



COMUNE CANTAGALLO

AREA TECNICA

MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA DI COMPETENZA COMUNALE VIA DI PERTUGIATA

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO -

Responsabile Unico del Procedimento:
ARCH. NICOLA SERINI - Area Tecnica

Progettista:

ING. EMILIANO VANNINI
D.T Sintesi Ingegneria srl



via Bure Vecchia nord 115
51100 - Pistoia (PT)
cel.339.3676123
e.mail: sintesingegneria@gmail.com
pec: sintesingegneria@pec.it



Collaborazione:
ING. FRANCESCA SCARSELLI

RELAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURE IN OPERA

R4

elaborato

DATA: Novembre 2022

EMIS.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
01	NOV / 2022	Emissione progetto DEFINITIVO - ESECUTIVO	E.V	E.V	E.V



COMUNE CANTAGALLO

AREA TECNICA

**MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA
DI COMPETENZA COMUNALE
VIA DI PERTUGIATA**

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO -

**RELAZIONE SPECIALISTICA
STRUTTURE IN OPERA**

1.	PREMESSA	1
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	1
3.	DESCRIZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI	1
4.	MATERIALI ADOTTATI - COPRIFERRO	2
5.	VERIFICHE STRUTTURALI CORDOLO/SOLETTA ANCORAGGIO BARRIERA	2
5.1	ANALISI DEI CARICHI	2
5.2	VERIFICA A TENSOFFLESSIONE DELLA SEZIONE DELLA “SOLETTA ZAVORRA”	4
5.3	VERIFICA ANCORAGGIO TIRAFONDI BARRIERA TIPO STRADALE.....	5
5.4	VERIFICHE DI EQUILIBRIO A RIBALTAMENTO E SCORRIMENTO	6
6.	VERIFICHE STRUTTURALI SPALLETTA IN C.A SEZIONE “L”	7
6.1	ANALISI DEI CARICHI	7
6.2	VERIFICHE DI RESISTENZA	8
6.3	VERIFICHE DI EQUILIBRIO A RIBALTAMENTO E SCORRIMENTO	10
7.	ALLEGATI - TABULATI DI CALCOLO SOFTWARE.....	11

1. PREMESSA

La presente relazione specialistica ha per oggetto le *opere strutturali relative all'intervento di manutenzione straordinaria di alcune tratte di barriere stradali nel Comune di Cantagallo lungo la via di Pertugiata*.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche vengono condotte in ottemperanza alle seguenti normative:

- D.M. 17/01/2018 pubblicato su S.O. n. 8 alla G.U. 20 febbraio 2018, n.42: "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare Esplicativa del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7 del 21/01/2019 pubblicata su S.O. n.5 alla G.U. 11 febbraio 2019, n.35: "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/18";

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI

La presente relazione di calcolo è relativa alle realizzazione delle seguenti opere, identificate nei grafici generali ed esecutivi di dettaglio:

- **intervento particolare costruttivo tipo 1:** realizzazione di cordolo in c.a. con soletta di zavorra per consentire l'installazione, in sostituzione delle esistenti, di nuova barriera H2 bordo opera d'arte in due tratti separati della strada. Lo scopo di tale cordolo è esclusivamente quello di alloggiare la barriera stradale fornendo un adeguato contrappeso laddove la presenza di un arginello di larghezza estremamente contenuta e medio-alta acclività del pendio non consente la soluzione di infissione di montanti anche maggiorati. Tale manufatto presenta una soletta di spessore costante 30cm e larghezza in pianta di 160cm con all'estremità un cordolo rialzato 45x60cm a costituire la sede di ancoraggio del dispositivo di ritenuta stradale. La realizzazione di tale corpo d'opera consente quindi di coniugare l'ottenimento di un idoneo supporto alla suddetta barriera con la protezione del ciglio stradale da locali fenomeni erosivi e di dilavamento per corrivazione dell'acqua di piattaforma.
- **intervento particolare costruttivo tipo 2:** ripristino di una spalletta a protezione di un piccolo dislivello in corrispondenza di un tombino idraulico sul lato di monte della sede stradale all'altezza del bivio per via di Migliana, con la realizzazione di un paramento in c.a. con sezione ad L rivestito in pietra. Tale elemento è caratterizzato da un'altezza finita del paramento verticale (dal finito del piano viario alla sommità della cimasa in pietra) di almeno 110cm, come rilevabile nei grafici esecutivi. Presenta una soletta in c.a di spessore 25cm ed un setto verticale di 20cm. Tali dimensioni consentono di ripristinare localmente la parte sommitale del muretto di sottoscarpa esistente in muratura lapidea, di altezza complessiva contenuta, avente originariamente la funzione di parapetto e che risulta al momento crollato, garantendo la possibilità di un rivestimento lapideo di continuità estetica senza restringere l'attuale sede stradale. Preme indicare che il nuovo paramento in c.a non ha alcuna interferenza di tipo strutturale sulla sottostante compagine muraria esistente oggetto di manutenzione con pulizia e rifacimento locale ricorsi; è dimensionato per resistere in modo autonomo all'azione di urto di un veicolo garantendo condizioni di equilibrio per scorrimento/ribaltamento di corpo rigido; risulta in sostanza inquadrabile come intervento locale ricondotto alla fattispecie di quelli privi di rilevanza e soggetti al deposito del progetto ex art.93 DPR.380/01 presso l'amministrazione comunale di competenza.

4. MATERIALI ADOTTATI - COPRIFERRO

I materiali adottati sono i seguenti:

Calcestruzzo per magroni:

- classe di resistenza C12/15
- classe di esposizione XC0
- classe di consistenza S3
- diametro massimo inerte 32mm

Calcestruzzo per cordoli/solette di ancoraggio barriere stradali:

- classe di resistenza C35/45
- classe di esposizione XC4-XD3-XF4
- classe di consistenza S4
- diametro massimo inerte 20mm

Calcestruzzo spalletta tombino (interamente rivestita in pietra):

- classe di resistenza C28/35
- classe di esposizione XC3
- classe di consistenza S4
- diametro massimo inerte 20mm

Acciaio per calcestruzzo: B450C

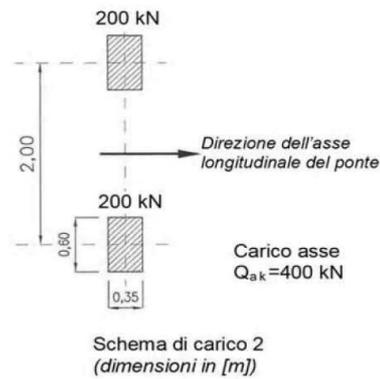
Per quanto tutti gli elementi in classe di esposizione XC4-XD3-XF4 (condizioni molto aggressive), siano questi assimilabili o meno a piastre, si assume un copriferro di 45mm con una tolleranza di posa di 10mm, così che il copriferro prescritto è di 55mm.

Per quanto concerne gli elementi in classe di esposizione XC2 o XC3 (condizioni ordinarie), trattandosi di elementi tutti a piastra, si assume un copriferro di 20mm con una tolleranza di posa di 10mm, così che il copriferro prescritto è di 30mm.

5. VERIFICHE STRUTTURALI CORDOLO/SOLETTA ANCORAGGIO BARRIERA

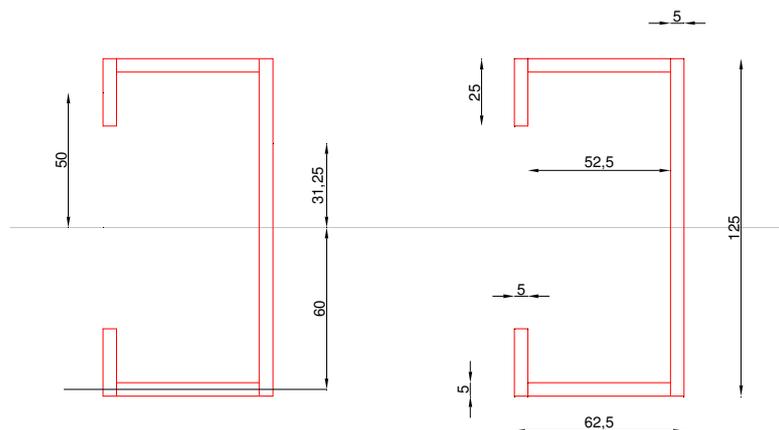
5.1 ANALISI DEI CARICHI

Vista la funzione specialistica dell'opera, ovvero esclusivamente quella di supporto della barriera stradale come meglio argomentato precedentemente, viene presa in considerazione la **condizione di carico di tipo "eccezionale" simulante l'urto di un veicolo sul dispositivo di ritenuta installato**. A questa si assocerà concomitante lo **schema di carico 2 del capitolo 5 del D.M. 17/01/18** rappresentante la presenza di un veicolo in prossimità dello stesso guardrail: due carichi concentrati da 20t ciascuno su impronte 35x60cm ad interasse di 2m:



Per quanto concerne lo specifico dell'**azione orizzontale derivante dall'urto** vero e proprio si è deciso di adottare uno dei possibili approcci suggeriti dalla vigente normativa (*paragrafo 5.1.3.10 del D.M. 17/01/18 e paragrafo C5.1.3.10 della relativa circolare esplicativa*), ovvero quello che fa riferimento alla *massima azione trasmissibile dalla barriera medesima in virtù della plasticizzazione alla base dei montanti metallici*.

Si è provveduto quindi a determinare l'azione orizzontale in esame in riferimento ad un particolare modello commerciale di barriera **H2 bordo opera d'arte** compatibile con le dimensioni geometriche del cordolo in esame di larghezza pari a 60cm. La sezione geometrica ad U del montante, in **acciaio S355**, viene rappresentata nell'illustrazione sottostante, unitamente alle quote indispensabili per la determinazione del momento di plasticizzazione (indicazioni reperite nel rapporto di crash test specifico al paragrafo descrittivo del sistema dispositivo). Cautelativamente il momento di plasticizzazione viene calcolato come se la sezione fosse in classe 1 o 2, ovvero prescindendo dalla reale classe della sezione, in modo da massimizzare il valore stesso di tale sollecitazione. Il momento plastico verrà infine determinato in riferimento al valore caratteristico della tensione di snervamento, senza considerare cioè l'abbattimento del fattore $\gamma=1.05$.



$$M_{pl} = 3550 \times (2.5 \times 0.5) \times 2 \times 5 + 3550 \times (5.25 \times 0.5) \times 2 \times 6 + 3550 \times (6.25 \times 0.5) \times 2 \times 3.125 = 225536 \text{ Kgcm} = 2256 \text{ Kgm}$$

Secondo i dettami normativi, essendo il modello di barriera considerato di altezza 110cm, l'azione orizzontale da urto andrà considerata come agente ad un'altezza di 1m. Tenendo conto dell'interasse tra i montanti pari a 2.25m (associabile comunque ad alcune barriere in commercio compatibili con il sedime di impianto) si avrà un'azione da urto alla base dei montanti, ovvero alla testa del cordolo/soletta di ancoraggio, data da una forza orizzontale per metro lineare e da una coppia con i seguenti valori:

$$M=2256/2.25=1003\text{Kg/m}$$

$$F=1003/1=1003\text{Kg/m}$$

La normativa impone di **amplificare solo l'azione orizzontale del fattore 1.5**. Nel caso specifico, seppure sia fisicamente impossibile che la sezione del montante trasmetta più del momento plastico, si decide cautelativamente di amplificare anche il valore del momento, così che le azioni esterne eccezionali da applicare per metro lineare (tendendo conto dell'interessamento di più di un singolo montante nell'urto) risultano:

$$M_{Ed}=1003 \times 1.5=1505\text{Kg/m}$$

$$F_{Ed}=1003 \times 1.5=1505\text{Kg/m}$$

Allo stesso tempo, le sollecitazioni per la verifica locale della tassellatura della barriera al cordolo in c.a. si otterranno rimoltiplicando i precedenti valori al metro lineare per l'interesse di 2.25m ottenendo:

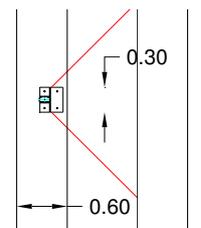
$$M_{Ed}=2256\text{Kg/m}=22.56\text{KNm} \text{ (azione flettente alla base del singolo montante in conseguenza dell'urto)}$$

$$V_{Ed}=3384\text{Kg}=33.84\text{KN} \text{ (azione tagliante alla base del singolo montante in conseguenza dell'urto).}$$

(in questo caso si amplifica il solo taglio di 1.5)

5.2 VERIFICA A TENSOFLESSIONE DELLA SEZIONE DELLA "SOLETTA ZAVORRA"

Cautelativamente si considera reagente la sezione di soletta in c.a. "unitaria" 100x30(h)cm prescindendo dalla possibile diffusione a 45° delle azioni dovute all'urto che attraverso il montante metallico arrivano ad agire sul sottostante supporto strutturale secondo lo schema semplificato e tipologico sotto riportato:



Vista dall'alto cordolo e soletta

Le sollecitazioni di verifica amplificate sono come già esplicitato: $N_{Ed}=33.84\text{KN}$ (trazione); $M_{Ed}=33.84\text{KNm}$

Si effettua la verifica in riferimento all'armatura prevista costituita da 1+1 d=14mm passo 20cm e cls C35/45.

Trattandosi di sollecitazioni derivanti da una combinazione di carico eccezionale (urto veicolo) si possono effettuare le verifiche assumendo $\gamma_M=1$ per i materiali; a favore di sicurezza si prescinde da questa opzione.

Verifica C.A. S.L.U. - File: TENSOFLESSIONE soletta

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : **verifica soletta zavorra ancoraggio barriera**

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	7,7	6,2
			2	7,7	23,8

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} -33,84 0 kN
 M_{xEd} -33,84 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

Materiali
 B450C C35/45
 ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 19,83 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 13,5 ‰
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,8
 τ_{c1} 2,257

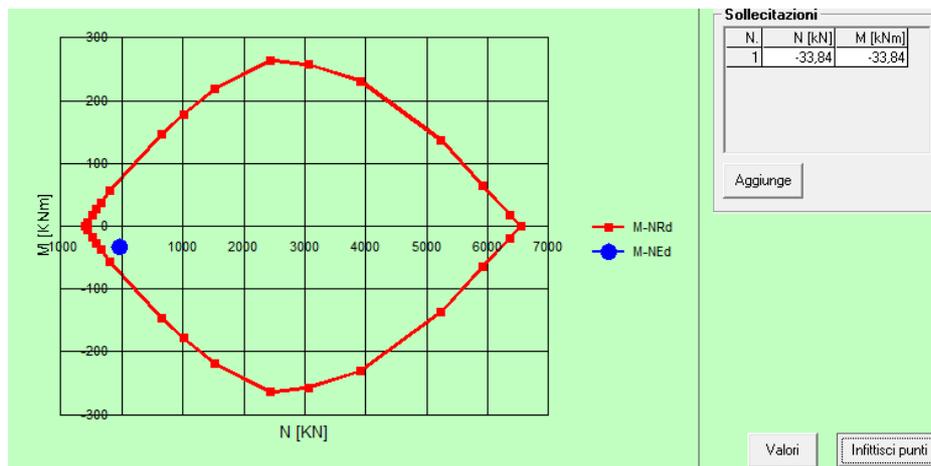
M_{xRd} 76,92 kN m
 σ_c -19,83 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 20,04 ‰
 d 23,8 cm
 x 3,539 x/d 0,1487
 δ 0,7

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L_o 0 cm Col. modello
 Precompresso

MRd=76.92KNm > MEd=33.84KNm



5.3 VERIFICA ANCORAGGIO TIRAFONDI BARRIERA TIPO STRADALE

La verifica viene condotta in riferimento alle sollecitazioni (combinazione eccezionale):

M_{Ed}=2256Kg_m=22.56KNm (azione flettente alla base del singolo montante in conseguenza dell'urto)

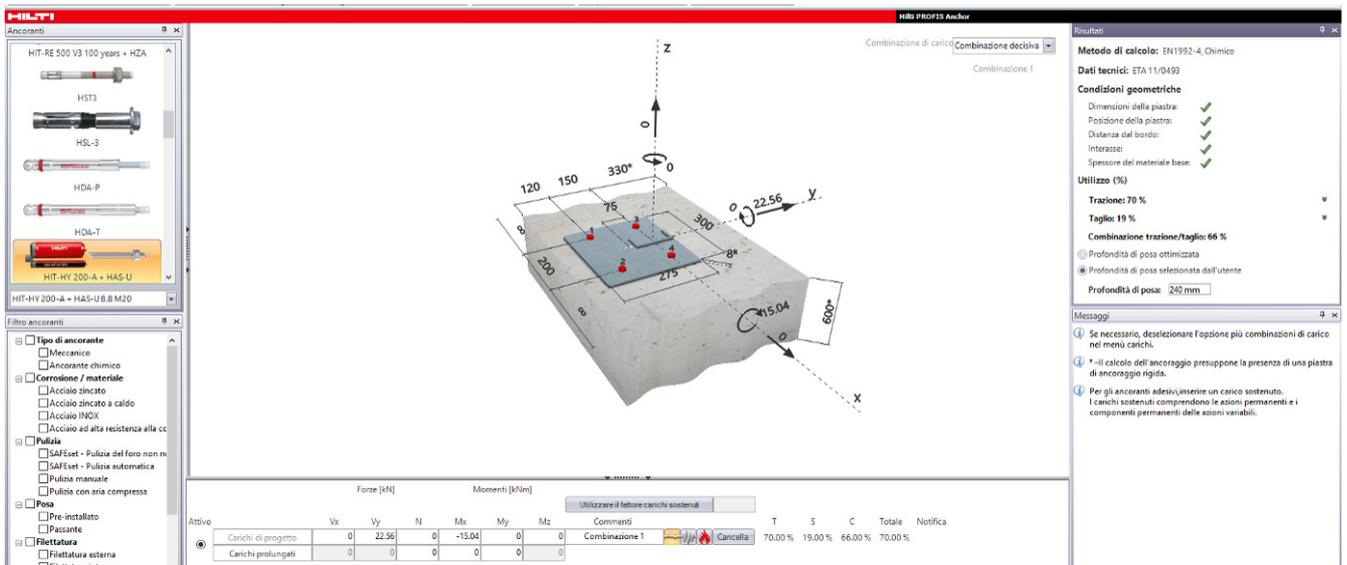
V_{Ed}=3384Kg=33.84KN (azione tagliante alla base del singolo montante in conseguenza dell'urto)

ed in riferimento alla geometria della piastra di base del particolare modello commerciale di barriera H2 bordo opera d'arte presa a riferimento per la presente sollecitazione.

La verifica viene eseguita attraverso il software HILTI PROFIS ANCHOR. Poiché il programma non consente di assumere valori $\gamma_M=1$ si abbattano i valori delle sollecitazioni di 1.5 (pari al coefficiente γ di abbattimento delle resistenze operato dal software), per cui i valori di verifica risultano in definitiva:

M_{Ed}=15.04KNm

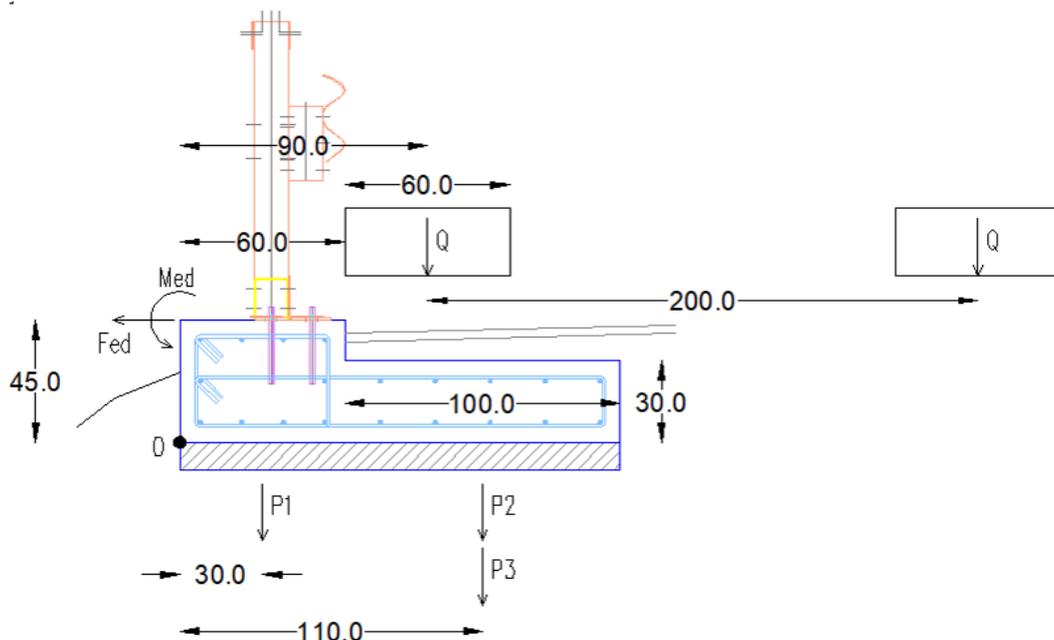
V_{Ed}=22.56KN



La verifica di ancoraggio risulta soddisfatta nella configurazione che prevede 4 barre filettate M20 classe 8.8 inghisate per 24cm nel cls classe C34/45 con impiego di resina tipo HILTI-HY 200-A. La tipologia di resina indicata è puramente indicativa, a dimostrazione del fatto che in commercio esistono prodotti in grado di condurre al soddisfacimento delle verifiche richieste. Si potranno utilizzare altri prodotti commerciali di caratteristiche meccaniche non inferiori con onere di aggiornamento della verifica (sia in conseguenza del modello installato che della resina effettivamente impiegata) a carico dell'impresa appaltatrice. E comunque in accordo al manuale di installazione del produttore del dispositivo di ritenuta. In allegato il report delle verifiche.

5.4 VERIFICHE DI EQUILIBRIO A RIBALTAMENTO E SCORRIMENTO

Si prenda a riferimento il seguente schema geometrico con indicazione dei carichi previsti:



Ricordiamo che le azioni eccezionali dovute all'urto per metro lineare sono le seguenti:

$$MEd = 1003 \times 1.5 = 1505 \text{ Kg/m}$$

$$F_{Ed} = 1003 \times 1.5 = 1505 \text{ Kg/m}$$

(alla base della barriera con braccio dal punto di rotazione "O" pari a 45cm)

A stabilizzare il sistema intervengono invece:

- il peso P1 (G1) della barriera e della porzione di cordolo 60x45cm: $0.6 \times 0.45 \times 2500 + 40 = 715 \text{ Kg/m}$ (braccio da O pari a 30cm)
- il peso P2 (G1) della restante soletta in c.a. 100x30cm: $1.0 \times 0.3 \times 2500 = 750 \text{ Kg/m}$ (braccio da O pari a 110cm)
- il peso P3 (G2) del pacchetto di finitura in c.b. presente sulla soletta (10cm) = $1.0 \times 0.1 \times 2200 = 220 \text{ Kg/m}$ (braccio da O pari a 110cm)
- l'impronta di carico Q da 20000Kg dello schema 2 "veicolo" concomitante all'urto (braccio da O 90cm)

Trattandosi di verifiche in combinazione eccezionale non si amplificano di 1.5 né le azioni orizzontali legate all'urto né il carico verticale veicolare Q (concomitante all'urto). Si riducono invece di 0.9 i contributi di tipo G1 e di 0.8 quelli di tipo G2. Si ha quindi:

Verifica a ribaltamento:

momento instabilizzante: $M_{Ed} + F_{Ed} \times 0.45 = 2183 \text{ Kg/m}$

momento stabilizzante: $0.9 \times 715 \times 0.3 + 0.9 \times 750 \times 1.1 + 0.8 \times 220 \times 1.1 + 20000 \times 0.9 = 19129 \text{ Kg/m}$

F.S. a ribaltamento $8.76 > 1.15$

Verifica a scorrimento (si assume un coefficiente di attrito μ pari alla tangente dell'angolo di attrito di 28°):

azione orizzontale instabilizzante: 1505 Kg/m

azione orizzontale stabilizzante: $(0.9 \times 715 + 0.9 \times 750 + 0.8 \times 220 + 20000) \times \tan 28^\circ = 11428 \text{ Kg/m}$

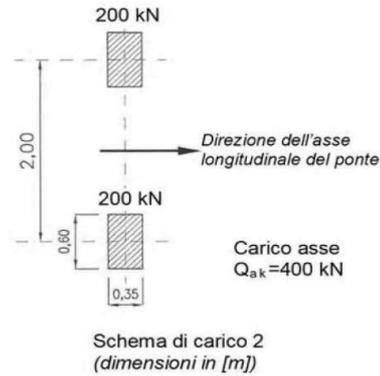
F.S. a scorrimento $7.60 > 1.10$

6. VERIFICHE STRUTTURALI SPALLETTA IN C.A SEZIONE "L"

6.1 ANALISI DEI CARICHI

Si considera l'azione da urto veicolo suggerita dalle NTC2018 (punto 3.6.3.3.2), ovvero una **forza concentrata di 10'000Kg** applicata cautelativamente alla quota di 1m dal piano stradale, ovvero ad una distanza di 1.10m dall'incastro della soletta di fondazione. Trattandosi di combinazione di carico eccezionale il sopradetto carico non sarà ulteriormente amplificato.

A questo si assocerà concomitante lo **schema di carico 2 del capitolo 5 del D.M. 17/01/18** rappresentante la presenza di un veicolo in prossimità dello stesso paramento: due carichi concentrati da 20t ciascuno su impronte 35x60cm ad interasse di 2m:



6.2 VERIFICHE DI RESISTENZA

In definitiva le sollecitazioni di calcolo agenti sul paramento risultano:

$$M_{Ed} = 10'000 \times 1.1 \text{ m} = 11000 \text{ Kgm} = 110 \text{ KNm}$$

$$V_{Ed} = 100 \text{ KN}$$

Considerando una diffusione del carico a 45° dal punto di applicazione sul paramento alla sezione di attacco alla soletta di fondazione si ottiene una "sezione resistente" di dimensioni $220 \times 20 \text{ cm}$. In riferimento all'armatura prevista di $1+1 \text{ d}=14 \text{ mm}$ passo 15 cm e cls $\text{C}28/35$, si ottengono le seguenti verifiche di resistenza (senza considerare la possibilità di un coefficiente per i materiali $\gamma_M=1.0$ trattandosi di azione eccezionale; ovvero agendo a favore di sicurezza):

Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica setto

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO: VERIFICA SPALLETTA_paramento verticale

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	220	20	1	21,56	3,7
			2	21,56	16,3

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 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		C28/35	
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}	15,87
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0,6667
		τ_{c1}	1,971

M_{xRd} 128,3 kNm
 σ_c -15,87 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 13,18 ‰
d 16,3 cm
x 3,42 x/d 0,2098
 δ 0,7023

$$MRd = 128.3 \text{ KNm} > MEd = 110 \text{ KNm}$$

La verifica a taglio viene condotta considerando la sezione non specificatamente armata allo scopo:

RESISTENZA A TAGLIO PER ELEMENTI PRIVI DI ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO (PAR.4.1.2.3.5.1 NTC'18)			
Asl	armatura longitudinale	2156	mmq
bw	larghezza minima della sezione	2200	mm
d	altezza utile della sezione	163	mm
k_eff	coefficiente dato da $1+(200/d)^{1.2}$	2,11	
kmin	min coefficiente k	2	
k	min(k_eff; k_min)	2	
ν min	coefficiente dato da $0.035*k^{(3/2)}*f_{ck}^{(1/2)}$	0,524	
ρ_{1_eff}	rapporto geometrico arm. Long.	0,006012	
ρ_{1_min}	min rapporto geometrico arm. Long.	0,02	
ρ_1	min(ρ_{1_eff} ; ρ_{1_min})	0,006012	
fck	resistenza caratteristica a compressione	28	N/mm ²
γ_c	coefficiente di sicurezza - cls	1,5	
Vrd_eff	resistenza al taglio per elementi privi di staffe	22057	Kg
Vrd_min	minima resistenza al taglio per elementi privi di staffe	18785	Kg
Vrd	max(Vrd_eff; Vrd_min)	22057	Kg

$$VRd=220KN > VEd=100KN$$

Allo stesso tempo si ripete la verifica per la sezione della soletta di fondazione 220x25(h)cm armata con 1+1 d=12mm passo 15cm, in regime di tenso flessione: $M_{Ed}=110KNm$ $V_{Ed}=100KN$ (trazione) (ancora senza considerare la possibilità di un coefficiente per i materiali $\gamma_M=1.0$ trattandosi di azione eccezionale)

Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica soletta

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO : VERIFICA SPALLETTA_soletta di base

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm ²]	d [cm]
1	220	25	1	15,82	3,6
			2	15,82	21,4

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} -100 0 kN
M_{xEd} 110 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. + Metodo n
Tipo Flessione Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
Precompresso

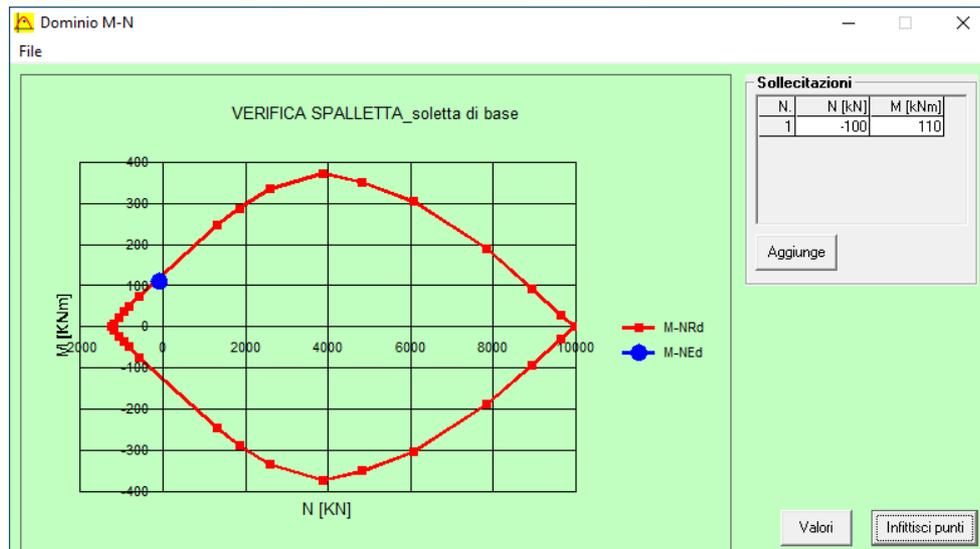
Materiali

B450C C28/35

ϵ_{su} 67,5 % ϵ_{c2} 2 %
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 %
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 15,87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 % $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{c1} 1,971

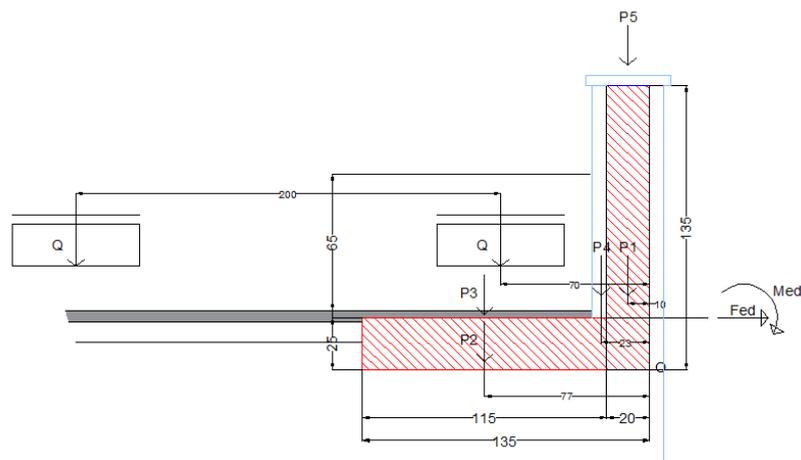
M_{xRd} 120,8 kNm
 σ_c -15,87 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 %
 ϵ_s 22,73 %
d 21,4 cm
x 2,855 x/d 0,1334
 δ 0,7

$$MRd=120.8KNm > MEd=110KNm$$



6.3 VERIFICHE DI EQUILIBRIO A RIBALTAMENTO E SCORRIMENTO

Si prenda a riferimento il seguente schema geometrico con indicazione dei carichi previsti:



Ricordiamo le azioni eccezionali dovute all'urto:

$$MEd=10'000Kgm$$

$$FEd=10'000Kg$$

(alla base del setto verticale con braccio rispetto al punto di rotazione "O" pari a 0.25m)

In relazione alla sezione resistente precedentemente individuata, per effettuare la verifica di ribaltamento e scorrimento si considerano coerentemente le masse agenti sullo sviluppo longitudinale di paramento di 220cm; ne consegue che a stabilizzare il sistema intervengono le seguenti azioni:

- Il peso P1 (categoria permanente strutturale - G1) del paramento verticale del muro in c.a. di spessore 20cm ed altezza pari a 110cm: $2500 \times 0.2 \times 1.1 \times 2.2 = 1210Kg$ (braccio dal punto di rotazione "O" pari a 0.1m)
- Il peso P2 (G1) della soletta in c.a. di base di larghezza pari a 115cm e spessore pari a 25cm: $2500 \times 0.25 \times 1.15 \times 2.2 = 1581Kg$ (braccio da "O" pari a 0.775m)

- Il peso P3 (categoria permanente “non” strutturale - G2) del conglomerato bituminoso del piano viario di spessore minimo 4cm presente sul tratto considerato di soletta in c.a.: $2200 \times 0.04 \times 1.15 \times 2.2 = 222 \text{Kg}$ (braccio da “O” pari a 0.775m)
- Il peso P4 (G2) del rivestimento in pietra (lato strada) di spessore 5cm ed estensione pari allo sviluppo verticale del muro: $2300 \times 0.05 \times 1.1 \times 2.2 = 278 \text{Kg}$ (braccio da “O” pari a 0.225m)
- Il peso P5 (G2) della cimasa in pietra di sommità: $2300 \times 0.03 \times 0.4 \times 2.2 = 60 \text{Kg}$ (braccio da “O” pari a 0.1m)
- L'impronta di carico accidentale stradale da 20'000Kg concomitante all'urto – “schema di carico 2” ex NTC art.5.1.3.10 (braccio da “O” 0.70m)

Il tutto come meglio illustrato nello schema grafico sopra riportato.

Trattandosi di una situazione di **combinazione eccezionale di azioni accidentali** non si amplificano né le forze orizzontali ed i momenti legati all'urto né il carico verticale stradale su impronta di cui allo schema 2 concomitante all'urto stesso. Si riducono invece di 0.9 i contributi di tipo permanente strutturale “G1” e di 0.8 quelli di tipo portato “G2”. Si hanno quindi le seguenti verifiche di equilibrio di corpo rigido:

Verifica a ribaltamento:

momento instabilizzante: $M_{Ed} + F_{ed} \times 0.25 = 12'500 \text{Kgm}$

momento stabilizzante: $0.9 \times 1210 \times 0.1 + 0.9 \times 1581 \times 0.775 + 0.8 \times 222 \times 0.775 + 0.8 \times 278 \times 0.225 + 0.8 \times 66 \times 0.1 + 20'000 \times 0.7 = 15405 \text{Kgm/m}$

F.S. a ribaltamento $1.232 > 1.15 \rightarrow$ VERIFICA SODDISFATTA

Verifica a scorrimento (si assume un coefficiente di attrito μ pari alla tangente dell'angolo di attrito di 28° plausibile per una massicciata di fondazione stradale):

azione orizzontale instabilizzante: 10'000Kg

azione orizzontale stabilizzante: $(0.9 \times 1210 + 0.9 \times 1581 + 0.8 \times 222 + 0.8 \times 278 + 0.8 \times 66 + 20000) \times \tan 28^\circ = 12208 \text{Kg}$

F.S. a scorrimento $1.22 > 1.1 \rightarrow$ VERIFICA SODDISFATTA

7. ALLEGATI - TABULATI DI CALCOLO SOFTWARE

Segue il tabulato dei calcoli “HILTI PROFIS ANCHOR”

il progettista

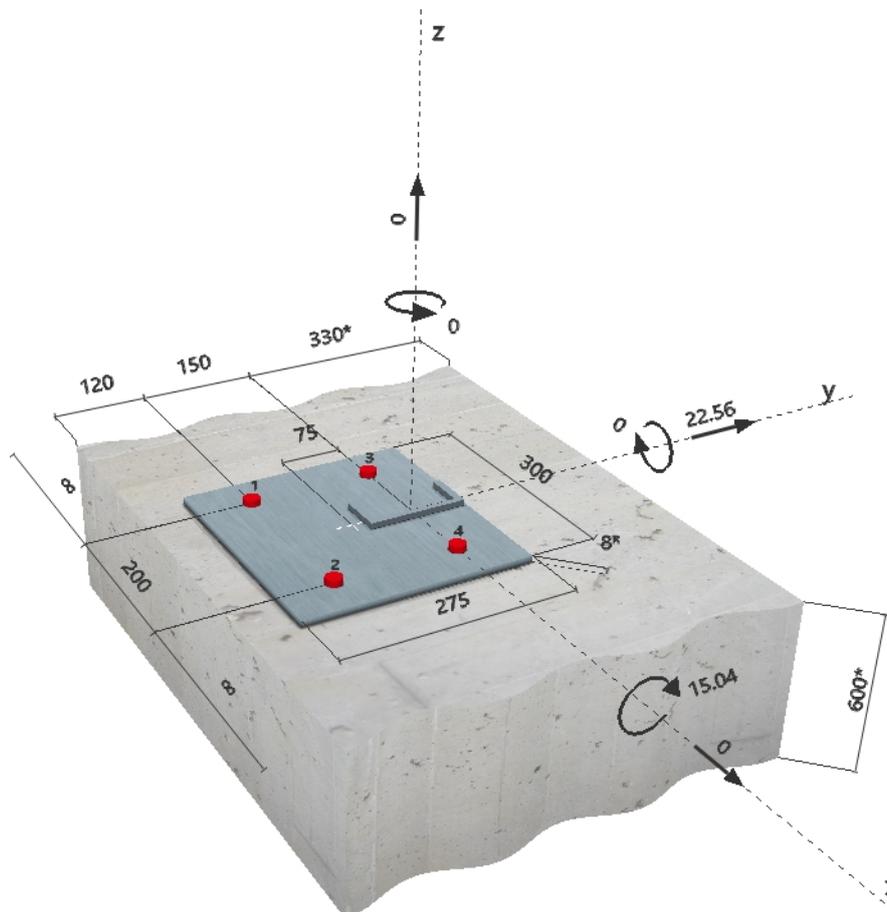
Ing. Emiliano Vannini

D.T SINTESI INGEGNERIA srl

Commenti del progettista:
1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-HY 200-A + HAS-U 8.8 M20	
Return period (service life in years):	50	
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,act} = 240 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)	
Materiale:	8.8	
Certificazione No.:	ETA 11/0493	
Emesso Valido:	30/08/2019 -	
Prova:	metodo di calcolo EN 1992-4, Chimico	
Fissaggio distanziato:	$e_b = 0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 8 \text{ mm}$	
Piastra d'ancoraggio:	$l_x \times l_y \times t = 300 \text{ mm} \times 275 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)	
Profilo:	Profilo a U, U 120; ($L \times W \times T \times FT$) = $120 \text{ mm} \times 55 \text{ mm} \times 7 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}$	
Materiale base:	non fessurato calcestruzzo, C35/45, $f_{c,cyl} = 35.00 \text{ N/mm}^2$; $h = 600 \text{ mm}$, Temp. Breve/Lungo: $0/0 \text{ } ^\circ\text{C}$, fattore di sicurezza materiale parziale $\gamma_c = 1.500$	
Installazione:	Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto	
Armatura:	interasse delle armature $< 150 \text{ mm}$ (qualunque \emptyset) o $< 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) con armatura di bordo longitudinale $d \geq 12 +$ maglia chiusa (staffe) $s \leq 100$ Rinforzo per controllare la fessurazione in accordo a EN 1992-4, 7.2.1.7 (2) b) 2) presente	

^R - Il calcolo dell'ancoraggio presuppone la presenza di una piastra di ancoraggio rigida.

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]


www.hilti.it

Impresa:
Progettista:
Indirizzo:
Telefono | Fax: |
E-mail:Pagina:
Progetto:
Contratto N°:
Data:

2

1.1 Carichi permanenti

N_{sus} [kN]	$M_{x,sus}$ [kNm]	$M_{y,sus}$ [kNm]
0.000	0.000	0.000

2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante (ULS)

Condizione di carico: Carichi di progetto

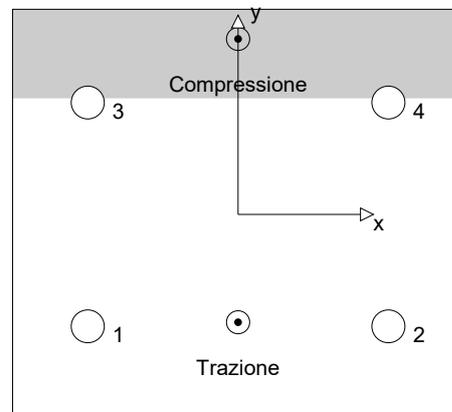
Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	38.883	5.640	0.000	5.640
2	38.883	5.640	0.000	5.640
3	0.722	5.640	0.000	5.640
4	0.722	5.640	0.000	5.640

Compressione max. nel calcestruzzo: 0.30 [‰]
Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: 8.85 [N/mm²]
risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/-72): 79.208 [kN]
risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/118): 79.208 [kN]

Le forze di ancoraggio vengono calcolate presupponendo una piastra di ancoraggio rigida.



Impresa:
Progettista:
Indirizzo:
Telefono | Fax: |
E-mail:

Pagina: 3
Progetto:
Contratto N°:
Data:

3 Carico di trazione (EN 1992-4, Sezione 7.2.1)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_N [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	38.883	130.667	30	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	79.208	157.683	51	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	79.208	114.437	70	OK
Fessurazione**	79.208	205.893	39	OK

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

3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
196.000	1.500	130.667	38.883

3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{p,N}$ [mm ²]	$A_{p,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,ucr,20}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]
475,031	383,688	18.00	619	310	120	35.00
ψ_c	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm ²]	k_3	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm ²]	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
1.063	19.14	11.000	16.05	1.000	1.000	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
0	1.000	72	0.811	0.816	1.000	
ψ_{sus}^0	α_{sus}	ψ_{sus}				
0.740	0.000	1.000				
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Ed} [kN]		
288.667	236.525	1.500	157.683	79.208		

Group anchor ID
1-4

3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]		
552,000	518,400	360	720	35.00		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	
0	1.000	72	0.833	0.800	1.000	
z [mm]	$\psi_{M,N}$	k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
190	1.000	11.000	241.960	1.500	114.437	79.208

Group anchor ID
1-4

3.4 Fessurazione

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]	
346,800	230,400	240	480	1.298	35.00	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
0	1.000	72	0.769	0.850	1.000	11.000
$N_{Rk,sp}^0$ [kN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rd,sp}$ [kN]	N_{Ed} [kN]			
241.960	1.500	205.893	79.208			

Group anchor ID
1-4

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)*	5.640	78.400	8	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	22.560	274.819	9	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y+**	22.560	120.409	19	OK

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

4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	k_7	$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
98.000	1.000	98.000	1.250	78.400	5.640

4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{e,N}$ [mm ²]	$A_{e,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]	k_8	
552,000	518,400	360	720	35.00	2.000	
$e_{c1,V}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$	$\Psi_{M,N}$
0	1.000	0	1.000	0.800	1.000	1.000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
11.000	241.960	1.500	274.819	22.560		
Group anchor ID						
1-4						

4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y+

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_9	α	β	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]
240	20.0	2.400	0.085	0.057	35.00
c_1 [mm]	$A_{c,V}$ [mm ²]	$A_{c,V}^0$ [mm ²]			
330	589,050	490,050			
$\Psi_{s,V}$	$\Psi_{h,V}$	$\Psi_{a,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\Psi_{ec,V}$	$\Psi_{re,V}$
1.000	1.000	1.000	0	1.000	1.000
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	k_T	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Ed} [kN]	
150.258	1.0	1.500	120.409	22.560	

Impresa:
 Progettista:
 Indirizzo:
 Telefono | Fax: |
 E-mail:

Pagina:
 Progetto:
 Contratto N°:
 Data:

5

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
0.298	0.072	2.000	10	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1.0$$

Rottura del calcestruzzo

β_N	β_V	α	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0.692	0.187	1.500	66	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1.0$$

6 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

N_{Sk}	=	0.535 [kN]	δ_N	=	0.002 [mm]
V_{Sk}	=	8.356 [kN]	δ_V	=	0.334 [mm]
			δ_{NV}	=	0.334 [mm]

Carichi a lungo termine:

N_{Sk}	=	0.535 [kN]	δ_N	=	0.004 [mm]
V_{Sk}	=	8.356 [kN]	δ_V	=	0.501 [mm]
			δ_{NV}	=	0.501 [mm]

Commenti: Gli spostamenti a trazione risultano validi con metà del valore della coppia di serraggio richiesta per non fessurato calcestruzzo! Gli spostamenti a taglio sono validi trascurando l'attrito tra il calcestruzzo e la piastra d'ancoraggio! Lo spazio derivante dal foro eseguito con perforatore e dalle tolleranze dei fori non viene considerato in questo calcolo!

Gli spostamenti ammissibili dell'ancorante dipendono dalla struttura fissata e devono essere definiti dal progettista!

7 Attenzione

- Fenomeni di redistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- La verifica del trasferimento dei carichi all'interno del materiale di base è richiesta in accordo con EN 1992-4, Allegato A!
- Il progetto è valido solo se le dimensioni del foro nell'elemento da fissare non è maggiore del valore dato in tabella 6.1 di EN 1992-4! Per diametri maggiori del foro vedere sezione 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 di $\Psi_{re,v}$ (rottura di bordo del calcestruzzo) si assume un copriferro per le armature di bordo $c = 30$ mm
- La pulizia del foro deve essere effettuata in conformità alle istruzioni di posa (soffiare con aria compressa due volte (min. 6 bar), spazzolare due volte, soffiare con aria compressa due volte (min. 6 bar)).
- 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)
- The characteristic bond resistances depend on the return period (service life in years): 50

L'ancoraggio risulta verificato!

Impresa:
 Progettista:
 Indirizzo:
 Telefono | Fax: |
 E-mail:

Pagina: 6
 Progetto:
 Contratto N°:
 Data:

8 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: -
 Profilo: Profilo a U, U 120; (L x W x T x FT) = 120 mm x 55 mm x 7 mm x 9 mm

Diametro del foro nella piastra: $d_f = 22$ mm

Spessore della piastra (input): 8 mm

Spessore della piastra raccomandato: non calcolato

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-HY 200-A + HAS-U 8.8 M20

Coppia di serraggio: 0.150 kNm

Diametro del foro nel materiale base: 22 mm

Profondità del foro nel materiale base: 240 mm

Spessore minimo del materiale base: 284 mm

8.1 Accessori richiesti

Perforazione

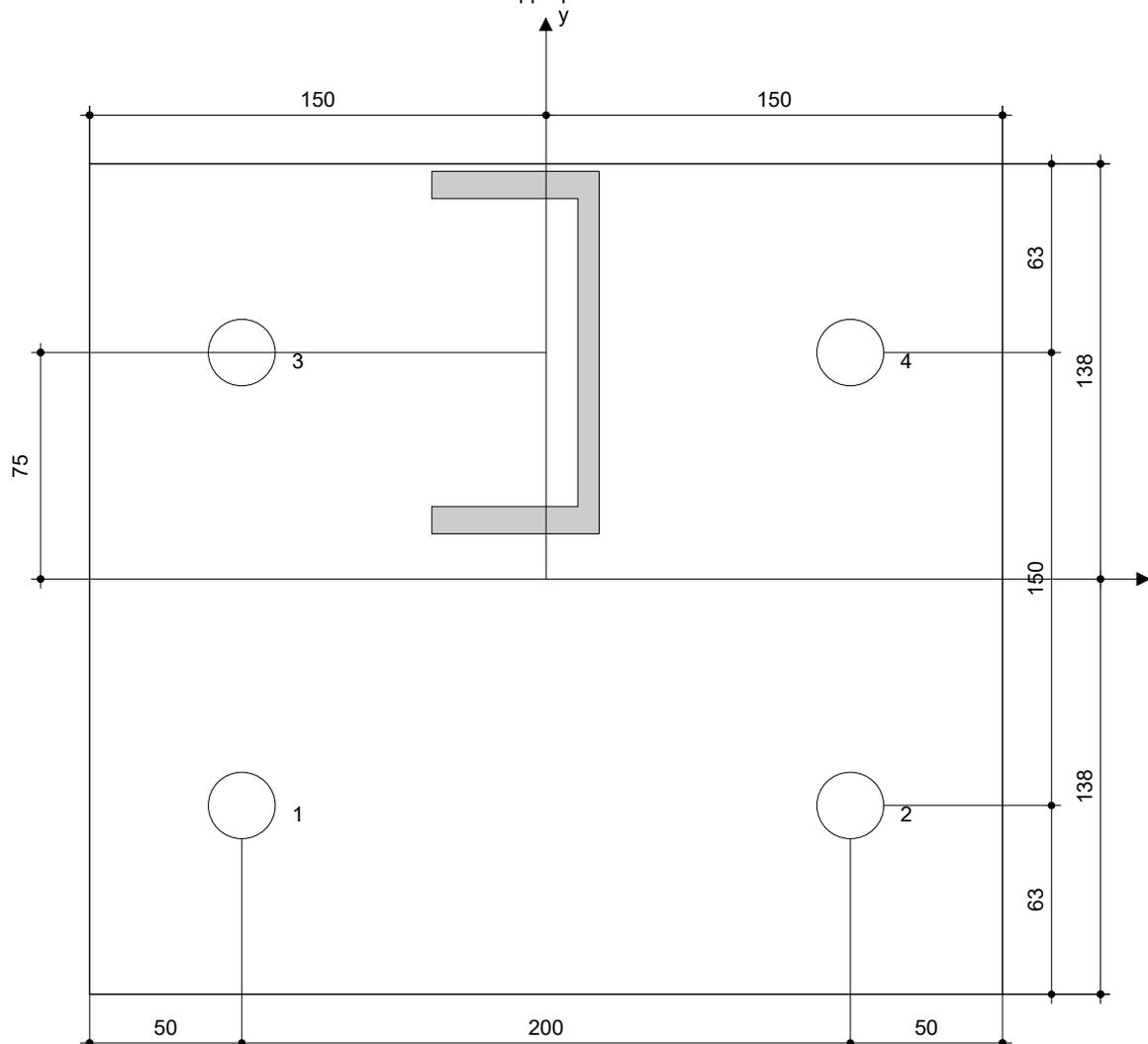
- Idoneo per rotopercussione
- Dimensione appropriata della punta del trapano

Pulizia

- Aria compressa con i relativi accessori necessari per soffiare a partire dal fondo del foro.
- Diametro appropriato dello scovolino

Posa

- Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore
- Chiave dinamometrica



Coordinate dell'ancorante [mm]

Ancorante	x	y	C _{-x}	C _{+x}	C _{-y}	C _{+y}
1	100	75	-	-	120	480
2	-100	75	-	-	120	480
3	100	-75	-	-	270	330
4	-100	-75	-	-	270	330