di progetto, hanno dato esito positivo, pertanto i supporti strutturali esistenti sono idonei all'ancoraggio dei dispositivi anticaduta nel rispetto delle ipotesi di calcolo.

Il tecnico incaricato

Dott. Ing. Riccardo Trevisan