



HILTI ENGINEERING

3 april 2024

Marjan Vos-Pols

Hilti Nederland

Stufib

Studievereniging *fib*-Nederland



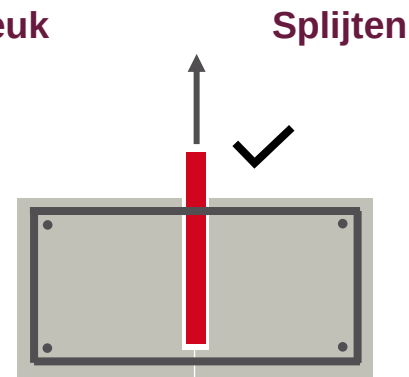
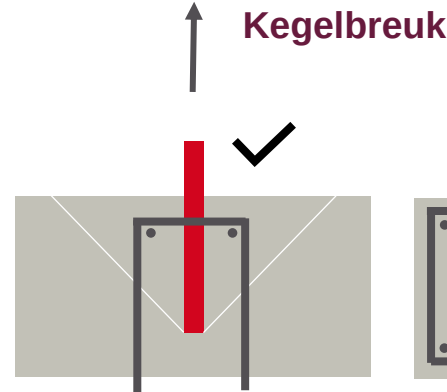
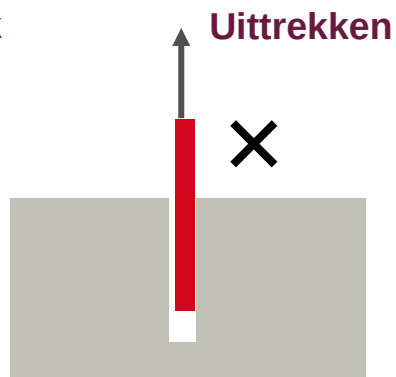
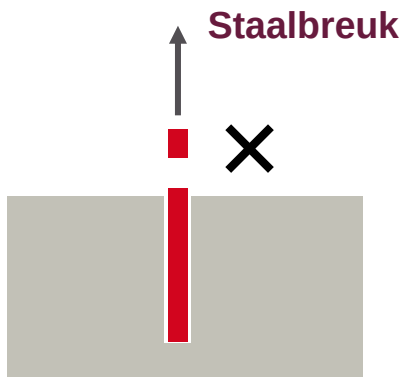
AGENDA

- 1** Positieve werking van bestaande wapening
- 2** Afstandsmontage
- 3** Kruip van ankers
- 4** Technical Reports en EAD's
- 5** Rigide versus non-rigide voetplaat en BmS 10

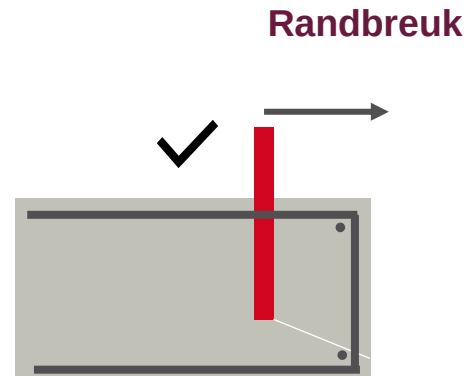
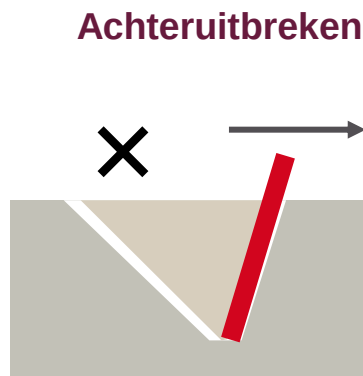
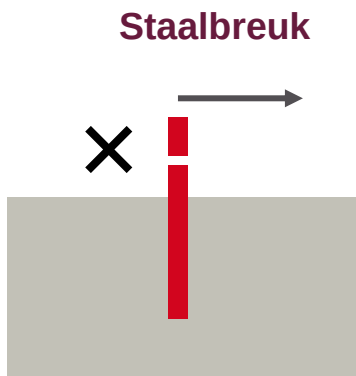
1

POSITIEVE WERKING VAN BESTAANDE WAPENING VOLGENS NEN-EN 1992-4

Trek



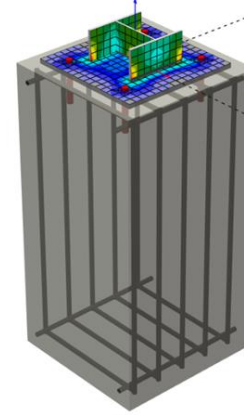
Afschuiving



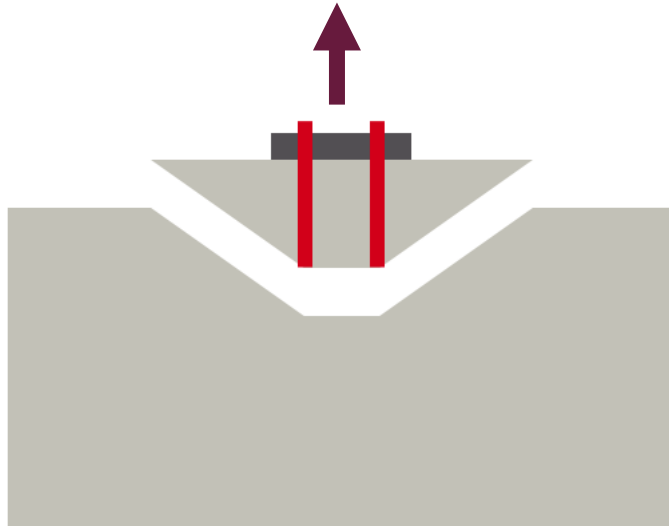
✓ Wapening is effectief wanneer
betonbreuk maatgevend is

✗ Wapening helpt niet bij
Uittrekken of Staalbreuk

TOETSINGEN VOOR TREK (EN OOK AFSCHUIVING)

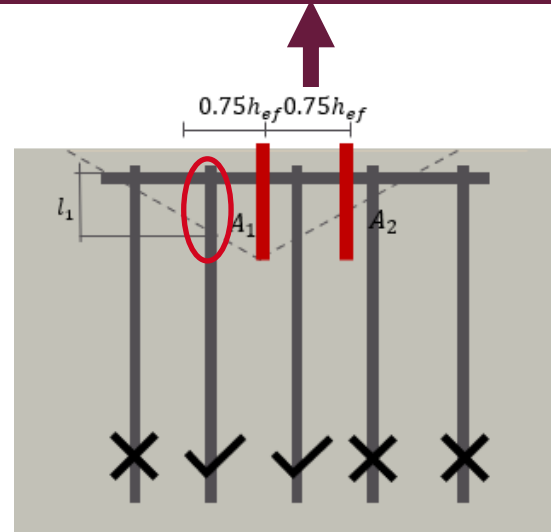


Zonder aanvullende wapening



- Toetsing betonkegelbreuk ✓

Met aanvullende wapening



- Toetsing betonkegelbreuk is niet benodigd
- Staaltoetsing van de aanwezige wapening ✓
- Verankeringslengte van de aanwezige wapening ✓

$$N_{Rd,a} = \frac{l_1 \pi \phi f_{bd}}{\alpha_1 \alpha_2}$$

BETONWAPENING

Wapening

Wapening ...

Randwapening

Geen wap...

☒ Wapening t.b.v. scheurwijdtecontrole is aanwezig

AANVULLENDE WAPENING

Selecteer wapening ter voorkoming van beton uitbreken

Aanvullende wapening voor treks...

Type wapening

Beugels

Rotatie

0°

f_{yk}

500 N/mm²

Diameter

Φ10

VOORBEELD

- Betonsterkte: C25/30
- Wand: 320mm
- Voetplaat: 200x200
- $N_{Ed} = 45\text{kN}$, $V_{Ed} = 8\text{kN}$
- Randafstand y: ∞
- Randafstand x-: 100mm
- Randafstand x+: 120mm
- H.o.h.-afstanden: 100mm

Type

HIT-HY 200-A + HAS-U 5.8

Size

M16

Embedment depth h_{ef}



250 mm

1

Tension

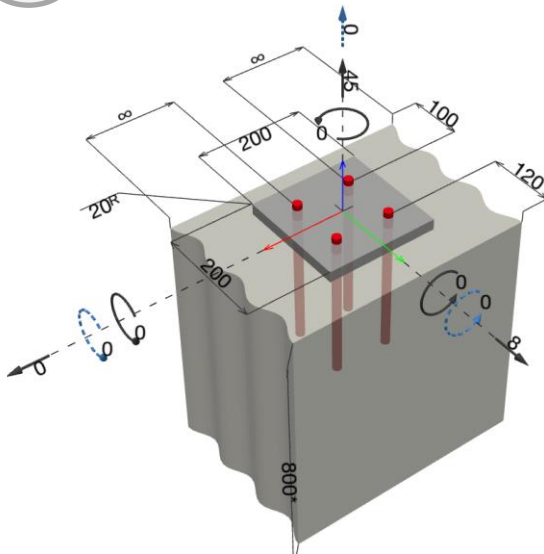
Concrete breakout 118% ✗

Shear

Concrete edge breakout 42%

Combination

Concrete 133% ✗



2

Apply the s
supplemen

ANCHOR DESIGN

Tension

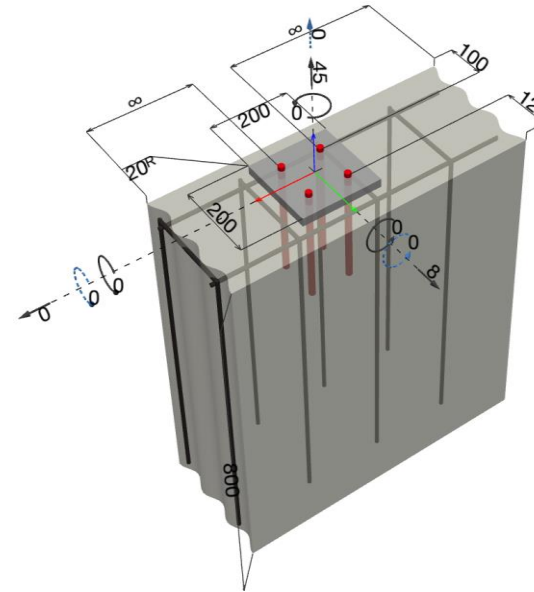
Bond 80%

Shear

Supplementary
reinforcement
anchorage 40%

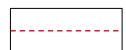
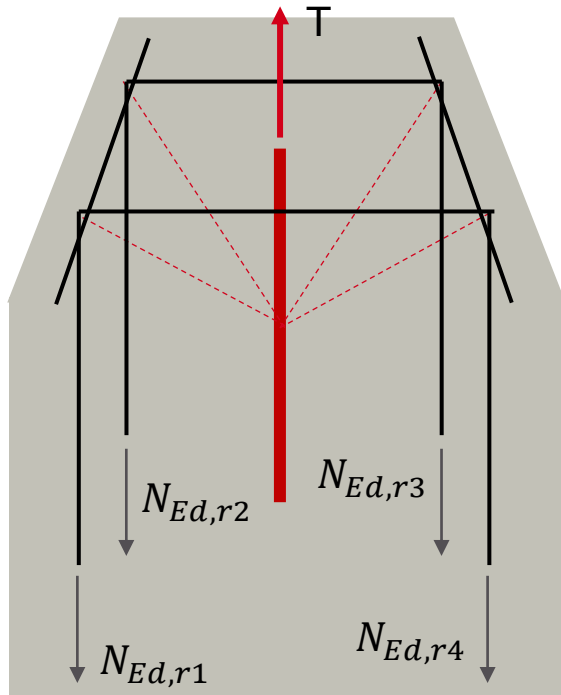
Combination

Concrete 96%

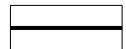


STAAFLASTEN VAN DE WAPENING

Vakwerkmodel

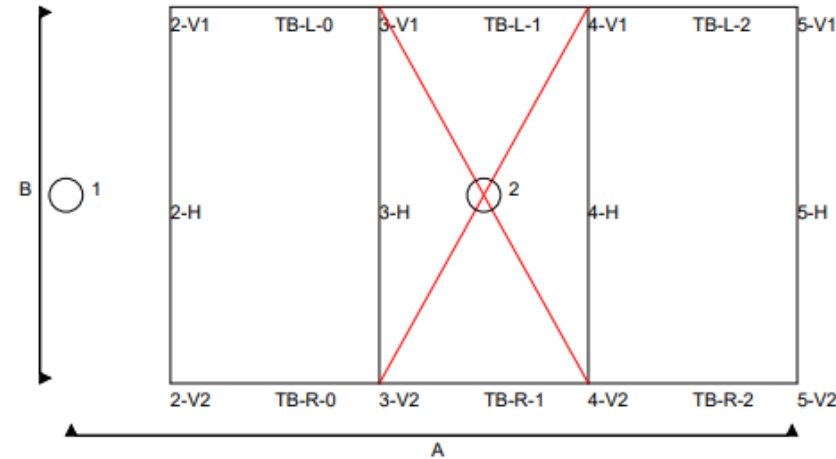


Drukdiagonaal



Wapeningsstaal (trek)

Bovenaanzicht



$$N_{Ed,r1} = 9.7kN$$

$$N_{Ed,r2} = 9.7kN$$

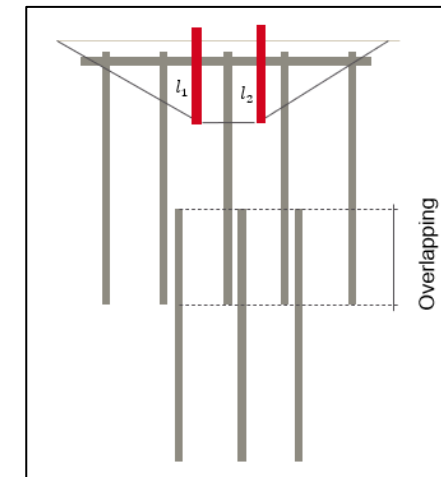
$$N_{Ed,r3} = 9.7kN$$

$$N_{Ed,r4} = 9.7kN$$

$$N_{Ed,rh1} = 4.5kN$$

$$N_{Ed,h2} = 8.0kN$$

- 1 Tolerantie: $\pm \frac{1}{2} \times s$ [mm]
- 2 Krachtsoverdracht verder in de constructie:



2 AFSTANDSMONTAGE

BEREKENING VOETPLAAT

☐ Toon normaalspanningsdistributie in 3D
☐ Toon de geoptimaliseerde voetplaatdikte

VORM VOETPLAAT

Vorm voetplaat

Hoeklijn

B: 250 L: 250 T: 8

Materiaal : S 235

Afstandmontage

Afstandmontag... >

Afstand

30 mm

Mate van rotatiebeperking

2

Nut and washer height

0 mm

Type ondersabelingsmortel

Universele voegmaterialen (gebr...

Druksterkte

30 N/mm²

POSITIE VOETPLAAT

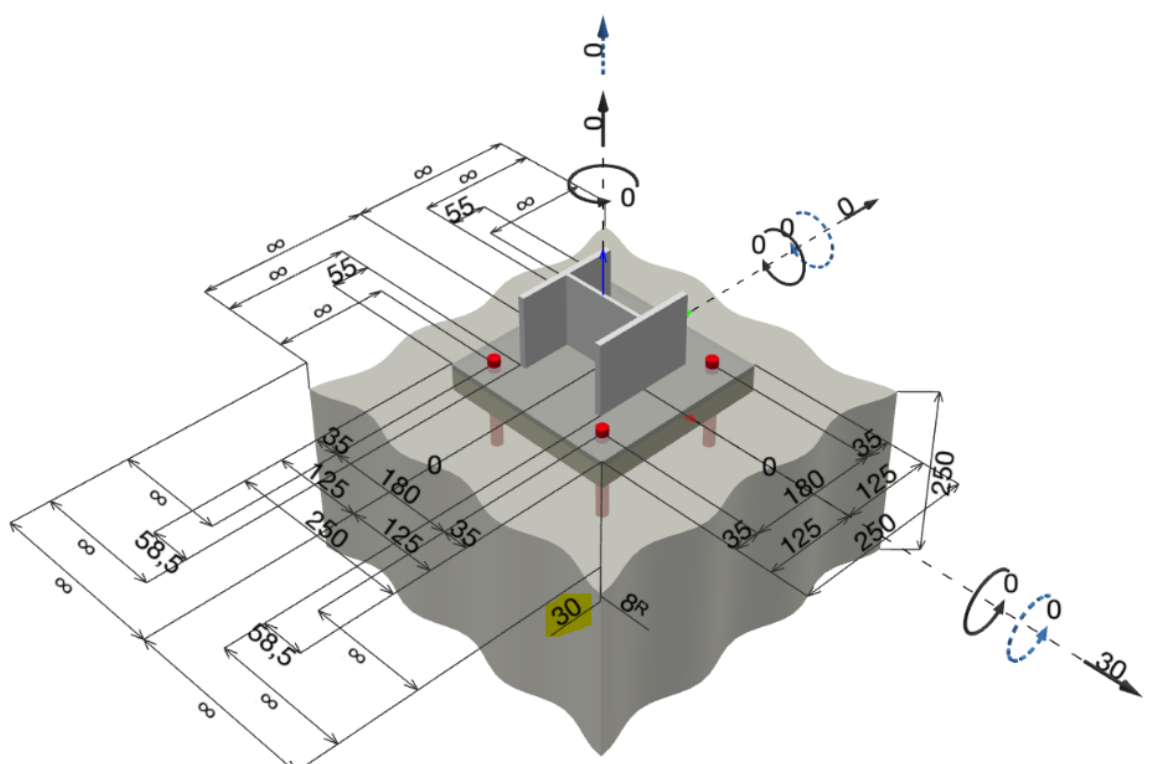
Rotatie

0 °

VOETPLAATDIKTE

52%

2D



ANKER

Alles berekenen

HUS3-H

HUS3-C

HST3

HST2

HIT-HY 200-A + HIT-Z 100 Years

HIT-HY 200-R V3 + HIT-Z 100 Years

HIT-HY 200-A + HAS-U

HIT-HY 200-A +

Type

HIT-HY 200-A + HAS-U 5.8

Afmeting

M16

Bekijk ETA-goedkeuring

Plaats artikel #

2223829 HAS-U 5.8 M16x165

Mortelitemnr.

2022696 HIT-HY 200-A

Verankeringsdiepte

80 mm

Rekenwaarde van de belastingen

sustained loads

Algemeen rapport

ANKERLASTEN

Anker	N [kN]	Vx [kN]	Vy [kN]
1	0	7,5	0
2	0	7,5	0
3	0	7,5	0
4	0	7,5	0

BENUTTING

Trekkkracht

Betonkegelbreuk 0%

Afsluiving

Staal 119%

Combinatie

beton 0%

MELDINGEN

U kunt betere resultaten krijgen voor het uitbreken van betonnen randen door SOFA met gevulde gaten te selecteren.

Update naar SOFA & selecteer gevulde gaten

Ankers (1, 2, 3, 4) zijn te dicht bij het profiel (min = 32 mm).

2 AFSTANDSMONTAGE

BEREKENING VOETPLAAT

☐ Toon normaalspanningsdistributie in 3D
☐ Toon de geoptimaliseerde voetplaatdikte

VORM VOETPLAAT

Vorm voetplaat

Hoeklijn

B: 250 L: 250 T: 8

Materiaal: S 235

Afstandmontage

Afstandmontag...

Afstand

30 mm

Mate van rotatiebeperking

2

Nut and washer height

0 mm

Type ondersabelingsmortel

Universele voegmaterialen (gebr.

Druksterkte

30 N/mm²

POSITIE VOETPLAAT

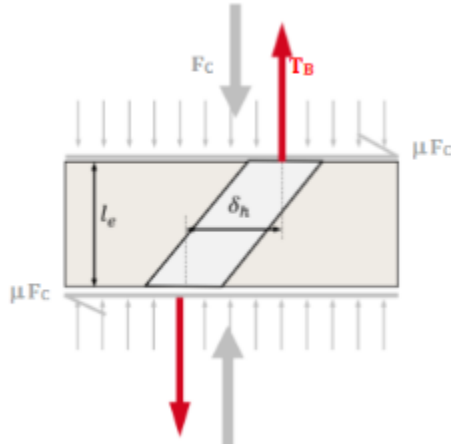
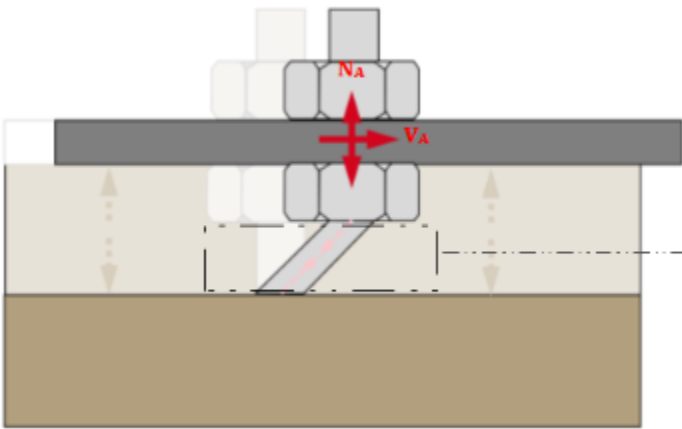
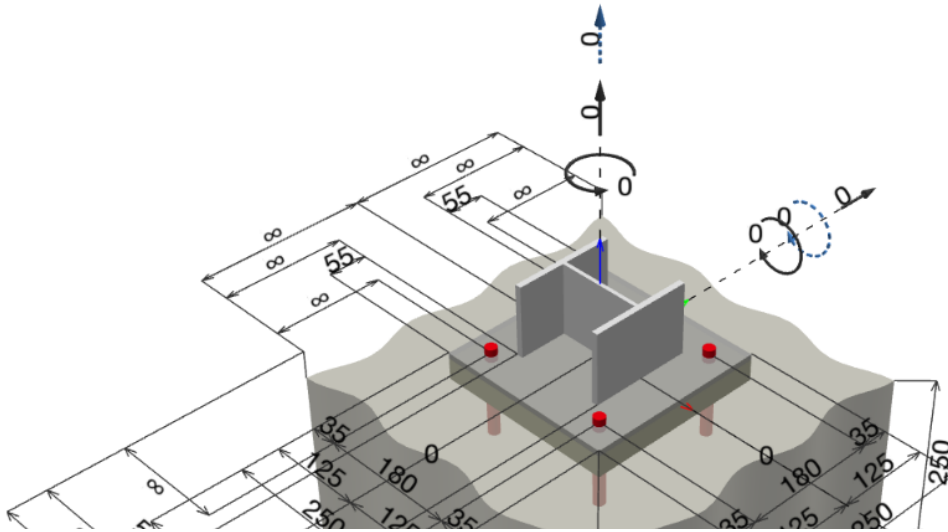
Rotatie

0°

VOETPLAATDIKTE

52%

2D



ANKER

Alles berekenen

HUS3-H

HUS3-C

HST3

HST2

HIT-HY 200-A + HIT-Z 100 Years

HIT-HY 200-R V3 + HIT-Z 100 Years

HIT-HY 200-A + HAS-U

HIT-HY 200-A +

Type

HIT-HY 200-A + HAS-U 5.8

Afmeting

M16

goedkeuring

M16x165

J-A

mm

Proe van de belastingen

loads

Algemeen rapport

ANKERLASTEN

Anker	N [kN]	Vx [kN]	Vy [kN]
1	0	7,5	0
2	0	7,5	0
3	0	7,5	0
4	0	7,5	0

BENUTTING

Trekkkracht

Betonkegelbreuk

0%

Afsluiving

Staal

119%

Combinatie

beton

0%

MELDINGEN

U kunt betere resultaten krijgen voor het uitbreken van betonnen randen door SOFA met gevulde gaten te selecteren.
Update naar SOFA & selecteer gevulde gaten

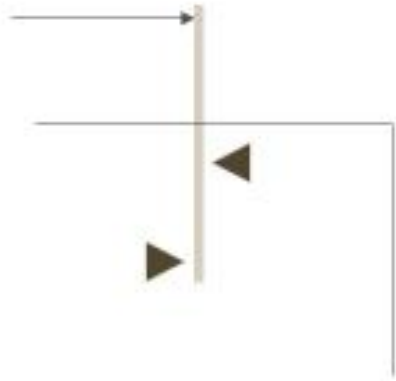
Ankers (1, 2, 3, 4) zijn te dicht bij het profiel (min = 32 mm).

HILTI

3 april 2024 - Stufib

8

KANTELMOMENT IN NEN-EN 1992-4



NEN-EN1992-4

7.2.2.5 Concrete edge failure

(1) For embedded base plates with an edge distance in direction of the shear load $c \leq \max \{10 h_{ef}; 60 d\}$ the provisions are valid only if the thickness t of the base plate in contact with the concrete is smaller than $0,25 h_{ef}$. For fastenings where the shear load acts with lever arm, the provisions are valid if $c > \max \{10 h_{ef}; 60 d\}$.

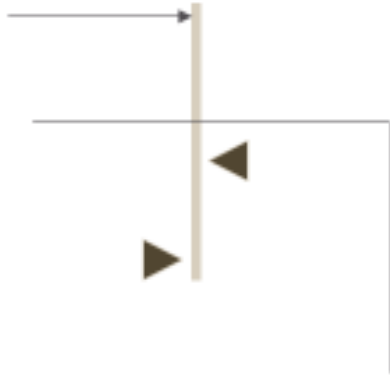
NOTE In case of fastenings located close to an edge and loaded by a shear load with lever arm the effect of an overturning moment on the concrete edge resistance is not considered in the following provisions.

Afstandsmontage in NEN-EN 1992 alleen geldig bij geen aanwezige randen

Er dient wel gerekend te worden met een kantelmoment op het anker bij randafstanden

KANTELMOMENT VOLGENS HILTI

Formule voor kantelmoment op het anker gebaseerd op onderzoek McBride, etc.



$$\psi_b = \frac{1}{1 + \frac{C}{d^{3/4}} \frac{l_a}{\alpha_M}} \quad (4)$$

where

C = a constant representing the elastic interaction between the anchor and concrete
= 0.35 and carries units of $1/mm^{0.25}$

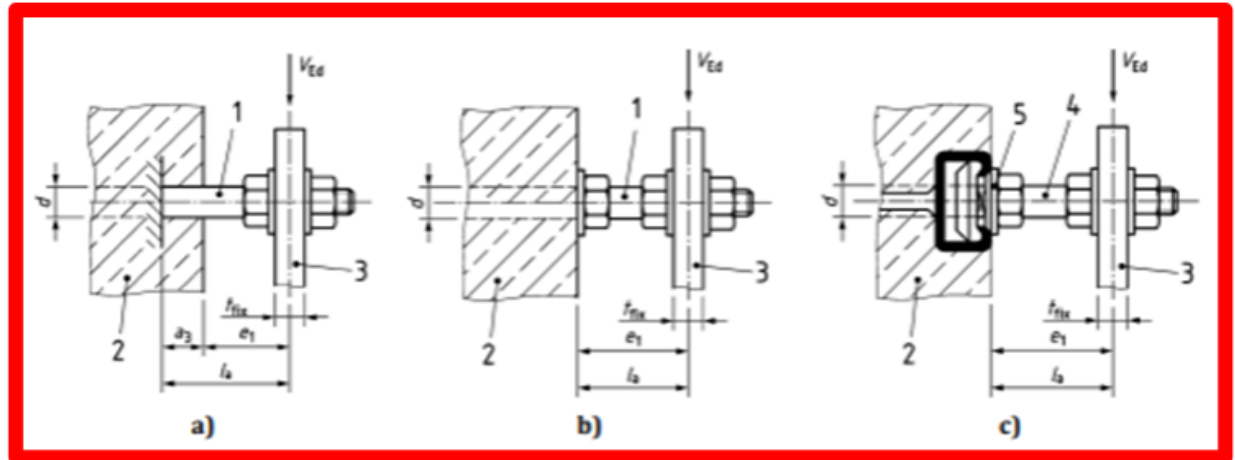
l_a = effective exposed length expressed in mm (see accompanying paper for ungrouted stand-off connections)

α_M = curvature coefficient for the anchor
= 2.0 for grouted connections

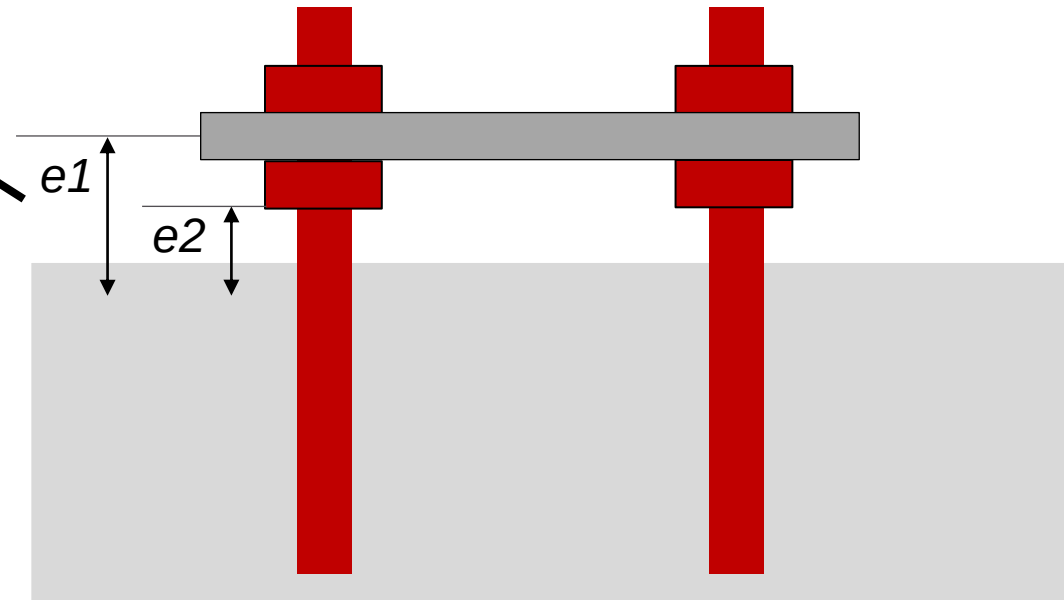
Ψ_b = een reductiefactor voor de afschuifsterkte

Profis Engineering rekent met dit kantelmoment (HILTI SOFA)

BEPALING ARM VOLGENS HILTI



NEN-EN 1992-4: e1
SOFA: e2

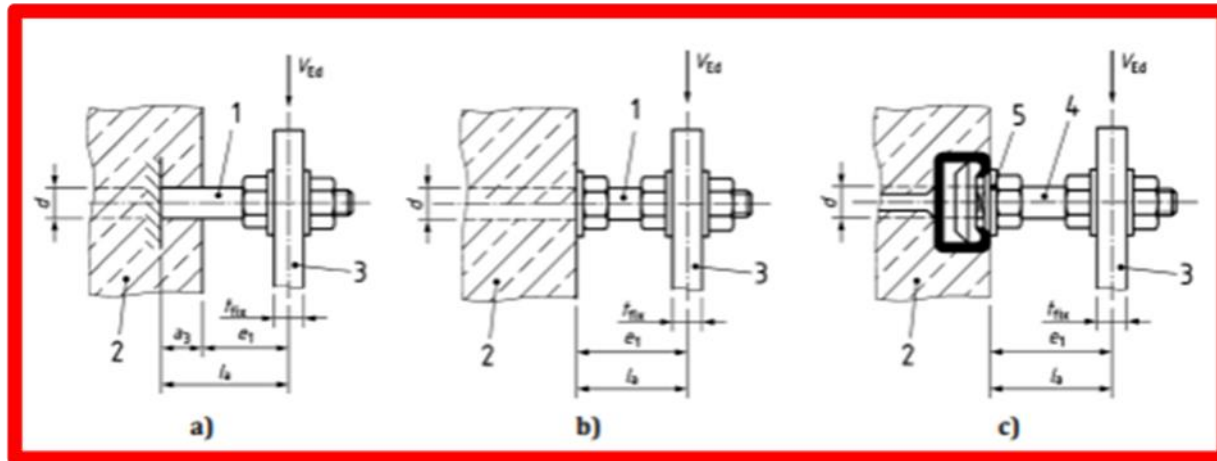


Op basis van ACI en
onderzoek (McBride)

AFSTANDSMONTAGE IN NEN-EN 1992-4

EN 1992-4

$$V_{Rk,s,M} = \alpha_M \cdot \frac{M_{Rk,s}}{l_a}$$



AFSTANDSMONTAGE IN NEN-EN 1992-4

EN 1992-4

- $$V_{Rk,s,M} = \alpha_M \cdot \frac{M_{Rk,s}}{l_a}$$

$$V_{Rk,s} = (1 - 0,01 \cdot t_{grout}) \cdot k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \text{ or}$$
$$V_{Rk,s} = (1 - 0,01 \cdot t_{grout}) \cdot k_7 \cdot (k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk})$$

- k_7 = ductiliteitsfactor
- Alleen geldig voor ongescheurd beton tot 40 mm afstandsmontage, NEN-EN 1992-4, 6.2.2.3 (2)
- Voor gescheurd beton geldt: grout mag niet gunstig meetellen

AFSTANDSMONTAGE VOLGENS HILTI

EN 1992-4

$$V_{Rk,s,M} = \alpha_M \cdot \frac{M_{Rk,s}}{l_a}$$

$$V_{Rk,s} = (1 - 0,01 \cdot t_{grout}) \cdot k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \text{ or } V_{Rk,s} = (1 - 0,01 \cdot t_{grout}) \cdot k_7 \cdot (k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk})$$

- k_7 = ductiliteitsfactor
- Alleen geldig voor ongescheurd beton tot 40 mm afstandsmontage, NEN-EN 1992-4, 6.2.2.3 (2)
- Voor gescheurd beton geldt: grout mag niet gunstig meetellen

SOFA 2.0

$$V_{Rk,s,grout} = 0.8 \cdot k_7 \cdot V_{Rk,s}^0$$

- Afschuifstaalsterkte bij afstandsmontage met grout is **80%** van geen afstandsmontage, onafhankelijk van afstand
- Vanuit ACI 318 17.7.1.2.1:

17.7.1.2.1 If anchors are used with built-up grout pads, nominal strength V_{sa} calculated in accordance with 17.7.1.2 shall be multiplied by 0.80.

- Geldt voor gescheurd en ongescheurd beton
- Tot 100 mm

WHITEPAPERS



HILTI METHOD FOR ANCHOR DESIGN IN GROUTED STAND-OFF CONNECTIONS

Kenton McBride, PhD, PE
Daphne Rocha, M.Sc.Eng
Riccardo Figoli, M.Sc.Eng

Version 1.2
July 2023

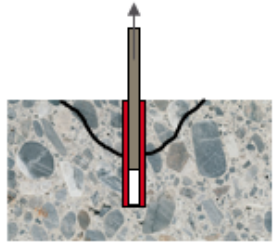


HILTI METHOD FOR ANCHOR DESIGN IN UNGROUTED STAND-OFF CONNECTIONS

Kenton McBride, Ph.D., P.E.
Daphne Rocha, M.Sc.Eng
Riccardo Figoli, M.Sc.Eng

Version 1.2
July 2023

3 NEN-EN 1992-4 EN KRUIP



Combinatie van *Beton-kegelbreuk* en *Uittrekken*

$$N_{Rk,p}^0 = \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef}$$



$$\psi_{sus} = 1 \text{ for } \alpha_{sus} \leq \psi_{sus}^0$$

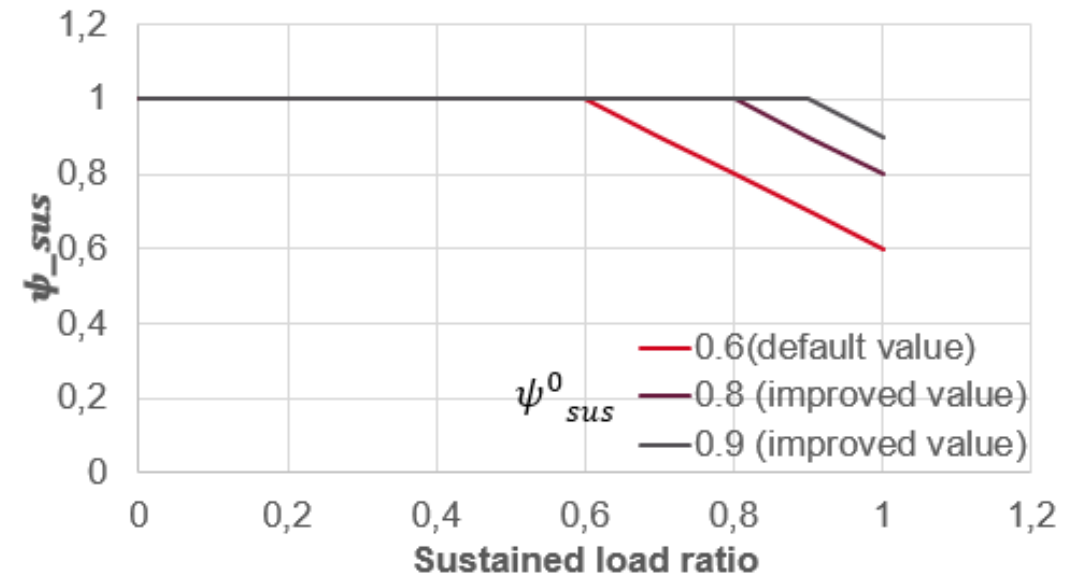
$$\psi_{sus} = \psi_{sus}^0 + 1 - \alpha_{sus} \text{ for } \alpha_{sus} > \psi_{sus}^0$$

α_{sus} = permanente deel van belasting ULS/totale ULS belasting

ψ_{sus}^0 = waarde uit ETA van lijmanker

ROK 2.0:

Verankering van in geboorde gaten gelijmd betonstaal waarbij kruip niet toelaatbaar en/of gewenst is, moeten worden verlijmd met cementgebonden mortel.



HIT-RE 500, 50 jaar:

in hammer drilled holes and hammer drilled holes with Hilti hollow drill bit TE-CD or TE-YD and diamond cored holes with roughening with Hilti Roughening tool TE-YRT			
Temperature range I:	24°C / 40°C	ψ_{sus}^0	0,88

HIT-RE 500, 100 jaar:

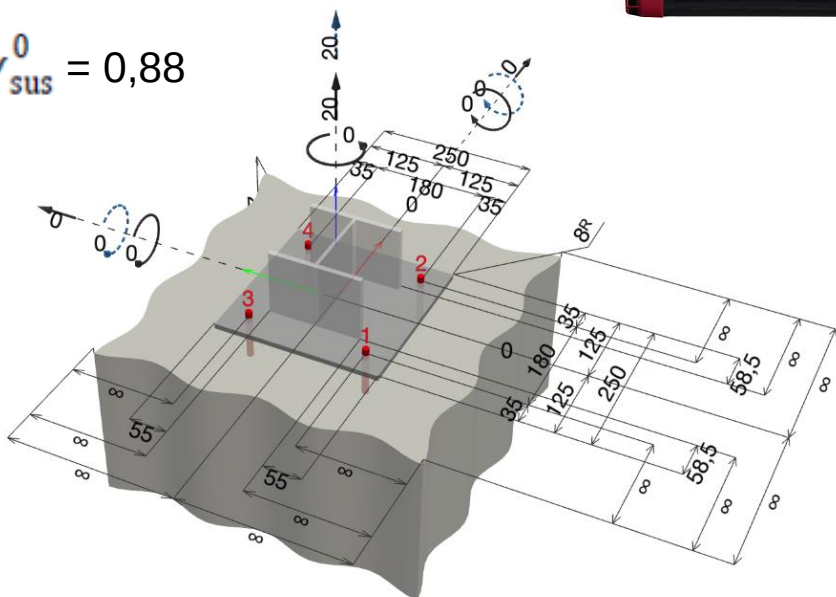
in hammer drilled holes and hammer drilled holes with Hilti hollow drill bit TE-CD or TE-YD and diamond cored holes with roughening with Hilti Roughening tool TE-YRT			
Temperature range I:	24°C / 40°C	$\psi_{sus,100}^0$	0,85

REKENVOORBEELD

Voorbeeld HIT-RE 500



$$\psi_{\text{sus}}^0 = 0,88$$



↓ Rekenwaarde van de belastingen

⬆ sustained loads



$$\psi_{\text{sus}}^0 = 1,00$$

HVU2



$$N_{\text{Rk,p}}^0 = \psi_{\text{sus}} \cdot \tau_{\text{Rk}} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{\text{ef}}$$

$$\psi_{\text{sus}} = 1 \text{ for } \alpha_{\text{sus}} \leq \psi_{\text{sus}}^0$$

$$\psi_{\text{sus}} = \psi_{\text{sus}}^0 + 1 - \alpha_{\text{sus}} \text{ for } \alpha_{\text{sus}} > \psi_{\text{sus}}^0$$

Voorbeeld 1

100 % van totale last is permanent, $\alpha_{\text{sus}} = 1 > 0,88$

$$\psi_{\text{sus}} = 0,88 + 1 - 1 = 0,88$$

Voorbeeld 2

60 % van totale last is permanent, $\alpha_{\text{sus}} = 0,60 < 0,88$

$$\psi_{\text{sus}} = 1$$

Voorbeeld 3

90 % van totale last is permanent, $\alpha_{\text{sus}} = 0,90 > 0,88$

$$\psi_{\text{sus}} = 0,88 + 1 - 0,90 = 0,98$$

Voorbeeld 4 bij geen getest anker $\psi_{\text{sus}}^0 = 0,60$

90 % van totale last is permanent, $\alpha_{\text{sus}} = 0,90 > 0,88$

$$\psi_{\text{sus}} = 0,60 + 1 - 0,90 = 0,70$$

4 TECHNICAL REPORTS EN EAD'S

<https://www.eota.eu/>

EOTA TR082	Design of bonded fasteners in concrete under fire conditions	2023
EOTA TR075	Design of bonded screw fasteners for use in concrete	2020
EOTA TR070	Design of Glued-in Rods for Timber Connections	2019
EOTA TR054	Design methods for anchorages with metal injection anchors and screw anchors for use in masonry	2022



4 TECHNICAL REPORTS EN EAD'S

<https://www.eota.eu/>

EOTA TR061

Design method for fasteners in concrete under fatigue cyclic loading

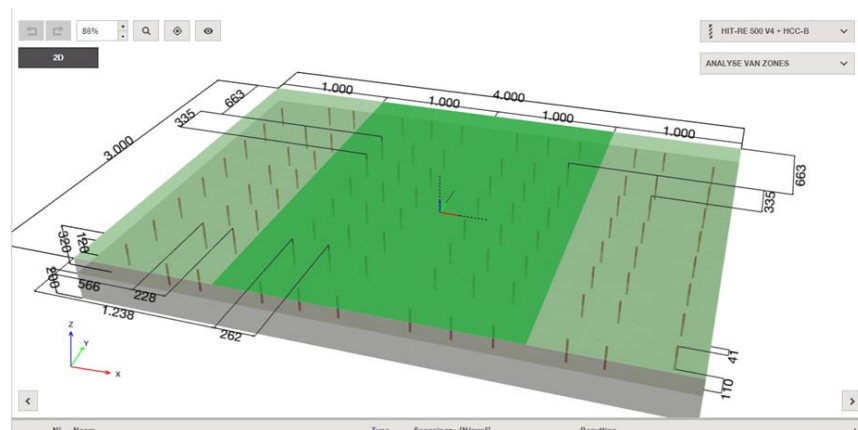
2020

Concrete failure						
Effective embedment depth	h_{ef}	[mm]	100	125	190	250
Reduction factor ¹⁾		[-]	$\eta_{k,c,N,fat,n}$			
Number of cycles	n	$\leq 10^5$	0,64			
		$\leq 3 \cdot 10^5$	0,64			
		$\leq 10^6$	0,64			
		∞	0,64			
Partial factor	$\gamma_{Mc,fat}$	[-]	1,5			

EOTA TR066

Design and requirements for construction works of post-installed shear connection for two concrete layers

2020



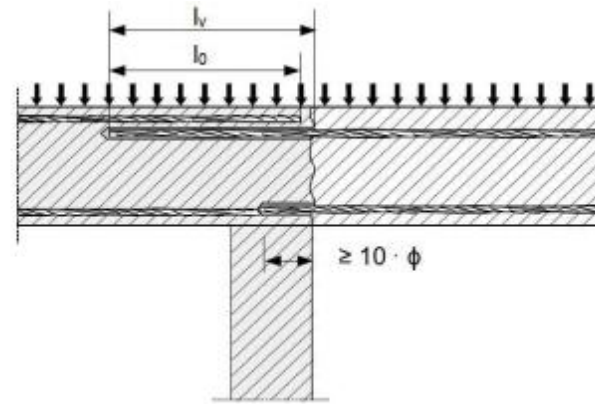
4 TECHNICAL REPORTS EN EAD'S

<https://www.eota.eu/>

330087-01-0601

Systems for post-installed rebar connections with mortar

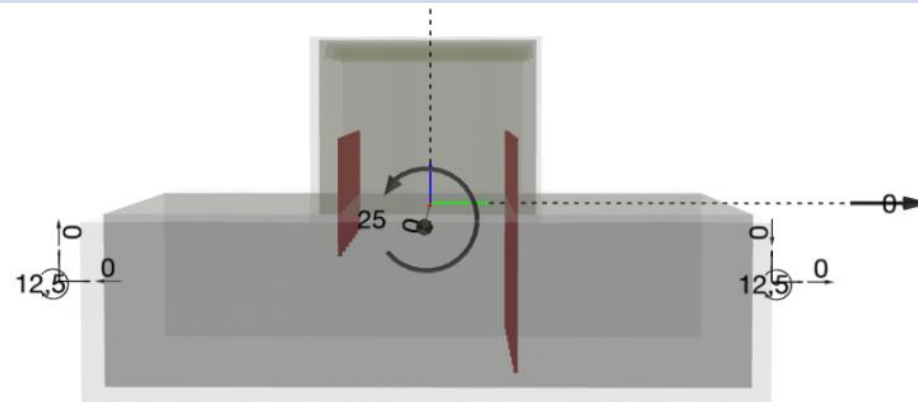
Decision (EU)
2021/1789



EOTA TR069

Design method for anchorage of post-installed reinforcing bars (rebars) with improved bond-splitting behavior as compared to EN 1992-1-1

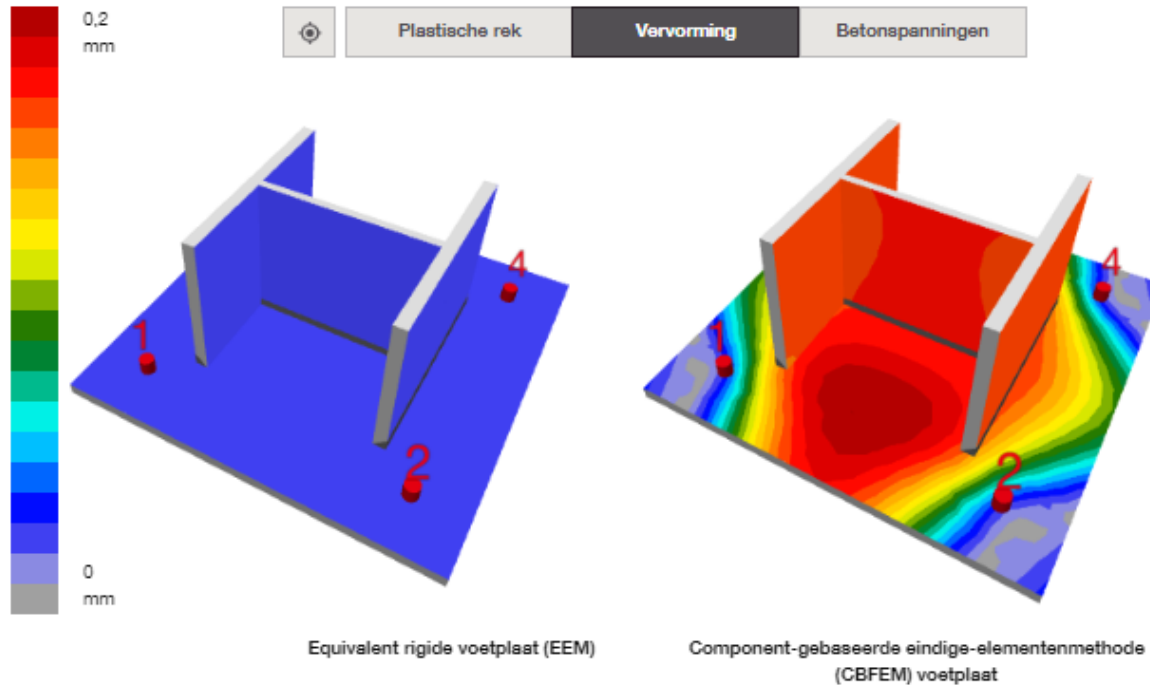
2021



~~$$\ell_b = \alpha_2 \cdot \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$$
$$\alpha_2 = 1 - 0.15 \cdot (c_d / \phi - 1)$$~~

5 RIGIDE VERSUS NIET RIGIDE VOETPLAAT

Klik voor meer details



Ankerkrachten

Anker 1	5 kN	6,5 kN (30%)
Anker 2	5 kN	6,5 kN (30%)
Anker 3	5 kN	6,5 kN (30%)
Anker 4	5 kN	6,5 kN (30%)

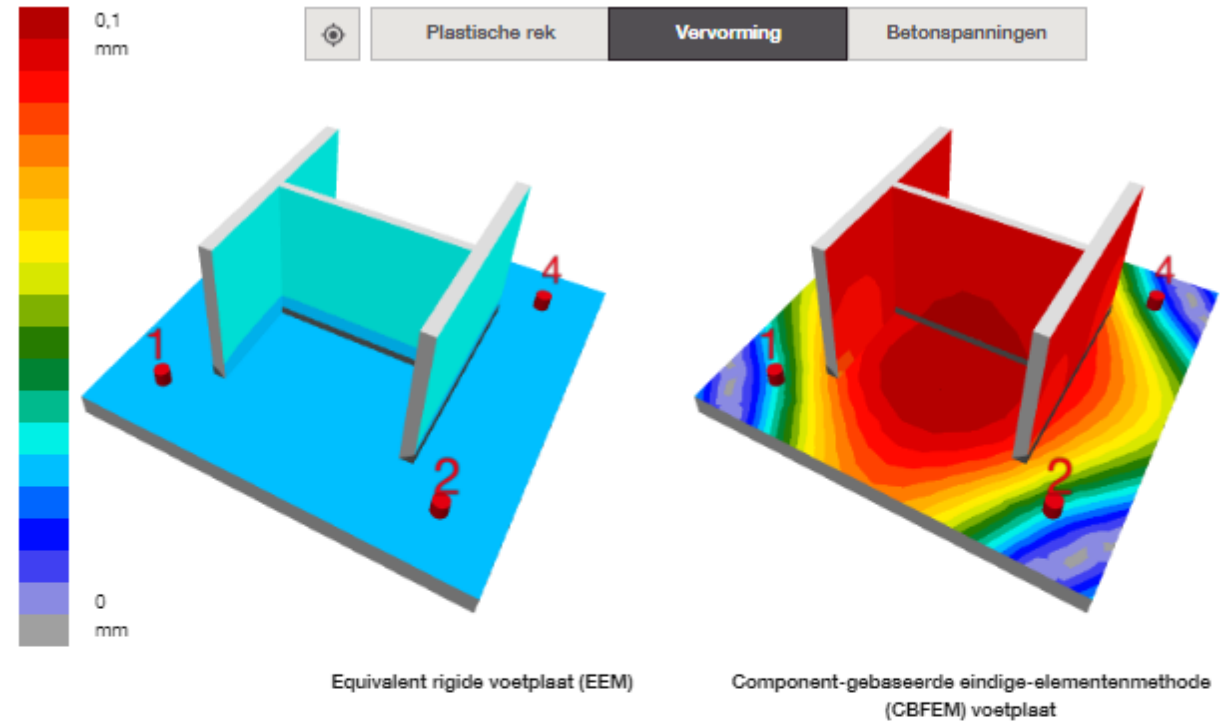
Voetplaat plastische rek (max)

Geen 0%

Voetplaat vervorming (max.)

0 mm 0,2 mm

Klik voor meer details



Ankerkrachten

Anker 1	5 kN	5,3 kN (6%)
Anker 2	5 kN	5,3 kN (6%)
Anker 3	5 kN	5,3 kN (6%)
Anker 4	5 kN	5,3 kN (6%)

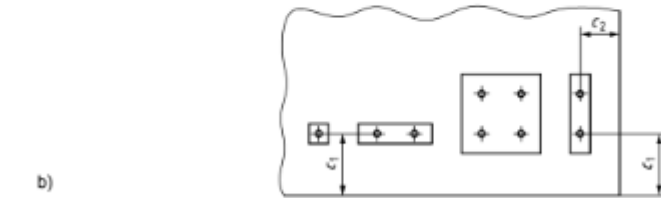
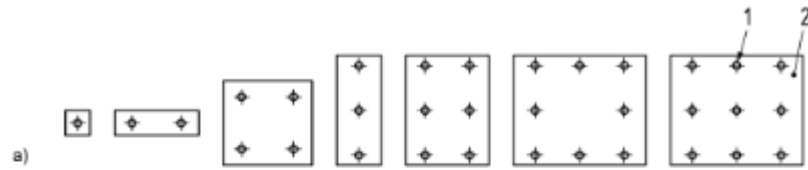
Voetplaat plastische rek (max)

Geen 0%

Voetplaat vervorming (max.)

0 mm 0,1 mm

EC2-4 VERSUS SOFA



Key
1 fastener
2 steel plate

