

COMMITTENTE



COMUNE DI NAPOLI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
arch. Francesca Spera

CITTÀ VERTICALE: RIQUALIFICAZIONE DEI PERCORSI PEDONALI TRA LA COLLINA E IL MARE

PROGETTO ESECUTIVO / MONTESANTO



MANDATARIA



Via Pieveaiola, 15
06128 Perugia
info@sabeng.it www.sabsrl.eu

Arch. Pierpaolo Papi	Ing. Marco Adriani
Arch. Francesco Pecorari	Ing. Vincenzo Pujia
Arch. Sergio Tucci	Ing. Catuscia Maiggi
Arch. Francesco Fucelli	Ing. Barbara Bottausci
Arch. Luca Persichini	Dott.Agr. Maura Proietti

MANDANTI:



B5 S.r.l.
Via San'Anna dei Lombardi, 15
80134 - Napoli - info@b5srl.it
Società di Ingegneria
via San'Anna dei Lombardi 15
80134 Napoli
Tel. +39 081 551 92 45
Fax +39 081 551 83 88
E-mail: info@b5srl.it

Arch. Francesca Brancaccio Ph.D
(Amministratore Unico e Direttore Tecnico)
Ing. Ugo Brancaccio
(Direttore tecnico)

Studio Ing. Alberto Capitanucci



ELABORATO
Strutture/Progetto
01.Montesanto

Relazione di calcolo strutture secondarie

N° ELAB.	NO. DOC.	COD. COMM.	CODE ORDER
RSE002/00		CNAP.001-01-02.20.ESE	
		SCALA	SCALE
		-	

03				
02				
01				
00	ESECUTIVO	PUJIA	PAPI	ADRIANI
REV.	EMISSO PER	REDA	COMP.	CONTR.
				DATA
				giugno 2021

O. 1 Finalità del documento

Il presente documento contiene i calcoli strutturali relativi al dimensionamento e verifica del parapetto da realizzarsi nel Comune di Napoli provincia di Napoli Scala Monumentale Montesanto di proprietà del Comune di Napoli, nell'ambito dell'intervento di "Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare"

Figura 1: Localizzazione dell'opera in oggetto

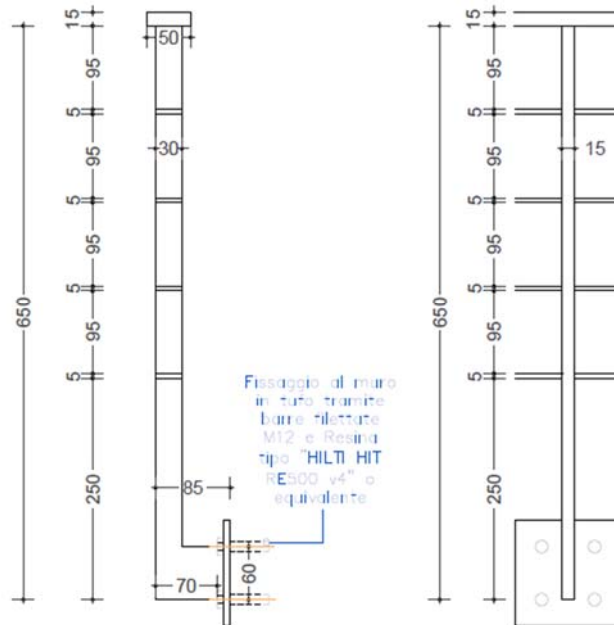


Regione:	Campania		
Provincia:	Napoli		
Comune:	Napoli		
Indirizzo:	Scala Monumentale Montesanto		
Committente:	Comune di Napoli		
Lavoro:	Relazione sulle strutture secondarie		
Foglio:	-	Particella:	-
Latitudine (WGS84)	40.84679	Latitudine (ED50)	40.84779
Longitudine (WGS84)	14.24350	Longitudine (ED50)	14.24437
Zona sismica	2		
Vita nominale dell'opera:	$V_N \geq 50$ anni		
Tipo di costruzione	2		
Classe d'uso	II		
Data di prima stesura:	16/06/2021		
Aggiornamento n° 1			

INDICE

0. 1	Finalità del documento	1
C 1.	VERIFICA PARAPETTO tipo 1 - h= 65 cm	1
c 1.1	Calcolo sollecitazioni corrimano - Allegato AT1	3
c 1.2	Verifica sezione di base montante - Allegato AT2	4
c 1.3	Verifica piastra di base - Allegato AT3	5
C 2.	VERIFICA PARAPETTO tipo 2 h = 110 cm	15
c 2.1	Calcolo sollecitazioni corrimano - Allegato AT4	17
c 2.2	Verifica sezione di base montante - Allegato AT5	18
c 2.3	Verifica piastra di base - Allegato AT6	19

C 1. VERIFICA PARAPETTO tipo 1 - h= 65 cm



PROFILI E MATERIALI ADOTTATI

- Montanti n°1 PIATTO 30x15 mm in acciaio S275 (EN 10025) – sezione di base n°1 PIATTO 60x15 mm mm – interasse massimo montanti 100 cm
- Corrimano n°1 PIATTO 30x15 mm in acciaio S275 (EN 10025)

RESISTENZE DI CALCOLO ADOTTATE

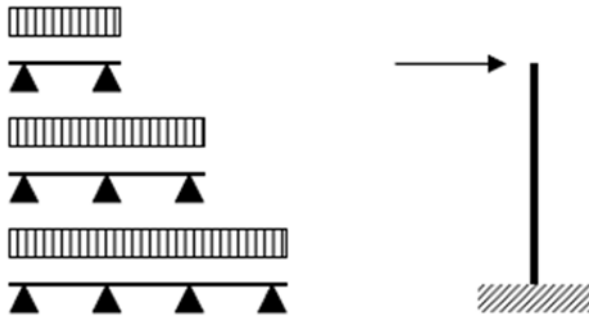
- Acciaio S 275 (UNI EN 10025)
 - Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk}=275 \text{ N/mm}^2$
 - Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk}=430 \text{ N/mm}^2$

CARICHI AGENTI				
Categoria carico variabile	<input type="text" value="Amb. suscettibili di affollamento"/>	→	Amb. suscettibili di affollamento - Cat. C - Scale comuni, balconi e ballatoi	
Carico orizzontale lineare	H_k	=	2,00	[kN/m]
Coefficiente parziale per le azioni SLU		γ_Q	=	1,50 [-]
Carico variabile di progetto		$q_d = \gamma_Q \times H_k$	=	3,00 [kN/m]
DATI GEOMETRICI PARAPETTO				
Altezza dei montanti		h	=	0,65 [m]
Interasse longitudinale montanti		L	=	1,00 [m]

ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE

Potendosi nella realtà costruttiva verificarsi varie situazioni particolari di montaggio, il corrimano viene schematizzato come trave a varie campate di luci uguali, in semplice appoggio sui montanti, assumendo nel dimensionamento di entrambi gli elementi strutturali (corrimano e montante) le caratteristiche di sollecitazione flessione-taglianti più gravose di ogni schema di carico.

Il montante viene schematizzato come mensola incastrata alla base



TIPO DI ANALISI STRUTTURALE EFFETTUATA

Si effettua una analisi di tipo statico/lineare. La tipologia dell'opera ed i materiali di cui essa è costituita consentono tale tipo di analisi. L'importanza dell'opera non è tale da richiedere modelli di calcolo maggiormente approfonditi.

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE E DEFORMAZIONE DEL PARAPETTO

La determinazione delle caratteristiche di sollecitazione agenti sul corrimano è riportata nell'allegato AT1.

La determinazione delle caratteristiche di sollecitazione agenti sul montante è riportata nell'allegato AT2.

VERIFICHE STRUTTURALI

a) Corrimano

La verifica di resistenza SLU (flessione e taglio della sezione) è condotta nell'allegato AT1.

- verifica SLU della sezione costituita da n°1 piatto 15x30 (all. AT1).

b) Montante

La verifica di resistenza SLU (flessione e taglio della sezione) è condotta negli allegati AT2 e AT3.

In tali allegati sono anche riportate:

- verifica SLU della sezione di base costituita da n°1 piatto 60x15 (all. AT2).
- verifica SLU della piastra di base (all. AT3)

c 1.1 Calcolo sollecitazioni corrimano - Allegato AT1

Lavoro:	Oggetto:	Allegato:
"Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare"	Parapetto tipo 1 Verifica strutturale corrimano	AT1
file: VERIFICA PARAPETTI vers. 1.30.00		Ing. Vincenzo Pujia

normativa

descrizione

Caratteristiche geometriche e meccaniche corrente						
	tipo di profilato	30x15		piatto		
NTC §11.3.4.1	norma di riferimento	UNI EN 10025-1				
NTC §11.3.4.1	qualità dell'acciaio	S 275				
	altezza	H	30,00	[mm]		
	base	B	15,00	[mm]		
	area	A	4,50	[cm ²]		
	momento d'inerzia	J _{xx}	3,38	[cm ⁴]		
	modulo resistente elastico	W _{xx,el}	2,25	[cm ³]		
	modulo resistente plastico	W _{xx,pl}	3,38	[cm ³]		
	tensione di snervamento	f _{yk}	275	[N/mm ²]		
	modulo elastico	E	210.000	[N/mm ²]		
NTC tab. 4.2.VII	coefficiente parziale di sicurezza	γ _{M0}	1,05	[-]		
NTC tab. 4.2.VII	coefficiente parziale sul materiale	γ _{M2}	1,25	[-]		
Azioni di progetto						
	carico orizzontale lineare	H _k	2,00	[kN/m]		
NTC tab. 2.6.I	coefficiente parziale per le azioni SLU	γ _Q	1,50	[-]		
	carico variabile di progetto	H _d	3,00	[kN/m]		
Caratteristiche di sollecitazione						
	schema statico		1 camp.	2 camp.	3 camp.	
	luce di calcolo	L =	1,00	1,00	1,000	[m]
	momento	M ⁽¹⁾ =0,125·H _d ·L ² =	0,375			[kNm]
	taglio	V ⁽¹⁾ =0,5·H _d ·L =	1,500			[kN]
	momento campata	M ⁽²⁾ ₍₊₎ =0,0957·H _d ·L ² =		0,287		[kNm]
	momento appoggi	M ⁽²⁾ ₍₋₎ =0,125·H _d ·L ² =		0,375		[kNm]
	taglio	V ⁽²⁾ =0,625·H _d ·L =		1,875		[kN]
	reazione <i>progetto</i>	R ⁽²⁾ =1,25·H _d ·L =		3,750		[kN]
	<i>caratteristica</i>	R ⁽²⁾ _k =1,25·H _k ·L =		2,500		[kN]
	momento campata	M ⁽³⁾ ₍₊₎ =0,1013·H _d ·L ² =			0,304	[kNm]
	momento appoggi	M ⁽³⁾ ₍₋₎ =0,1167·H _d ·L ² =			0,350	[kNm]
	taglio	V ⁽³⁾ =0,6·H _d ·L =			1,800	[kN]
	reazione <i>progetto</i>	R ⁽³⁾ =1,20·H _d ·L =			3,600	[kN]
	<i>caratteristica</i>	R ⁽³⁾ _k =1,20·H _k ·L =			2,400	[kN]
	momento massimo in campata	M _{d(+)} =max[M ⁽¹⁾ ;M ² ₍₊₎ ;M ⁽³⁾ ₍₊₎] =	0,375			[kNm]
	momento massimo agli appoggi	M _{d(-)} =max[M ² ₍₋₎ ;M ⁽³⁾ ₍₋₎] =	0,375			[kNm]
	momento di progetto	M _{Ed} =max[M _{d(+)} ;M _{d(-)}] =	0,375			[kNm]
	taglio di progetto	V _{Ed} =max[V ⁽¹⁾ ;V ⁽²⁾ ;V ⁽³⁾] =	1,875			[kN]
	reazione di progetto	Q _d =max[R ⁽²⁾ ;R ⁽³⁾] =	3,750			[kN]
	reazione caratteristica	Q _k =max[R ⁽²⁾ _k ;R ⁽³⁾ _k] =	2,500			[kN]
Verifica di resistenza SLU						
Flessione						
NTC §4.2.4.12.3						
	tensione di calcolo	σ _{Ed} = M _{Ed} /W _{xx} =	166,667	[N/mm ²]		
NTC §4.2.4.12.9	verifica di resistenza	σ _{Ed} / (f _{yk} /γ _{M0}) =	0,64	<1: OK!		

c 1.2 Verifica sezione di base montante - Allegato AT2

Lavoro:	Oggetto:	Allegato:
"Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare"	Parapetto tipo 1 Verifica strutturale montante - SEZIONE DI BASE	AT2
file: VERIFICA PARAPETTI vers. 1.30.00		Ing. Vincenzo Pujia

normativa

descrizione

Caratteristiche geometriche e meccaniche sezione			
	tipo di profilato	15x60	
NTC §113.4.1	norma di riferimento	UNI EN 10025-1	
NTC §113.4.1	qualità dell'acciaio	S 275	
	altezza	H	60,00 [mm]
	base	B	15,00 [mm]
	area	A	9,00 [cm ²]
	momento d'inerzia	J _{xx}	27,00 [cm ⁴]
	modulo resistente elastico	W _{xx,el}	9,00 [cm ³]
	altezza del montante	h	0,62 [m]
	tensione di snervamento	f _{yk}	275 [N/mm ²]
	modulo elastico	E	210.000 [N/mm ²]
NTC tab. 4.2.VII	coefficiente parziale di sicurezza	γ _{M0}	1,05 [-]
Caratteristiche di sollecitazione			
	taglio caratteristico (dal corrimano)	V _k	2,50 [kN]
	taglio di progetto (dal corrimano)	V _{Ed}	3,75 [kN]
	momento flettente di calcolo	M _{Ed} = V _{Ed} ·h =	2,33 [kNm]
Verifica di resistenza SLU			
<i>Flessione e taglio</i>			
NTC §4.2.4.12.3	resistenza di progetto a flessione retta	M _{c,Rd} = W _{el} ·f _{yk} /γ _{M0} =	2,36
	verifica di resistenza	M _{Ed} /M _{c,Rd} =	✔ 0,99 <1: OK!
<i>Taglio</i>			
NTC §4.2.4.12.4	resistenza di progetto a taglio	V _{c,Rd} = A·f _{yk} /(3 ^{0,5} ·γ _{M0}) =	136,09
	verifica di resistenza	V _{Ed} /V _{c,Rd} =	✔ 0,03 <1: OK!

c 1.3 Verifica piastra di base - Allegato AT3



Hilti PROFIS Engineering 3.0.70

www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	1
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono Fax:		E-mail:	
Design:	Parapetto Montesanto tipo 1	Data:	16/06/2021
Contratto N°:	Attacco parapetto tipo 1		

Commenti del progettista:

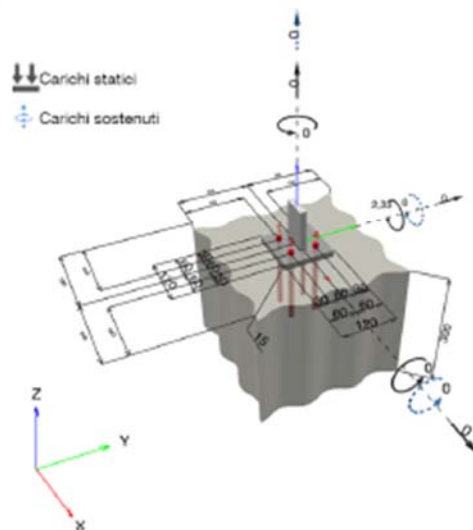
1 Dimensionamento ancorante

1.1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-RE 500 V4 + HAS-U 8.8 M12	
Periodo di ritorno (durata in anni):	50	
Codice articolo:	2223834 HAS-U 8.8 M12x220 (inserie) / 2287552 HIT-RE 500 V4 (composto indurente)	
Profondità di posa effettiva:	$h_{w,eff} = 160,0$ mm ($h_{w,limit} = -$ mm)	
Materiale:	8.8	
Certificazione No.:	ETA 20/0541	
Emesso Valido:	21/11/2020 -	
Prova:	metodo di calcolo EN 1992-4, chimica	
Fissaggio distanziato:	$e_s = 0,0$ mm (Senza distanziamento); $t = 15,0$ mm	
Piastra d'ancoraggio ^{CBFEM} :	$l_x \times l_y \times t = 120,0$ mm x 120,0 mm x 15,0 mm;	
Profilo:	Profilo piatto, ; (L x W x T) = 60,0 mm x 15,0 mm	
Materiale base:	fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{c,eff} = 25,00$ N/mm ² ; $h = 300,0$ mm, Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C, Coefficiente parziale di sicurezza materiale definito dall'utente $\gamma_m = 1,500$	
Installazione:	Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto	
Armatura:	nessuna armatura o interasse tra le armature ≥ 150 mm (qualunque \emptyset) o ≥ 100 mm ($\emptyset \leq 10$ mm) senza armatura di bordo longitudinale	

^{CBFEM} - Il calcolo dell'ancorante è basato su un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



1.1.1 Combinazione carichi

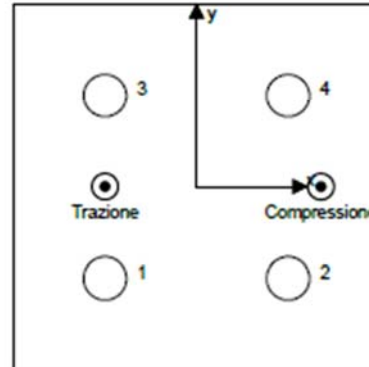
Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Util. max. Tassello [%]
1	Combinazione 1	N = 0,000; V _x = 0,000; V _y = 0,000; M _x = 0,000; M _y = 2,330; M _z = 0,000; N _{max} = 0,000; M _{x,max} = 0,000; M _{y,max} = 0,000;	no	no	61

1.2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	16,649	0,022	-0,016	0,014
2	-0,004	0,019	0,019	-0,001
3	16,646	0,025	-0,019	-0,017
4	-0,004	0,017	0,016	0,003



risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(-30,0/-0,0): 33,287 [kN]

risultante delle forze di compressione (x/y)=(40,8/-0,0): 33,636 [kN]

Le forze di ancoraggio sono calcolate in base ad un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)

1.3 Carico di trazione (EN 1992-4, sezione 7.2.1)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_N [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	16,649	44,933	38	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	33,285	54,974	61	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	33,295	99,645	34	OK
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

1.3.1 Rottura dell'acciaio

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.1}$$

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
67,400	1,500	44,933	16,649

1.3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{M,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.1}$$

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{s,N}}{A_{s,N}^0} \cdot \Psi_{d,Np} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{w,N} \cdot \Psi_{ac1,Np} \cdot \Psi_{ac2,Np} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.13)}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \Psi_{s,Np} \cdot \tau_{Rk,c} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.14)}$$

$$\Psi_{s,Np} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.14a)}$$

$$s_{d,Np} = 7,3 \cdot d \cdot \sqrt{\Psi_{s,Np} \cdot \tau_{Rk,c}} \leq 3 \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.15)}$$

$$\Psi_{d,Np} = \Psi_{d,Np}^0 - \left(\frac{s}{s_{d,Np}}\right)^{0,5} \cdot (\Psi_{d,Np}^0 - 1) \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.17)}$$

$$\Psi_{d,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,c}}{\tau_{Rk,c}^0}\right)^{1,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.18)}$$

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ctk}} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.19)}$$

$$\Psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{d,Np}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.20)}$$

$$\Psi_{ac1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{d,Np}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.21)}$$

$$\Psi_{ac2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{d,Np}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.21)}$$

$A_{s,N}$ [mm ²]	$A_{s,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm ²]	$s_{d,Np}$ [mm]	$c_{d,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]	f_{ctk} [N/mm ²]
160.427	138.128	18,00	371,7	185,8	=	25,00
Ψ_c	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm ²]	k_3	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm ²]	$\Psi_{d,Np}$	$\Psi_{s,Np}$	
1,023	11,25	7,700	12,92	1,078	1,046	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\Psi_{ac1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\Psi_{ac2,Np}$	$\Psi_{s,Np}$	$\Psi_{w,Np}$	
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	
$\Psi_{s,Np}^0$	$\alpha_{s,Np}$	$\Psi_{s,Np}$				
0,880	0,000	1,000				
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rk,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]		
67,848	82,460	1,500	54,974	33,295		

ID gruppo ancoranti
1, 3

1.3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{M,c}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.1}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{s,N}}{A_{s,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{w,N} \cdot \Psi_{ac1,N} \cdot \Psi_{ac2,N} \cdot \Psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ctk}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.2)}$$

$$A_{s,N}^0 = s_{d,N} \cdot s_{d,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.3)}$$

$$\Psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{d,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.4)}$$

$$\Psi_{ac1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{d,N}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\Psi_{ac2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{d,N}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\Psi_{M,N} = 2,0 - \frac{z}{1,5 \cdot h_{ef}} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.7)}$$

$A_{s,N}$ [mm ²]	$A_{s,N}^0$ [mm ²]	$c_{d,N}$ [mm]	$s_{d,N}$ [mm]	f_{ctk} [N/mm ²]		
259.200	230.400	240,0	480,0	25,00		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\Psi_{ac1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\Psi_{ac2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{w,N}$	
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	
z [mm]	$\Psi_{M,N}$	k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rk,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
70,8	1,705	7,700	77,919	1,500	99,645	33,295

ID gruppo ancoranti
1, 3

1.4 Carico di taglio (EN 1992-4, sezione 7.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_V [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	0,025	26,960	1	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout*	0,025	30,508	1	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

1.4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.2}$$

$$V_{Rk,s} = k_y \cdot V_{Rk,s}^0 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.35)}$$

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	k_y	$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
33,700	1,000	33,700	1,250	26,960	0,025

1.4.2 Rottura per pryout (adesione)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,sp} = \frac{V_{Rk,sp}}{\gamma_{M,c,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.2}$$

$$V_{Rk,sp} = k_y \cdot \min(N_{Rk,c}; N_{Rk,s}) \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.39c)}$$

$$N_{Rk,s} = N_{Rk,s}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{rk,N} \cdot \psi_{ec1,Np} \cdot \psi_{ec2,Np} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.13)}$$

$$N_{Rk,s}^0 = \psi_{rk,N} \cdot \tau_{Rk,c} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.14)}$$

$$\psi_{rk,N} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.14a)}$$

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{rk,N} \cdot \tau_{Rk,c}} \leq 3 \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.15)}$$

$$\psi_{s,Np} = \psi_{s,Np}^0 \cdot \left(\frac{s}{s_{cr,Np}}\right)^{0,5} \cdot (\psi_{s,Np}^0 - 1) \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.17)}$$

$$\psi_{s,Np}^0 = \sqrt{\bar{n}} - (\sqrt{\bar{n}} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,c}}{\tau_{Rk,c}^0}\right)^{1,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.18)}$$

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef}} \cdot f_{ck} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.19)}$$

$$\psi_{rk,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.20)}$$

$$\psi_{ec1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{ct,N}}{s_{cr,Np}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.21)}$$

$$\psi_{ec2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{ct,N}}{s_{cr,Np}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.21)}$$

$A_{p,N}$ [mm ²]	$A_{p,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,sp,20}$ [N/mm ²]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$s_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]	$f_{c,sp}$ [N/mm ²]
46,582	138,128	18,00	185,8	371,7	∞	25,00
ψ_c	$\tau_{Rk,sp}$ [N/mm ²]	k_3	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm ²]	k_0	$\psi_{s,Np}^0$	
1,023	11,25	7,700	12,92	2,000	0,000	
$\psi_{s,Np}$	$e_{ct,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{ct,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{rk,N}$	
1,000	0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	
$\psi_{rk,Np}$	$\psi_{rk,N}^0$	$\alpha_{rk,N}$	$\psi_{rk,N}$			
1,000	0,880	0,000	1,000			
$N_{Rk,s}^0$ [kN]	$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,sp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
67,848	22,881	1,500	30,508	0,025		

ID gruppo ancoranti

3

1.5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EN 1992-4, sezione 7.2.3)

Rottura dell'acciaio

β_N	β_V	α	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,371	0,001	2,000	14	OK

$$\beta_N^e + \beta_V^e \leq 1,0$$

Rottura del calcestruzzo

β_N	β_V	α	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,608	0,001	1,500	48	OK

$$\beta_N^e + \beta_V^e \leq 1,0$$

1.6 Attenzione

- I metodi di progettazione in PROFIS Engineering richiedono l'impiego di piastre di ancoraggio rigide in base alle attuali disposizioni (ETAG 001/Appendice C, EOTA TR029, ecc.). Questo significa che la ridistribuzione sugli ancoranti dovuta alle deformazioni elastiche della piastra di ancoraggio non è considerata - si presuppone che la piastra di ancoraggio sia sufficientemente rigida da non essere deformata quando sottoposta al carico di progetto. PROFIS Engineering calcola lo spessore minimo richiesto per la piastra di ancoraggio con CBFEM per limitare la sollecitazione della piastra di ancoraggio basata sui precedenti presupposti. La verifica se la piastra base rigida sia valida non viene eseguita da PROFIS Engineering. I dati inseriti e i risultati vanno confrontati con le attuali condizioni per verificarne la plausibilità!
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria conformemente a EN 1992-A, allegato A!
- Attenzione! In caso di forze di compressione sull'ancorante, la verifica a inflessione e la verifica della distribuzione locale dei carichi nel materiale base (incluso il punzonamento) devono essere svolte separatamente.
- La progettazione è valida solamente se il foro passante non è più largo rispetto al valore riportato nella tabella 6.1 of EN 1992-4! Per diametri maggiori del foro passante vedere paragrafo 6.2.2 di EN 1992-4!
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- Per la determinazione del $\psi_{s,v}$ (rottura del bordo di calcestruzzo) è utilizzato il minimo copriferro definito nei parametri di calcolo come copriferro del rinforzo del bordo.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- L'armatura di bordo non è necessaria per evitare la modalità di rottura per fessurazione (splitting)
- I metodi di progettazione dell'ancoraggio in PROFIS Engineering richiedono delle piastre base rigide, come previsto dalla normativa vigente (AS 5218:2018, ETAG 001/allegato C, TR029 EOTA, ecc.). Ciò significa che la piastra di base deve essere sufficientemente rigida da evitare la ridistribuzione del carico tra gli ancoranti dovuta a spostamenti elastici / plastici. L'utente accetta che la piastra base sia considerata quasi rigida secondo i canoni di progettazione."
- L'adesione chimica caratteristica dipende dal periodo di ritorno (durata in anni): 50

1.7 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: S 275; E = 210.000,00 N/mm²; f_{yk} = 275,00 N/mm²

Profilo: Profilo piatto, ; (L x W x T) = 60,0 mm x 15,0 mm

Diametro del foro nella piastra: d_f = 14,0 mm

Spessore della piastra (input): 15,0 mm

Metodo di perforazione: Foro con perforazione a roto-percussione

Pulizia: E' necessaria una pulizia accurata del foro (Premium cleaning)

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-RE 500 V4 + HAS-U 8.8 M12

Codice articolo: 2223834 HAS-U 8.8 M12x220 (inserire) / 2287552 HIT-RE 500 V4 (composto indurente)

Coppia di serraggio massima: 40 Nm

Diametro del foro nel materiale base: 14,0 mm

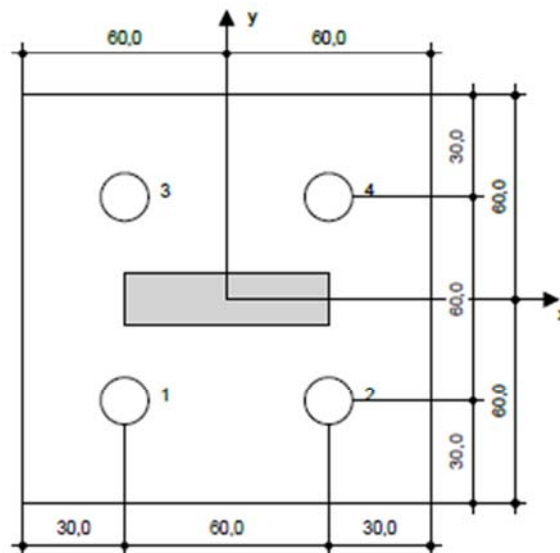
Profondità del foro nel materiale base: 160,0 mm

Spessore minimo del materiale base: 190,0 mm

Hilti HAS-U barra filettata with HIT-RE 500 V4 Resina ad iniezione with 160 mm embedment h_{ef} , M12, Acciaio zincato, Foro eseguito con roto-percussione installation per ETA 20/0541

1.7.1 Accessori richiesti

Perforazione	Pulizia	Posa
<ul style="list-style-type: none"> • Idoneo per rotopercussione • Dimensione appropriata della punta del trapano 	<ul style="list-style-type: none"> • Aria compressa con i relativi accessori necessari per soffiare a partire dal fondo del foro. • Diametro appropriato dello scovolino 	<ul style="list-style-type: none"> • Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore • Chiave dinamometrica



Coordinate dell'ancorante [mm]

Ancorante	x	y	c_{xx}	c_{yy}	c_{xy}	c_{yx}
1	-30,0	-30,0	-	-	-	-
2	30,0	-30,0	-	-	-	-
3	-30,0	30,0	-	-	-	-
4	30,0	30,0	-	-	-	-

2 Progetto piastra di base

2.1 Dati da inserire

Piastra d'ancoraggio:	Forma: Rettangolare $l_x \times l_y \times t = 120,0 \text{ mm} \times 120,0 \text{ mm} \times 15,0 \text{ mm}$ Calcolo: Flessibile Materiale: S 275; $F_y = 275,00 \text{ N/mm}^2$; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$
Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-RE 500 V4 + HAS-U 8.8 M12, $h_{ef} = 160,0 \text{ mm}$
Rigidità di ancoraggio:	L'ancorante è modellato considerando i valori di rigidità valutati secondo le curve sforzo-deformazione determinate tramite test in laboratori indipendenti. Si prega di notare che non è possibile provvedere ad una semplice sostituzione dell'ancorante, in quanto la rigidità dell'ancorante ha grande impatto sui risultati della distribuzione del carico.
Metodo di progettazione:	Progettazione basata su EN utilizzando il FEM basato sul componente
Fissaggio distanziato:	$e_b = 0,0 \text{ mm}$ (Fissaggio a filo materiale base); $t = 15,0 \text{ mm}$
Profilo:	Personalizzato; (L x W x T x FT) = 60,0 mm x 15,0 mm x - x - Materiale: S 275; $F_y = 275,00 \text{ N/mm}^2$; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$ Eccentricità x: 0,0 mm Eccentricità y: 0,0 mm
Materiale base:	Calcestruzzo fessurato; C25/30; $f_{t,cry} = 25,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 300,0 \text{ mm}$; $E = 31.000,00 \text{ N/mm}^2$; $G = 12.916,67 \text{ N/mm}^2$; $\nu = 0,20$
Saldature (profilo rispetto alla piastra base):	Tipo di ridistribuzione: Plastica Materiale: S 235
Dimensioni delle maglie:	Numero di elementi sul bordo: 8 Dimensione minima dell'elemento: 10,0 mm Dimensione massima dell'elemento: 50,0 mm

2.2 Sintesi

	Descrizione	Profilo		Piastra di ancoraggio		Calcestruzzo [%]
		$\sigma_{Ed} [\text{N/mm}^2]$	$\epsilon_{p1} [\%]$	$\sigma_{Ed} [\text{N/mm}^2]$	$\epsilon_{p1} [\%]$	
1	Combinazione 1	242,59	0,05	153,99	0,00	40

2.3 Classificazione piastra di ancoraggio

I risultati in basso sono riportati per le combinazioni decisive del carico: Combinazione 1

Forze di tensione di ancoraggio	Piastra di ancoraggio rigida equivalente (FEM)	Piastra di ancoraggio flessibile (FEM)
Ancoraggio 1	15,569 kN	16,649 kN
Ancoraggio 2	-0,003 kN	-0,004 kN
Ancoraggio 3	15,567 kN	16,646 kN
Ancoraggio 4	-0,003 kN	-0,004 kN

L'utente ha accettato di considerare la piastra di ancoraggio selezionata come rigida in base al proprio giudizio di progettazione. Ciò significa che le linee guida di progettazione di ancoraggio si possono applicare.

2.4 Profilo/rinforzi/piastra

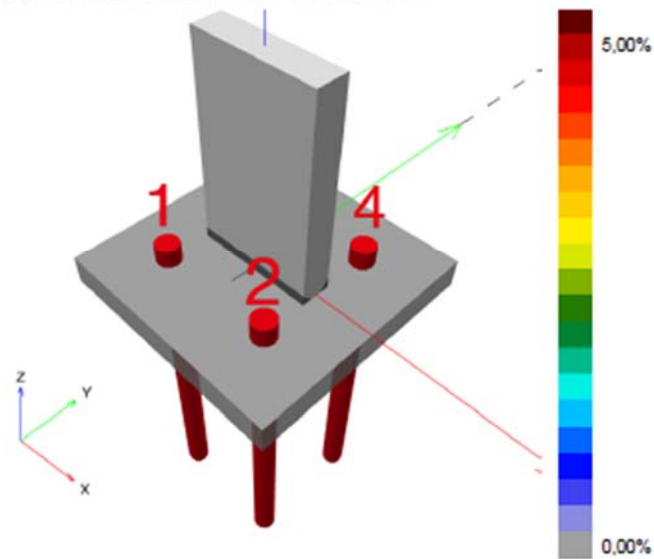
Profili e rinforzi vengono controllati in corrispondenza del punto di incontro tra acciaio e calcestruzzo. Il progetto per il punto di collegamento non va a sostituire il progetto previsto per l'acciaio nelle sezioni trasversali critiche indicato al di fuori di PROFIS Engineering.

2.4.1 Sollecitazione e deformazione plastica equivalenti

Criterio limite secondo EN1993-1-5 allegato C. 8. (1) 2.

2.4.1.2 Deformazione plastica

I risultati in basso sono riportati per la combinazione decisiva del carico: 1 - Combinazione 1



2.4.2 Rifollamento piastra

Combinazione di carico determinante: 1 - Combinazione 1

Resistenza a rifollamento della piastra base secondo EN1993-1 - 8 sezione 3.6.1:

Equazioni

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 a_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{Utilizzo} = \frac{V_{Ed}}{F_{b,Rd}}$$

Variabili

	k_1	a_b	f_u [N/mm ²]	d [mm]	t [mm]	γ_{M2}
Ancoraggio 1	2,50	1,00	430,00	12,0	15,0	1,25
Ancoraggio 2	2,50	1,00	430,00	12,0	15,0	1,25
Ancoraggio 3	2,50	1,00	430,00	12,0	15,0	1,25
Ancoraggio 4	2,50	1,00	430,00	12,0	15,0	1,25

Risultati

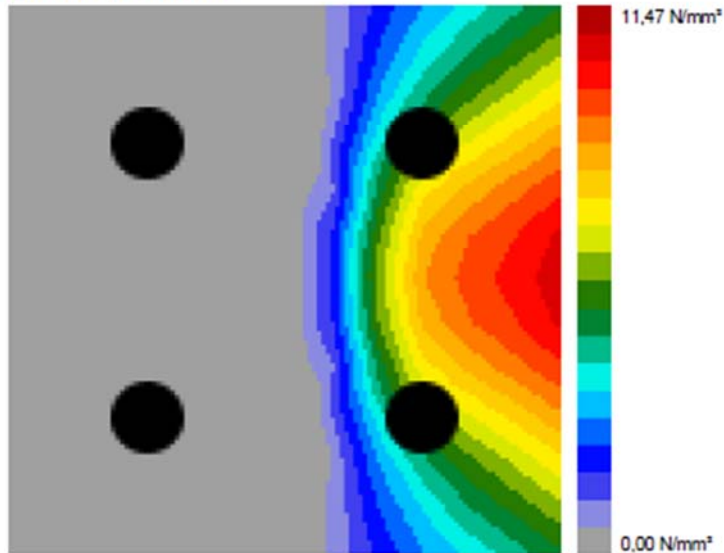
	V_{Ed} [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Utilizzo [%]	Stato
Ancoraggio 1	0,021	154,800	1	OK
Ancoraggio 2	0,019	154,800	1	OK
Ancoraggio 3	0,025	154,800	1	OK
Ancoraggio 4	0,016	154,800	1	OK

2.5 Calcestruzzo

Combinazione di carico determinante: 1 - Combinazione 1

Secondo le indicazioni EN 1992-1-1 sezione 6.7(4), il calcestruzzo dovrebbe essere sufficientemente rinforzato per tenere conto delle forze di tensione che si sviluppano a causa dell'elemento fissato. La definizione del rinforzo nel calcestruzzo non viene calcolata dal PROFIS Engineering.

2.5.1 Compressione nel calcestruzzo sotto la piastra di base



2.5.2 Verifica di compressione nel calcestruzzo sotto la piastra di ancoraggio secondo EN1992-1 sezione 6.7 e EN1993-1-8, sezione 6.2.5

Equazioni

$$f_{jd} = \frac{\beta_j k_j \alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$\sigma = \frac{N}{A_{eff}}$$

$$\text{Utilizzo} = \frac{\sigma}{f_{jd}}$$

Variabili

N [kN]	A _{eff} [mm ²]	β _j	k _j	α _{cc}	f _{ck} [N/mm ²]	γ _c
33,636	3,025	0,67	3,00	0,85	25,00	1,50

Risultati

σ [N/mm ²]	f _{jd} [N/mm ²]	Utilizzo [%]	Stato
11,12	28,48	40	OK

2.6 Spiegazione dei simboli

α_b	Fattore nella verifica a rifollamento relativo alla direzione del carico applicato - EN 1993-1-8 tabella 3.4
α_{icc}	Effetti a lungo termine sulla massima resistenza del calcestruzzo
A_{eff}	Area effettiva
β_j	Coefficiente giunto β_j
d	Diametro nominale della vite
ϵ_{lim}	Limite sollecitazione plastica
ϵ_{p1}	Deformazione plastica in base ai risultati CBFEM
$F_{t,Rd}$	Resistenza a rifollamento piastra EN 1993-1-8 Tab. 3.4
f_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione calcestruzzo
f_{jd}	Resistenza di progetto a compressione del blocco di calcestruzzo
f_u	Resistenza caratteristica a rottura
f_y	Resistenza allo snervamento
γ_c	Fattore di servizio - SP 16, Tabella 41
γ_{M0}	Fattore di sicurezza acciaio gamma M0
γ_{M2}	Fattore di sicurezza acciaio gamma M2
k_1	Fattore nella verifica a rifollamento relativo alla direzione perpendicolare al carico applicato - EN 1993-1-8 - tabella 3.4
k_j	Fattore di concentrazione
N	Forza di compressione risultante
σ	Sollecitazione media nel calcestruzzo
σ_{Ed}	Sollecitazione equivalente
t	Spessore della piastra base
V_{Ed}	Forza di taglio sull'ancorante

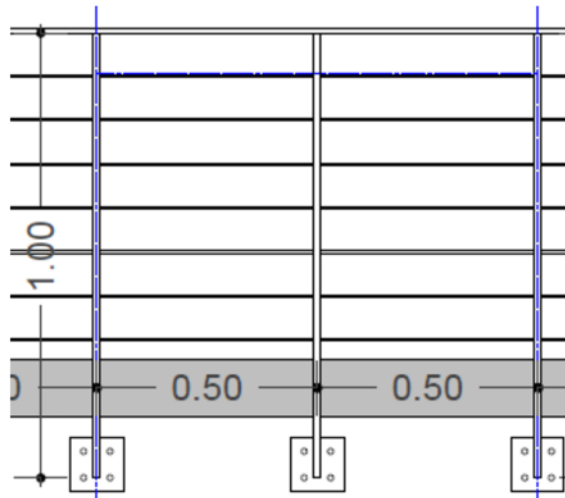
3 Sintesi dei risultati

Progetto della piastra base, ancoranti, saldature ed altri elementi basati su CBFEM (metodo elemento finito basato sul componente) e normative Eurocode.

	Combinazione carichi	Utilizzo max.	Stato
Ancoranti	Combinazione 1	61%	OK
Piastra di ancoraggio	Combinazione 1	56%	OK
Calcestruzzo	Combinazione 1	40%	OK
Profilo	Combinazione 1	89%	OK

L'ancoraggio risulta verificato!

C 2. VERIFICA PARAPETTO tipo 2 h = 110 cm



PROFILI E MATERIALI ADOTTATI

- Montanti n°1 PIATTO 30x15 mm in acciaio S275 (EN 10025) – sezione di base n°1 PIATTO 60x15 mm – interasse massimo montanti 50 cm
- Corrimano n°1 PIATTO 30x15 mm in acciaio S275 (EN 10025)

RESISTENZE DI CALCOLO ADOTTATE

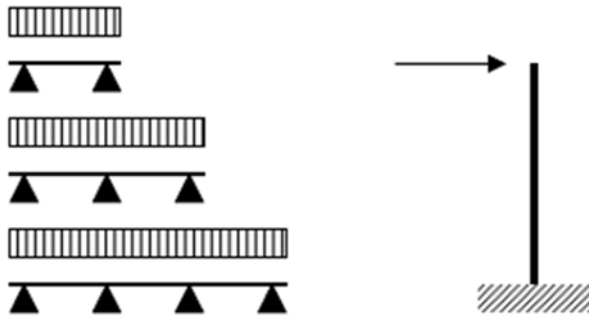
- Acciaio S 275 (UNI EN 10025)
 - Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk}=275 \text{ N/mm}^2$
 - Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk}=430 \text{ N/mm}^2$

CARICHI AGENTI				
Categoria carico variabile	<input type="text" value="Amb. suscettibili di affollamento"/>	→	Amb. suscettibili di affollamento - Cat. C - Scale comuni, balconi e ballatoi	
Carico orizzontale lineare	H_k	=	2,00	[kN/m]
Coefficiente parziale per le azioni SLU		γ_Q	=	1,50 [-]
Carico variabile di progetto		$q_d = \gamma_Q \times H_k$	=	3,00 [kN/m]
DATI GEOMETRICI PARAPETTO				
Altezza dei montanti		h	=	0,65 [m]
Interasse longitudinale montanti		L	=	1,00 [m]

ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE

Potendosi nella realtà costruttiva verificarsi varie situazioni particolari di montaggio, il corrimano viene schematizzato come trave a varie campate di luci uguali, in semplice appoggio sui montanti, assumendo nel dimensionamento di entrambi gli elementi strutturali (corrimano e montante) le caratteristiche di sollecitazione flessione-taglianti più gravose di ogni schema di carico.

Il montante viene schematizzato come mensola incastrata alla base



TIPO DI ANALISI STRUTTURALE EFFETTUATA

Si effettua una analisi di tipo statico/lineare. La tipologia dell'opera ed i materiali di cui essa è costituita consentono tale tipo di analisi. L'importanza dell'opera non è tale da richiedere modelli di calcolo maggiormente approfonditi.

CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE E DEFORMAZIONE DEL PARAPETTO

La determinazione delle caratteristiche di sollecitazione agenti sul corrimano è riportata nell'allegato AT1.

La determinazione delle caratteristiche di sollecitazione agenti sul montante è riportata nell'allegato AT2.

VERIFICHE STRUTTURALI

c) Corrimano

La verifica di resistenza SLU (flessione e taglio della sezione) è condotta nell'allegato AT4.

- verifica SLU della sezione costituita da n°1 piatto 15x30 (all. AT4).

d) Montante

La verifica di resistenza SLU (flessione e taglio della sezione) è condotta negli allegati AT4 e AT5.

In tali allegati sono anche riportate:

- verifica SLU della sezione di base costituita da n°1 piatto 60x15 (all. AT4).
- verifica SLU della piastra di base (all. AT5)

c 2.1 Calcolo sollecitazioni corrimano - Allegato AT4

Lavoro:	Oggetto:	Allegato:
"Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare"	Parapetto tipo 2 Verifica strutturale corrimano	AT4
file: VERIFICA PARAPETTI vers. 1.30.00		Ing. Vincenzo Pujia

normativa

descrizione

Caratteristiche geometriche e meccaniche corrente						
	tipo di profilato	30x15		piatto		
NTC §11.3.4.1	norma di riferimento	UNI EN 10025-1				
NTC §11.3.4.1	qualità dell'acciaio	S 275				
	altezza	H	30,00	[mm]		
	base	B	15,00	[mm]		
	area	A	4,50	[cm ²]		
	momento d'inerzia	J _{xx}	3,38	[cm ⁴]		
	modulo resistente elastico	W _{xx,el}	2,25	[cm ³]		
	modulo resistente plastico	W _{xx,pl}	3,38	[cm ³]		
	tensione di snervamento	f _{yk}	275	[N/mm ²]		
	modulo elastico	E	210.000	[N/mm ²]		
NTC tab. 4.2.VII	coefficiente parziale di sicurezza	γ _{M0}	1,05	[-]		
NTC tab. 4.2.VII	coefficiente parziale sul materiale	γ _{M2}	1,25	[-]		
Azioni di progetto						
	carico orizzontale lineare	H _k	2,00	[kN/m]		
NTC tab. 2.6.I	coefficiente parziale per le azioni SLU	γ _Q	1,50	[-]		
	carico variabile di progetto	H _d	3,00	[kN/m]		
Caratteristiche di sollecitazione						
	schema statico		1 camp.	2 camp.	3 camp.	
	luce di calcolo	L =	0,50	0,50	0,500	[m]
	momento	M ⁽¹⁾ =0,125·H _d ·L ²	0,094			[kNm]
	taglio	V ⁽¹⁾ =0,5·H _d ·L	0,750			[kN]
	momento campata	M ⁽²⁾ ₍₊₎ =0,0957·H _d ·L ²		0,072		[kNm]
	momento appoggi	M ⁽²⁾ ₍₋₎ =0,125·H _d ·L ²		0,094		[kNm]
	taglio	V ⁽²⁾ =0,625·H _d ·L		0,938		[kN]
	reazione <i>progetto</i>	R ⁽²⁾ =1,25·H _d ·L		1,875		[kN]
	<i>caratteristica</i>	R ⁽²⁾ _k =1,25·H _k ·L		1,250		[kN]
	momento campata	M ⁽³⁾ ₍₊₎ =0,1013·H _d ·L ²			0,076	[kNm]
	momento appoggi	M ⁽³⁾ ₍₋₎ =0,1167·H _d ·L ²			0,088	[kNm]
	taglio	V ⁽³⁾ =0,6·H _d ·L			0,900	[kN]
	reazione <i>progetto</i>	R ⁽³⁾ =1,20·H _d ·L			1,800	[kN]
	<i>caratteristica</i>	R ⁽³⁾ _k =1,20·H _k ·L			1,200	[kN]
	momento massimo in campata	M _{d(+)} =max[M ⁽¹⁾ ;M ² ₍₊₎ ;M ⁽³⁾ ₍₊₎]	0,094			[kNm]
	momento massimo agli appoggi	M _{d(-)} =max[M ² ₍₋₎ ;M ⁽³⁾ ₍₋₎]	0,094			[kNm]
	momento di progetto	M _{Ed} =max[M _{d(+)} ;M _{d(-)}]	0,094			[kNm]
	taglio di progetto	V _{Ed} =max[V ⁽¹⁾ ;V ⁽²⁾ ;V ⁽³⁾]	0,938			[kN]
	reazione di progetto	Q _d =max[R ⁽²⁾ ;R ⁽³⁾]	1,875			[kN]
	reazione caratteristica	Q _k =max[R ⁽²⁾ _k ;R ⁽³⁾ _k]	1,250			[kN]
Verifica di resistenza SLU						
Flessione						
NTC §4.2.4.12.3						
	tensione di calcolo	σ _{Ed} = M _{Ed} /W _{xx}	41,667	[N/mm ²]		
NTC §4.2.4.12.9	verifica di resistenza	σ _{Ed} / (f _{yk} /γ _{M0})	0,16	<1: OK!		

c 2.2 Verifica sezione di base montante - Allegato AT5

Lavoro:	Oggetto:	Allegato:
"Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare"	Parapetto tipo 2 Verifica strutturale montante - SEZIONE DI BASE	AT5
file: VERIFICA PARAPETTI vers. 1.30.00		Ing. Vincenzo Pujia

normativa

descrizione

Caratteristiche geometriche e meccaniche sezione			
	tipo di profilato	15x60	
NTC §113.4.1	norma di riferimento	UNI EN 10025-1	
NTC §113.4.1	qualità dell'acciaio	S 275	
	altezza	H	60,00 [mm]
	base	B	15,00 [mm]
	area	A	9,00 [cm ²]
	momento d'inerzia	J _{xx}	27,00 [cm ⁴]
	modulo resistente elastico	W _{xx,el}	9,00 [cm ³]
	altezza del montante	h	1,00 [m]
	tensione di snervamento	f _{yk}	275 [N/mm ²]
	modulo elastico	E	210.000 [N/mm ²]
NTC tab. 4.2.VII	coefficiente parziale di sicurezza	γ _{M0}	1,05 [-]
Caratteristiche di sollecitazione			
	taglio caratteristico (dal corrimano)	V _k	1,25 [kN]
	taglio di progetto (dal corrimano)	V _{Ed}	1,88 [kN]
	momento flettente di calcolo	M _{Ed} = V _{Ed} ·h =	1,88 [kNm]
Verifica di resistenza SLU			
Flessione e taglio			
NTC §4.2.4.12.3	resistenza di progetto a flessione retta	M _{c,Rd} = W _{el} ·f _{yk} /γ _{M0} =	2,36
	verifica di resistenza	M _{Ed} /M _{c,Rd} =	✓ 0,80 <1: OK!
Taglio			
NTC §4.2.4.12.4	resistenza di progetto a taglio	V _{c,Rd} = A·f _{yk} /(3 ^{0,5} ·γ _{M0}) =	136,09
	verifica di resistenza	V _{Ed} /V _{c,Rd} =	✓ 0,01 <1: OK!

c 2.3 Verifica piastra di base - Allegato AT6

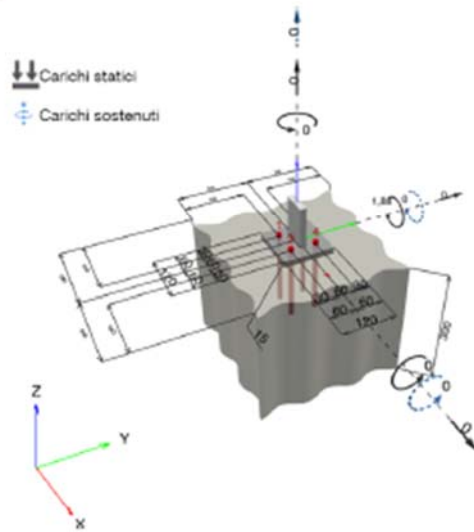
1 Dimensionamento ancorante

1.1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-RE 500 V4 + HAS-U 8.8 M12	
Periodo di ritorno (durata in anni):	50	
Codice articolo:	2223834 HAS-U 8.8 M12x220 (inserie) / 2287552 HIT-RE 500 V4 (composto indurente)	
Profondità di posa effettiva:	$h_{w,act} = 160,0$ mm ($h_{w,limit} = -$ mm)	
Materiale:	8.8	
Certificazione No.:	ETA 20/0541	
Emesso l Valido:	21/11/2020 -	
Prova:	metodo di calcolo EN 1992-4, chimica	
Fissaggio distanziato:	$e_s = 0,0$ mm (Senza distanziamento); $t = 15,0$ mm	
Piastra d'ancoraggio ^{CBFEM} :	$l_x \times l_y \times t = 120,0$ mm x 120,0 mm x 15,0 mm;	
Profilo:	Profilo piatto, : (L x W x T) = 60,0 mm x 15,0 mm	
Materiale base:	fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{t,eff} = 25,00$ N/mm ² ; $h = 300,0$ mm, Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C, Coefficiente parziale di sicurezza materiale definito dall'utente $\gamma_c = 1,500$	
Installazione:	Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto	
Armatura:	nessuna armatura o interasse tra le armature ≥ 150 mm (qualunque \emptyset) o ≥ 100 mm ($\emptyset \leq 10$ mm) senza armatura di bordo longitudinale	

^{CBFEM} - Il calcolo dell'ancorante è basato su un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



1.1.1 Combinazione carichi

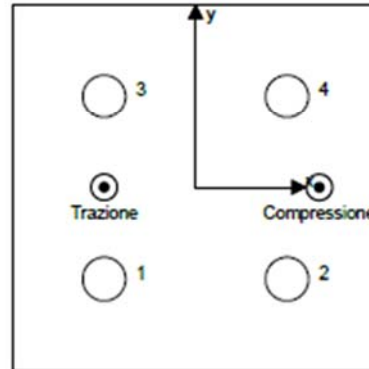
Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Util. max. Tassello [%]
1	Combinazione 1	N = 0,000; V _x = 0,000; V _y = 0,000; M _x = 0,000; M _y = 1,880; M _z = 0,000; N _{max} = 0,000; M _{x,max} = 0,000; M _{y,max} = 0,000;	no	no	50

1.2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	13,480	0,017	-0,012	0,011
2	-0,003	0,014	0,014	0,000
3	13,478	0,020	-0,014	-0,013
4	-0,003	0,012	0,012	0,002



risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(-30,0/-0,0): 26,951 [kN]

risultante delle forze di compressione (x/y)=(40,6/-0,0): 27,195 [kN]

Le forze di ancoraggio sono calcolate in base ad un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)

1.3 Carico di trazione (EN 1992-4, sezione 7.2.1)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_N [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	13,480	44,933	30	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	26,958	54,974	50	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	26,958	99,800	28	OK
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

1.3.1 Rottura dell'acciaio

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.1}$$

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
67,400	1,500	44,933	13,480

1.3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rd,p}}{\gamma_{M,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.1}$$

$$N_{Rd,p} = N_{Rd,c}^0 \cdot \frac{A_{s,N}^0}{A_{s,N}^0} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{a,Np} \cdot \psi_{rk,N} \cdot \psi_{ec1,Np} \cdot \psi_{ec2,Np} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.13)}$$

$$N_{Rd,c}^0 = \psi_{suk} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.14)}$$

$$\psi_{suk} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.14a)}$$

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{suk} \cdot \tau_{Rk}} \leq 3 \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.15)}$$

$$\psi_{s,Np} = \psi_{s,Np}^0 \cdot \left(\frac{s}{s_{cr,Np}} \right)^{0,5} \cdot (\psi_{s,Np}^0 - 1) \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.17)}$$

$$\psi_{s,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,c}}{\tau_{Rk,c}^0} \right)^{1,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.18)}$$

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.19)}$$

$$\psi_{a,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{or,Np}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.20)}$$

$$\psi_{ec1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.21)}$$

$$\psi_{ec2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.21)}$$

$A_{s,N}$ [mm ²]	$A_{s,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,cr20}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{or,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]	$f_{t,cr}$ [N/mm ²]
160.427	138.128	18,00	371,7	185,8	∞	25,00
ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	k_3	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm ²]	$\psi_{s,Np}^0$	$\psi_{s,Np}$	
1,023	11,25	7,700	12,92	1,078	1,048	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{a,Np}$	$\psi_{rk,Np}$	
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	
ψ_{suk}^0	α_{suk}	ψ_{suk}				
0,880	0,000	1,000				
$N_{Rd,p}^0$ [kN]	$N_{Rd,c}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Ed} [kN]		
67,848	82,461	1,500	54,974	26,958		

ID gruppo ancoranti

1, 3

1.3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rd,c}}{\gamma_{M,c}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.1}$$

$$N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \cdot \frac{A_{s,N}^0}{A_{s,N}^0} \cdot \psi_{a,N} \cdot \psi_{rk,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.1)}$$

$$N_{Rd,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.2)}$$

$$A_{s,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{or,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.3)}$$

$$\psi_{a,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{or,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 2,0 \cdot \frac{z}{1,5 \cdot h_{ef}} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.7)}$$

$A_{s,N}$ [mm ²]	$A_{s,N}^0$ [mm ²]	$c_{or,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{t,cr}$ [N/mm ²]		
259.200	230.400	240,0	480,0	25,00		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{a,N}$	$\psi_{rk,N}$	
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	
z [mm]	$\psi_{M,N}$	k_1	$N_{Rd,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
70,8	1,708	7,700	77,919	1,500	99,690	26,958

ID gruppo ancoranti

1, 3

1.4 Carico di taglio (EN 1992-4, sezione 7.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_v [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	0,020	26,960	1	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout*	0,020	30,508	1	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

1.4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.2}$$

$$V_{Rk,s} = k_f \cdot V_{Rk,s}^0 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.35)}$$

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	k_f	$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
33,700	1,000	33,700	1,250	26,960	0,020

1.4.2 Rottura per pryout (adesione)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,sp} = \frac{V_{Rk,sp}}{\gamma_{M,c,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabella 7.2}$$

$$V_{Rk,sp} = k_f \cdot \min(N_{Rk,c}, N_{Rk,s}) \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.39c)}$$

$$N_{Rk,s} = N_{Rk,s}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{r,N} \cdot \psi_{act1,Np} \cdot \psi_{act2,Np} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.13)}$$

$$N_{Rk,s}^0 = \psi_{s,N} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.14)}$$

$$\psi_{s,N} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.14a)}$$

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{s,N} \cdot \tau_{Rk}} \leq 3 \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.15)}$$

$$\psi_{s,Np}^0 = \psi_{s,Np}^0 - \left(\frac{s}{s_{cr,Np}}\right)^{0,5} \cdot (\psi_{s,Np}^0 - 1) \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.17)}$$

$$\psi_{s,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}}\right)^{1,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.18)}$$

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_f}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.19)}$$

$$\psi_{r,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.20)}$$

$$\psi_{act1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{ct,N}}{s_{cr,Np}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.21)}$$

$$\psi_{act2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{ct,N}}{s_{cr,Np}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.21)}$$

$A_{p,N}$ [mm ²]	$A_{p,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,sp,20}$ [N/mm ²]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$s_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]	$f_{ct,cr}$ [N/mm ²]
46,582	138,128	18,00	185,8	371,7	∞	25,00
ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	k_f	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm ²]	k_f	$\psi_{s,Np}^0$	
1,023	11,25	7,700	12,92	2,000	0,000	
$\psi_{s,Np}$	$e_{ct,V}$ [mm]	$\psi_{act1,Np}$	$e_{ct,V}$ [mm]	$\psi_{act2,Np}$	$\psi_{r,N}$	
1,000	0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	
$\psi_{r,Np}$	$\psi_{s,N}$	$\alpha_{s,N}$	$\psi_{s,N}$			
1,000	0,880	0,000	1,000			
$N_{Rk,s}^0$ [kN]	$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,sp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
67,848	22,881	1,500	30,508	0,020		

ID gruppo ancoranti

3

1.5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EN 1992-4, sezione 7.2.3)

Rottura dell'acciaio

β_N	β_V	α	Utilizzo β_{NV} [%]	Stato
0,300	0,001	2,000	9	OK

$$\beta_N^c + \beta_V^c \leq 1,0$$

Rottura del calcestruzzo

β_N	β_V	α	Utilizzo β_{NV} [%]	Stato
0,490	0,001	1,500	35	OK

$$\beta_N^c + \beta_V^c \leq 1,0$$

1.6 Attenzione

- I metodi di progettazione in PROFIS Engineering richiedono l'impiego di piastre di ancoraggio rigide in base alle attuali disposizioni (ETAG 001/Appendice C, EOTA TR029, ecc.). Questo significa che la ridistribuzione sugli ancoranti dovuta alle deformazioni elastiche della piastra di ancoraggio non è considerata - si presuppone che la piastra di ancoraggio sia sufficientemente rigida da non essere deformata quando sottoposta al carico di progetto. PROFIS Engineering calcola lo spessore minimo richiesto per la piastra di ancoraggio con CBFEM per limitare la sollecitazione della piastra di ancoraggio basata sui precedenti presupposti. La verifica se la piastra base rigida sia valida non viene eseguita da PROFIS Engineering. I dati inseriti e i risultati vanno confrontati con le attuali condizioni per verificarne la plausibilità!
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria conformemente a EN 1992-A, allegato A!
- Attenzione! In caso di forze di compressione sull'ancorante, la verifica a inflessione e la verifica della distribuzione locale dei carichi nel materiale base (incluso il punzonamento) devono essere svolte separatamente.
- La progettazione è valida solamente se il foro passante non è più largo rispetto al valore riportato nella tabella 6.1 of EN 1992-4! Per diametri maggiori del foro passante vedere paragrafo 6.2.2 di EN 1992-4!
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- Per la determinazione del $\psi_{s,v}$ (rottura del bordo di calcestruzzo) è utilizzato il minimo copriferro definito nei parametri di calcolo come copriferro del rinforzo del bordo.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- L'armatura di bordo non è necessaria per evitare la modalità di rottura per fessurazione (splitting)
- I metodi di progettazione dell'ancoraggio in PROFIS Engineering richiedono delle piastre base rigide, come previsto dalla normativa vigente (AS 5216:2018, ETAG 001/allegato C, TR029 EOTA, ecc.). Ciò significa che la piastra di base deve essere sufficientemente rigida da evitare la ridistribuzione del carico tra gli ancoranti dovuta a spostamenti elastici / plastici. L'utente accetta che la piastra base sia considerata quasi rigida secondo i canoni di progettazione."
- L'adesione chimica caratteristica dipende dal periodo di ritorno (durata in anni): 50

1.7 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: S 275; E = 210.000,00 N/mm²; f_{yk} = 275,00 N/mm²

Profilo: Profilo piatto, ; (L x W x T) = 60,0 mm x 15,0 mm

Diametro del foro nella piastra: d_f = 14,0 mm

Spessore della piastra (input): 15,0 mm

Metodo di perforazione: Foro con perforazione a roto-percussione

Pulizia: E' necessaria una pulizia accurata del foro (Premium cleaning)

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-RE 500 V4 + HAS-U 8.8 M12

Codice articolo: 2223834 HAS-U 8.8 M12x220 (inserire) / 2287552 HIT-RE 500 V4 (composto indurente)

Coppia di serraggio massima: 40 Nm

Diametro del foro nel materiale base: 14,0 mm

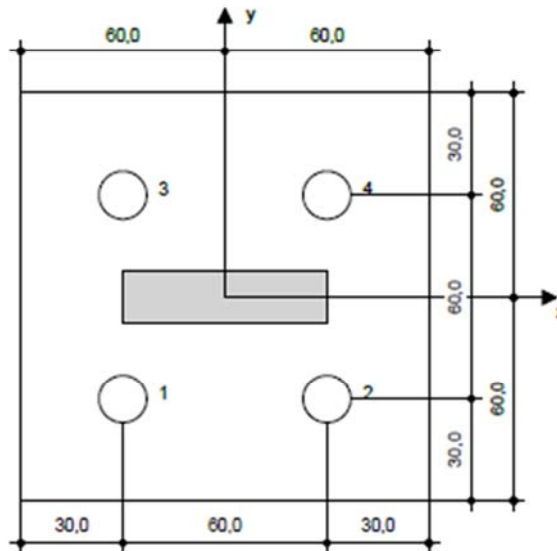
Profondità del foro nel materiale base: 160,0 mm

Spessore minimo del materiale base: 190,0 mm

Hilti HAS-U barra filettata with HIT-RE 500 V4 Resina ad iniezione with 160 mm embedment h_{ef} , M12, Acciaio zincato, Foro eseguito con roto-percussione installation per ETA 20/0541

1.7.1 Accessori richiesti

Perforazione	Pulizia	Posa
<ul style="list-style-type: none"> • Idoneo per rotopercussione • Dimensione appropriata della punta del trapano 	<ul style="list-style-type: none"> • Aria compressa con i relativi accessori necessari per soffiare a partire dal fondo del foro. • Diametro appropriato dello sovolino 	<ul style="list-style-type: none"> • Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore • Chiave dinamometrica



Coordinate dell'ancorante [mm]

Ancorante	x	y	c_x	c_{rx}	c_y	c_{ry}
1	-30,0	-30,0	-	-	-	-
2	30,0	-30,0	-	-	-	-
3	-30,0	30,0	-	-	-	-
4	30,0	30,0	-	-	-	-

2 Progetto piastra di base

2.1 Dati da inserire

Piastra d'ancoraggio:	Forma: Rettangolare $l_x \times l_y \times t = 120,0 \text{ mm} \times 120,0 \text{ mm} \times 15,0 \text{ mm}$ Calcolo: Flessibile Materiale: S 275; $F_y = 275,00 \text{ N/mm}^2$; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$
Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-RE 500 V4 + HAS-U 8.8 M12, $h_{ef} = 160,0 \text{ mm}$
Rigidezza di ancoraggio:	L'ancorante è modellato considerando i valori di rigidezza valutati secondo le curve sforzo-deformazione determinate tramite test in laboratori indipendenti. Si prega di notare che non è possibile provvedere ad una semplice sostituzione dell'ancorante, in quanto la rigidezza dell'ancorante ha grande impatto sui risultati della distribuzione del carico.
Metodo di progettazione:	Progettazione basata su EN utilizzando il FEM basato sul componente
Fissaggio distanziato:	$e_p = 0,0 \text{ mm}$ (Fissaggio a filo materiale base); $t = 15,0 \text{ mm}$
Profilo:	Personalizzato; (L x W x T x FT) = 60,0 mm x 15,0 mm x - x - Materiale: S 275; $F_y = 275,00 \text{ N/mm}^2$; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$ Eccentricità x: 0,0 mm Eccentricità y: 0,0 mm
Materiale base:	Calcestruzzo fessurato; C25/30; $f_{ct,oyl} = 25,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 300,0 \text{ mm}$; $E = 31.000,00 \text{ N/mm}^2$; $G = 12.916,67 \text{ N/mm}^2$; $\nu = 0,20$
Saldature (profilo rispetto alla piastra base):	Tipo di ridistribuzione: Plastica Materiale: S 235
Dimensioni delle maglie:	Numero di elementi sul bordo: 8 Dimensione minima dell'elemento: 10,0 mm Dimensione massima dell'elemento: 50,0 mm

2.2 Sintesi

Descrizione	Profilo		Piastra di ancoraggio			Calcestruzzo [%]
	$\sigma_{Ed} [\text{N/mm}^2]$	$\epsilon_{pl} [\%]$	$\sigma_{Ed} [\text{N/mm}^2]$	$\epsilon_{pl} [\%]$	Rifollamento piastra [%]	
1 Combinazione 1	202,47	0,01	115,83	0,00	1	32

2.3 Classificazione piastra di ancoraggio

I risultati in basso sono riportati per le combinazioni decisive del carico: Combinazione 1

Forze di tensione di ancoraggio	Piastra di ancoraggio rigida equivalente (FEM)	Piastra di ancoraggio flessibile (FEM)
Ancoraggio 1	12,855 kN	13,480 kN
Ancoraggio 2	-0,003 kN	-0,003 kN
Ancoraggio 3	12,852 kN	13,478 kN
Ancoraggio 4	-0,003 kN	-0,003 kN

L'utente ha accettato di considerare la piastra di ancoraggio selezionata come rigida in base al proprio giudizio di progettazione. Ciò significa che le linee guida di progettazione di ancoraggio si possono applicare.

2.4 Profilo/rinforzi/piastra

Profili e rinforzi vengono controllati in corrispondenza del punto di incontro tra acciaio e calcestruzzo. Il progetto per il punto di collegamento non va a sostituire il progetto previsto per l'acciaio nelle sezioni trasversali critiche indicato al di fuori di PROFIS Engineering.

2.4.1 Sollecitazione e deformazione plastica equivalenti

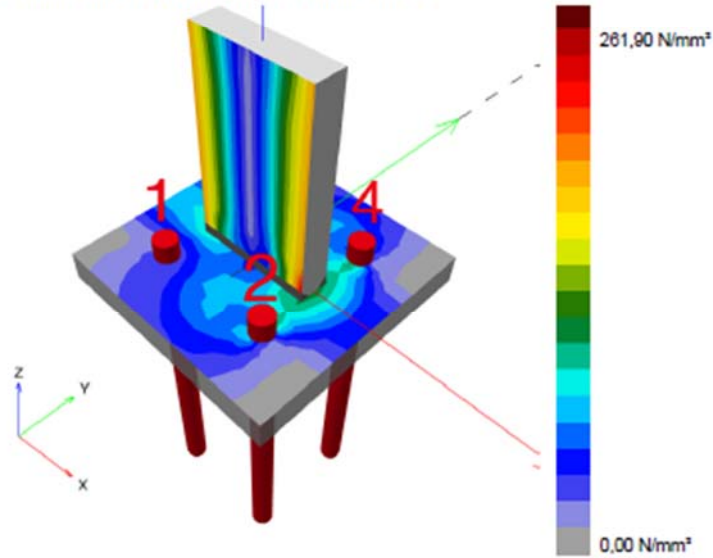
Criterio limite secondo EN1993-1-5 allegato C. 8, (1) 2.

Risultati

Parte	Combinazion e carichi	Materiale	σ_{Ed} [N/mm ²]	ϵ_{Pl} [%]	f_y [N/mm ²]	γ_{M0}	f_y/γ_{M0} [N/mm ²]	ϵ_{lim} [%]	Stato
Piastra	Combinazion e 1	S 275	115,83	0,00	275,00	1,05	261,90	5,00	OK
Profilo	Combinazion e 1	S 275	202,47	0,01	275,00	1,05	261,90	5,00	OK

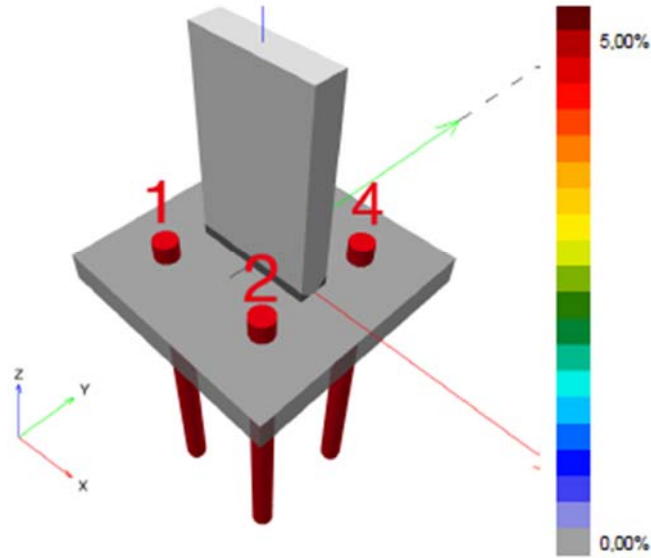
2.4.1.1 Sollecitazione equivalente

I risultati in basso sono riportati per la combinazione decisiva del carico: 1 - Combinazione 1



2.4.1.2 Deformazione plastica

I risultati in basso sono riportati per la combinazione decisiva del carico: 1 - Combinazione 1



2.4.2 Rifollamento piastra

Combinazione di carico determinante: 1 - Combinazione 1

Resistenza a rifollamento della piastra base secondo EN1993-1-8 sezione 3.6.1:

Equazioni

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 a_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{Utilizzo} = \frac{V_{Ed}}{F_{b,Rd}}$$

Variabili

	k_1	a_b	f_u [N/mm ²]	d [mm]	t [mm]	γ_{M2}
Ancoraggio 1	2,50	1,00	430,00	12,0	15,0	1,25
Ancoraggio 2	2,50	1,00	430,00	12,0	15,0	1,25
Ancoraggio 3	2,50	1,00	430,00	12,0	15,0	1,25
Ancoraggio 4	2,50	1,00	430,00	12,0	15,0	1,25

Risultati

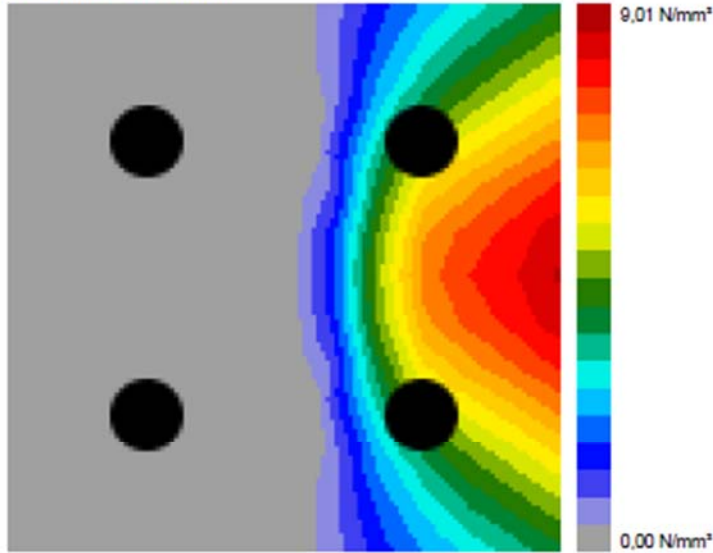
	V_{Ed} [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Utilizzo [%]	Stato
Ancoraggio 1	0,016	154,800	1	OK
Ancoraggio 2	0,014	154,800	1	OK
Ancoraggio 3	0,019	154,800	1	OK
Ancoraggio 4	0,012	154,800	1	OK

2.5 Calcestruzzo

Combinazione di carico determinante: 1 - Combinazione 1

Secondo le indicazioni EN 1992-1-1 sezione 6.7(4), il calcestruzzo dovrebbe essere sufficientemente rinforzato per tenere conto delle forze di tensione che si sviluppano a causa dell'elemento fissato. La definizione del rinforzo nel calcestruzzo non viene calcolata dal PROFIS Engineering.

2.5.1 Compressione nel calcestruzzo sotto la piastra di base



2.5.2 Verifica di compressione nel calcestruzzo sotto la piastra di ancoraggio secondo EN1992-1 sezione 6.7 e EN1993-1-8, sezione 6.2.5

Equazioni

$$f_{jd} = \frac{\beta_j k_j \alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$\sigma = \frac{N}{A_{eff}}$$

$$Utilizzo = \frac{\sigma}{f_{jd}}$$

Variabili

N [kN]	A _{eff} [mm²]	β _j	k _j	α _{cc}	f _{ck} [N/mm²]	γ _c
27,195	3,047	0,87	3,00	0,85	25,00	1,50

Risultati

σ [N/mm²]	f _{jd} [N/mm²]	Utilizzo [%]	Stato
8,92	28,48	32	OK

2.6 Spiegazione dei simboli

a_b	Fattore nella verifica a rifollamento relativo alla direzione del carico applicato - EN 1993-1-8 tabella 3.4
α_{cc}	Effetti a lungo termine sulla massima resistenza del calcestruzzo
A_{eff}	Area effettiva
β_j	Coefficiente giunto β_j
d	Diametro nominale della vite
ε_{lim}	Limite sollecitazione plastica
ε_{pl}	Deformazione plastica in base ai risultati CBFEM
$F_{0,9Ed}$	Resistenza a rifollamento piastra EN 1993-1-8 Tab. 3.4
f_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione calcestruzzo
f_{jd}	Resistenza di progetto a compressione del blocco di calcestruzzo
f_u	Resistenza caratteristica a rottura
f_y	Resistenza allo snervamento
γ_c	Fattore di servizio - SP 16, Tabella 41
γ_{M0}	Fattore di sicurezza acciaio gamma M0
γ_{M2}	Fattore di sicurezza acciaio gamma M2
k_1	Fattore nella verifica a rifollamento relativo alla direzione perpendicolare al carico applicato - EN 1993-1-8 - tabella 3.4
k_j	Fattore di concentrazione
N	Forza di compressione risultante
σ	Sollecitazione media nel calcestruzzo
σ_{Ed}	Sollecitazione equivalente
t	Spessore della piastra base
V_{Ed}	Forza di taglio sull'ancorante

3 Sintesi dei risultati

Progetto della piastra base, ancoranti, saldature ed altri elementi basati su CBFEM (metodo elemento finito basato sul componente) e normative Eurocode.

	Combinazione carichi	Utilizzo max.	Stato
Ancoranti	Combinazione 1	50%	OK
Piastra di ancoraggio	Combinazione 1	43%	OK
Calcestruzzo	Combinazione 1	32%	OK
Profilo	Combinazione 1	74%	OK

L'ancoraggio risulta verificato!



Hilti Corporation
Feldkircherstrasse 100
FL-9494 Schaan
Principality of Liechtenstein

www.hilti.group

Technical data

**No. 17/0002
of 22/05/2017**

General Part

Trade name	Injection system Hilti HIT-RE 500 V3
Scope of document	HIT-RE 500 V3 for use in natural stone applications
Assessment by	Hilti Corporation Business Unit Anchor Feldkircherstrasse 100 FL-9494 Schaan Principality of Liechtenstein
This assessment contains	5 pages which form an integral part of this assessment
Basis of Technical data assessment	TWU-44/16 (issued: 2017)
Author(s)	T. Zenk, M. Roessle

This document is subject to revision.

Revision log

Version	Date	Comment
1.0	22.05.2017	First release

Hilti HIT-RE 500 V3 in rock base material

The injection mortar system Hilti HIT-RE 500 V3 is a chemical anchor system qualified for anchor and post-installed rebar connections according to the latest guidelines in Europe and US (see [1], [2] and [3]).

Note: Rebar connections in rock material are not covered by any codes or regulations.

Tests and results

Pull-out tests with Hilti HIT-RE 500 V3 and rebar $d = 25$ mm were performed at the Hilti test lab in Schaan, Liechtenstein. The following four rock types were tested:

- Gneissic rock ($f_{um} = 145$ MPa)
- Granite rock ($f_{um} = 183$ MPa)
- Basalt rock, type Bengal Black ($f_{um} = 343$ MPa)
- Basalt rock, type Indian Black ($f_{um} = 314$ MPa)

Note: compressive strength f_{um} has been measured on cored cylinders with $h = 100$ mm and $d = 100$ mm.





The tests (5 samples in each rock type) were performed at standard ambient temperature in confined condition (narrow support) to provoke bond failure of the mortar and avoid cone failure of the base material. The reinforcing bars were installed with compressed air cleaning according to the manufacturer instruction [4].

The test results are summarized in Table 1:

Rock specification		Gneiss	Granite	Bengal Black	Indian Black
Compressive strength f_{um} ¹⁾	[MPa]	145	183	343	314
Nominal rebar diameter d	[mm]	25	25	25	25
Drilling diameter d_0	[mm]	32	32	32	32
Embedment depth h_{ef}	[mm]	75	75	75	75
Ultimate load $N_{u,test1}$	[kN]	165.1	159.1	230.0	184.4
Ultimate load $N_{u,test2}$	[kN]	163.2	160.7	209.8	179.3
Ultimate load $N_{u,test3}$	[kN]	175.7	159.2	210.9	184.3
Ultimate load $N_{u,test4}$	[kN]	180.9	159.4	203.7	143.7
Ultimate load $N_{u,test5}$	[kN]	147.5	123.3	203.2	-
Mean ultimate load N_{um}	[kN]	166.5	152.3	211.5	172.9
Mean bond strength τ_{um}	[MPa]	28.3	25.9	35.9	29.4
Coef. of variation CoV	[%]	7.7	10.7	5.2	19.6
Failure mode		Pull out	Pull out	Pull out	Splitting

¹⁾ compressive strength f_{um} has been measured on cored cylinders with $h = 100$ mm and $d = 100$ mm

Table 1: Summary of test results Hilti HIT-RE 500 V3 in rock, detailed information given in [5]

			
Gneiss	Granite	Bengal Black	Indian Black ¹⁾

1) The rock "Indian black" was so brittle that it split at failure load.

Table 2: Photos of test samples during or after testing with Hilti HIT-RE 500 V3 and rebar d = 25 mm, detailed information given in [5]

The following notes are important to consider:

- The data only concerns the bond at the interface between the reinforcing bars and the rock.
- Other failure modes related to the rock itself may occur, therefore it is the sole responsibility of the design engineer to ensure the transfer of the forces into the surrounding rock according to the principles of Rock Mechanics.
- All tests are confined at room temperature.
- The data are based on hammer-drilled, dry holes cleaned with compressed air and injected according to the manufacturer's instruction [4]. Deviations in the installation procedure may lead to poor performance of the product.
- The data refer only to the base materials as tested.
- The data do not include any provision for influence of the base material or environment on the bond strength.

The following parameters have not been tested according to [6]:

- Functioning under sustained loads
- Failure under increasing temperature (fire)
- Corrosion resistance of rebar
- Durability of mortar
- Functioning under freeze / thaw conditions
- Installation safety in wet rock conditions

Design of rock anchoring applications:

Hilti is not familiar with design for rock anchoring applications. Especially the behavior of the base material e.g. cracks or clefts is dependent on local situations and can't be predicted by Hilti. Therefore, it is recommended to consult specialists (geologist and geotechnical engineers) for the design of rock anchoring.

However, the performed tests show that there is a high bond strength between the reinforcing bar and the rock with Hilti HIT-RE 500 V3. Since there is a lack of criteria to assess the design bond strength of chemical anchor systems for rock applications Hilti recommends to proceed for this application in an analogous way compared to the approach for post-installed rebar connections according to [6].

The design bond strength considers pull-out failure of the tested base material only. The results of the assessment valid for the tested materials is given in Table 3.

Other failure modes e.g. steel failure or failure of the base material has to be considered separately.

Rock specification		Gneiss	Granite	Bengal Black	Indian Black
Compressive strength f_{um} ¹⁾	[MPa]	145	183	343	314
Nominal rebar diameter d	[mm]	25	25	25	25
Drilling diameter d_0	[mm]	32	32	32	32
Recommended design bond strength f_{bd}	[MPa]	4,3	4,3	4,3	4,3

¹⁾ compressive strength f_{um} has been measured on cored cylinders with $h = 100$ mm and $d = 100$ mm

Table 3: Recommended design bond strength f_{bd} for Hilti HIT-RE 500 V3 in the tested base material

Remarks:

- The bond strength f_{bd} according to Table 3 fulfills the safety requirements of post-installed rebar connections according to [6].
- The recommended bond strength f_{bd} values shall not be used for diamond cored holes since no tests have been performed in cored holes.
- Values applies for temperature range 24 °C long term / 40 °C short term only.
- Installation must follow the manufacturer's instruction for use [4]. Cleaning: Compressed air and use steel brushes is required.
- Drilled hole diameters and setting parameters shall follow manufacturer's instruction for use [4].

Signature / Department

29.05.2017

30.05.2017

X 

Michael Röble
Group Manager Approval & TechData
Signiert von: Roessle Michael

X 

Thomas Zenk
Approvals & Technical Data
Signiert von: Zenk Thomas

References:

- [1] ETA-16/0142 European Technical Assessment: Post installed rebar connections diameter 8 to 40 mm made with Hilti HIT-RE 500 V3, issued 07.11.2016
- [2] ETA-16/0143 European Technical Assessment: Bonded fastener with threaded rods, rebar, internally sleeve and Hilti tension anchor HZA for use in concrete, issued from 30.11.2016
- [3] ESR-3814, Hilti HIT-RE 500 V3 Adhesive anchors and post-installed reinforcing bar connections in cracked and uncracked concrete, issued 01/2017
- [4] Hilti instruction for use (IFU) Hilti HIT-RE 500 V3, 2017
- [5] Hilti test report TWU-44/16, 2017
- [6] EAD 330087-00-0601: Adopted European Assessment Document according to Regulation (EU) № 305/2011, Annex II 7: Systems for post-installed rebar connections with mortars