



Berekening Staalbouw

Besteksrapportage geluidsschermen

Projectcode

100010452

Datum

11 december 2015

Rapportnummer

R.2015.035.HL

Versie

1.0

Opdrachtgever

Projectbureau Hoekse Lijn

Opsteller

Ing. M. Attahiri MSEng.

2^{de} constructeur

Ir. A. van Ham

Projectleider

Ing. B. Bul

Paraaf Opsteller:

Paraaf 2^{de} constructeur:

Paraaf Projectleider :

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Algemeen	4
1.2	Opbouw	4
2.	Uitgangspunten	5
2.1	Referentie tekeningen	5
2.2	Normen en richtlijnen	5
2.3	Richtlijnen:	5
2.4	Ontwerplevensduur	6
2.5	Gevolgklasse	6
2.6	Referentieperiode	6
2.7	Computerprogra[mm]atuur	6
2.8	Materiaaleigenschappen	6
2.9	Geotechnische uitgangspunten	6
3.	Specificatie geluidschermen	7
4.	Specificatie berekeningen	8
4.1	Gegevens geluidsschermen	8
4.2	Constructie, geluidsscherm type 1	8
4.3	Constructie, geluidsscherm type 2	9
4.4	Constructie, geluidsscherm type 3 en 4	10
4.5	Constructie, geluidsscherm 5	12
4.6	Maximale toelaatbare vervormingen	13
5.	Belastingen en belastingcombinaties	14
5.1	Permanent	14
5.2	Variabel, wind	14
5.2.1	Stuwdruk	14

5.2.2	Bouwwerkfactor c_{scd}	14
5.2.3	Netto drukcoëfficiënt	14
5.2.4	Variabel, zuiging en druk passerend spoorverkeer	15
5.2.5	Variabel, doorval	16
5.2.6	Variabel, calamiteit	16
5.2.7	Horizontale leuningbelasting	16
5.3	Belastingcombinaties	16
5.4	Belastingen op constructie geluidsscherm type 1 en 2	17
5.5	Belastingen op constructie geluidsscherm type 3 en 4	18
5.6	Belastingen op constructie geluidsscherm type 5	19
6.	Berekeningsresultaten	20
6.1	Controle stijl type 1 en 2	20
6.2	Vervorming type 1 en 2	20
6.3	Fundering type 1 en 2	20
6.4	Controle stijl type 3 en 4	21
6.5	Vervorming type 4	21
6.6	Fundering type 4	21
6.7	Controle stijl type 5	21
6.8	Vervorming type 5	22
Bijlage 1	Berekening kolom geluidsscherm type 1	23
Bijlage 2	Berekening kolom geluidsscherm type 2	24
Bijlage 3	Berekening kolom geluidsscherm type 3	25
Bijlage 4	Berekening kolom geluidsscherm type 4	26
Bijlage 5	Berekening kolom geluidsscherm type 5	27
Bijlage 6	Berekening fundering	28

1. Inleiding

1.1 Algemeen

Voor het tracé van de Hoekse Lijn is een akoestisch onderzoek gedaan om inzicht te krijgen in de te verwachten geluidsniveaus ten gevolge van de exploitatie. Dit onderzoek is vastgelegd in rapportage R.2013.07.HL akoestisch onderzoek ombouw Hoekse Lijn v0.2 d.d. 08-05-'13. Uit dit rapport blijkt dat er op een aantal locaties geluidsbeperkende maatregelen benodigd zijn om te kunnen voldoen aan de vigerende richtlijnen betreffende geluidshinder.

Deze geluidsbeperkende maatregelen omvatten de plaatsing van geluidsschermen langs de baan. Er zijn 5 typen geluidsschermen voorzien. Geluidsscherm type 1 en 2 betreft een 'laag' betonnen scherm, geluidsscherm type 3 en 4 betreft een 'hoog' scherm en geluidsscherm type 5 is een geluidsscherm op een bestaande viaduct.

Deze rapportage betreft de berekening van de constructie van de geluidsschermen. Hiermee is de uitwerking en detaillering van het principe bepaald t.b.v. de Bestek raming. De berekeningen en uitwerkingen zijn in de bijlagen toegevoegd.

1.2 Opbouw

In het rapport wordt in hoofdstuk 2 de uitgangspunten besproken. In hoofdstuk 3 wordt de specificatie van de geluidsschermen toegevoegd met type en lengte geluidsschermen per gemeente. In hoofdstuk 4 wordt een toelichting gegeven over de opzet van de berekeningen. In hoofdstuk 5 worden de belastingen en belastingcombinaties beschouwd. Tenslotte worden in hoofdstuk 6 de toetsingscriteria die voor dit project van belang zijn

2. Uitgangspunten

2.1 Referentie tekeningen

Tekeningnummer	Naam
S-HHB-BT-291a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en leuning/looproosters en details geluidschermen
S-HHB-BT-292a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en details leuningwerk en geluidschermen
B-HBA-BT-301a	Detailblad type geluidschermen
B-HBA-BT-310a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherm km 500.792 - km 501.122 (zuidzijde)
B-HBA-BT-311a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherm km 501.32 - km 501.42 (zuidzijde)
B-HBA-BT-312a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherm km 501.62 - km 501.76 (zuidzijde)
B-HBA-BT-320a	Aansluiting NL-Vlaardingen O.(BC), geluidsscherm km 502.4 - km 502.6, km 502.6 - km 502.83 (zuidzijde)
B-HBA-BT-330a	Vlaardingen O. - Vld Cent. (BD), geluidsscherm km 505.01- km 505.18 (noordzijde), km 504.79 - km 504.91 (vulcaanhaven)
B-HBA-BT-360a	Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherm km 512.51-512.59 (zuid), km 512.93 -513.26 (noord)
	Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherm km 513.03-513.3 (zuid), km 513.36-513.5 (noord)
B-HBA-BT-362a	Algemeen overzicht geluidschermen gemeente Schiedam
B-HBA-BT-363a	Algemeen overzicht geluidschermen gemeente Vlaardingen
B-HBA-BT-364a	Algemeen overzicht geluidschermen gemeente Maassluis
B-HBA-BT-370a	Maassluis W. - Steendijkpolder (BH), geluidsscherm (noordzijde) km 514.12 - km 514.3

2.2 Normen en richtlijnen

Gehanteerde normen:

- Eurocode 0, Grondslagen van het constructief ontwerp;
- Eurocode 1, Belastingen op constructies;
- Eurocode 2, Ontwerp en berekening van betonconstructies;
- Eurocode 3, Ontwerp en berekening van staalconstructies.

2.3 Richtlijnen:

Gehanteerde richtlijnen:

Richtlijn Metro Viaducten, RMV 1997 IGWR;

Gegevens Metrobouw, GM versie 2.0 d.d. 26-09-2001, RET;

Richtlijn geluidbeperkende constructies langs wegen (GSW-2012).

2.4 Ontwerplevensduur

Zie rapport constructieve uitgangspunten. Voor de ontwerplevensduur is een periode van 50 jaar aangehouden, conform tabel NB.1-2.1, bijlage A1, NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011. .

2.5 Gevolgklasse

De constructie is ingedeeld in gevolgklasse CC2 conform tabel NB.20/21-B1, NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011.

2.6 Referentieperiode

Er is uitgegaan van een referentieperiode van 50 jaar.

2.7 Computerprogramma's

- Scia Engineer versie 2010.0.373, rekenpakket gebaseerd op EEM.
- IDEA Concrete 4.0.21, doorsnedetoets gebaseerd op eurocode.
- Excel 2003, spreadsheet.
- Mathcad 14, diverse rekenbladen.

2.8 Materiaaleigenschappen

- Betonkwaliteit: C30/37
- Betondekking (min.): 50[mm]
- Milieuklasse: XC4
- Betonstaal kwaliteit: B500B
- Stekanker: B500B
- Soortelijke massa beton: 25 [kN/m³]
- Soortelijke massa grond, droog: 18 [kN/m³]
- Soortelijke massa grond, nat: 20 [kN/m³]
- Soortelijke massa ballastbed: 22 [kN/m³]
- Staalkwaliteit: S355J2
- Boutkwaliteit 8.8

2.9 Geotechnische uitgangspunten

De geluidschermen zijn gefundeerd op betonnen plaat of korte stalen buispalen. De horizontale translatie- rotatie veerwaarde volgen uit de geotechnische berekening bijlage 6. Hieronder worden deze voor verschillende type geluidschermen opgegeven.

Type geluidscherm	Translatie veerwaarde	Rotatie veerwaarde
1 + 2 + 5	2152,5 [kN/m]	5000 [kNm/rad]
3 + 4	2272,7 [kN/m]	8012,5 [kNm/rad]

3. Specificatie geluidschermen

Langs het tracé van de Hoekselijn worden op verschillende locaties geluidschermen geplaatst. De locatie van de geluidschermen is gebaseerd op rapport R.2013.07.HL akoestisch onderzoek ombouw Hoekse Lijn v0.2 d.d. 08-05-'13. In paragraaf 2.1 is een tekeningenlijst met de locaties, type en lengtes van geluidscherm opgenomen.

Hieronder wordt per gemeente een specificatie van de toegepaste geluidscherm toegevoegd.

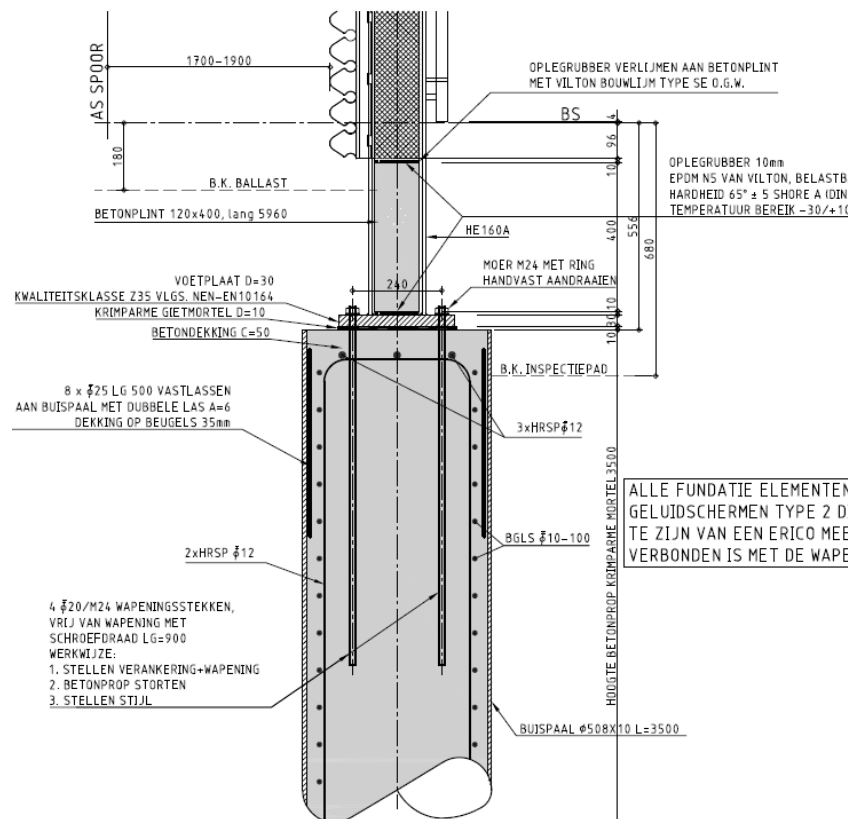
KM	Gemeente	Zijde t.o.v. metrospoor	Hoogte scherm	Type scherm	Lengte scherm
500.59 – 500.82	Schiedam	Zuid	2,00 m + bk spoor	5	230 [m]
500.80 - 501.12	Schiedam	Zuid	0,90 m + bk spoor	1	325 [m]
501.32 - 501.42	Schiedam	Zuid	2,50 m + bk spoor	4	100 [m]
501.62 - 501.76	Schiedam	Zuid	0,90 m + bk spoor	2	140 [m]
502.40 - 502.60	Schiedam	Zuid	0,90 m + bk spoor	2	200 [m]
502.60 - 502.83	Schiedam	Zuid	2,00 m + bk spoor	3	230 [m]
504.79 - 504.91	Vlaardingen	Zuid	0,90 m + bk spoor	1	124 [m]
101505.01 - 505.18	Vlaardingen	Noord	0,90 m + bk spoor	2	170 [m]
513.36 - 513.50	Maassluis	Noord	0,90 m + bk spoor	2	140 [m]
512.51 - 512.59	Maassluis	Zuid	0,90 m + bk spoor	2	80 [m]
512.93 - 513.26	Maassluis	Noord	0,90 m + bk spoor	2	330 [m]
513.03 - 513.30	Maassluis	Zuid	0,90 m + bk spoor	2	270 [m]
513.36 - 513.50	Maassluis	Noord	0,90 m + bk spoor	2	140 [m]
514.12 - 514.30	Maassluis	Noord	0,90 m + bk spoor	2	180 [m]

Type 1:

• Staalkwaliteit	= S355J2+N, tenzij anders vermeld
• Type geluidscherm	= beton element 6.000x1.100x120 [mm]
• Hoogte geluidscherm	= 1.100 [mm]
• Type profiel	= HE160A
• Hoogte betonplint	= 400 [mm]
• Peil bovenzijde t.o.v. B.S.	= +900 [mm] +B.S.
• H.o.h. afstand kolommen	= 6.000 [mm]
• Afstand tot hart spoor	= 1.750 [mm]
• Fundatie betonplaat	= 1.500x1.500 [mm]

4.3 Constructie, geluidscherm type 2

De kolom[mm]en komen op een stalen buispaal Ø508x10 en 3.500 [mm] lang geheel gevuld met beton en wapening. Op dit profiel komt een stalen kopplaat waarop de kolommen van het geluidscherm met een voetplaat worden bevestigd. Tussen de kolommen worden betonelementen geplaatst, zie onderstaand figuur. Aan de buitenzijde van het geluidscherm wordt een stalen trap h.o.h. 30 [mm] aangebracht. Voor de toetsing van het staal kolom is uitgegaan van een ingeklemde oplegging. Daarnaast is de verplaatsing getoetst met inachtneming van de (rotatie-)veerstijfheid van de grond. Aangezien de verplaatsingen en spanningen beperkt zijn, worden tweede orde effecten verwaarloosd.



Figuur 2. Doorsnede geluidscherm type 2

Type 2:

- Staalkwaliteit = S355J2+N, tenzij anders vermeld
- Type geluidscherm = beton element 6.000x1.100x120 [mm]
- Hoogte geluidscherm = 1.100 [mm]
- Type profiel = HE160A
- Hoogte betonplint = 400 [mm]
- Peil bovenzijde t.o.v. B.S. = +900 / +1.004 [mm] +B.S.
- H.o.h. afstand kolommen = 6.000 [mm]
- Afstand tot hart spoor = 1.750 [mm]
- Fundatie stalen buispaal = Ø508x10 en L= 3.500 [mm]

4.4 Constructie, geluidscherm type 3 en 4

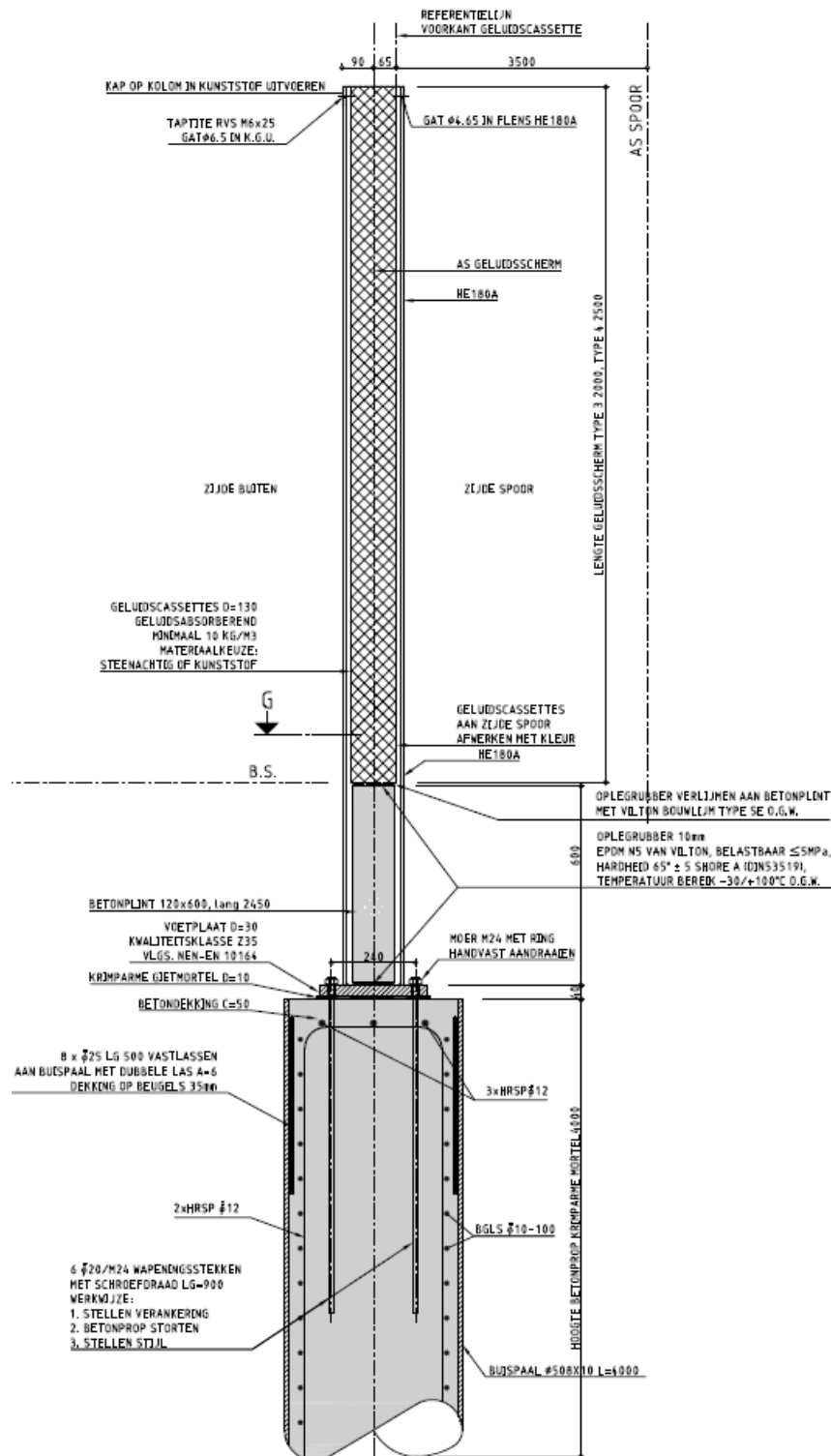
De kolommen komen op een stalen buispaal Ø508x10 en 4.000 [mm] lang geheel gevuld met beton en wapening. Op dit profiel komt een stalen kopplaat waarop de kolommen van het geluidscherm met een voetplaat worden bevestigd. Tussen de kolommen worden geluidscassettes geplaatst, zie onderstaand figuur. Voor de toetsing van het staal kolom is uitgegaan van een ingeklemde oplegging. Daarnaast is de verplaatsing getoetst met inachtneming van de (rotatie-)veerstijfheid van de grond. Aangezien de verplaatsingen en spanningen beperkt zijn, worden tweede orde effecten verwaarloosd.

Type 3:

- Staalkwaliteit = S355J2+N, tenzij anders vermeld
- Type geluidscherm = geluidcassette D =171 [mm]
- Hoogte geluidscherm = 2.000 [mm]
- Type profiel = HE180A
- Hoogte betonplint = 600 [mm]
- Peil bovenzijde t.o.v. B.S. = +2.000 [mm] +B.S.
- H.o.h. afstand kolommen = 2.500 [mm]
- Afstand tot hart spoor = 3.500 [mm]
- Fundatie stalen buispaal = Ø508x10 en L= 4.000 [mm]

Type 4:

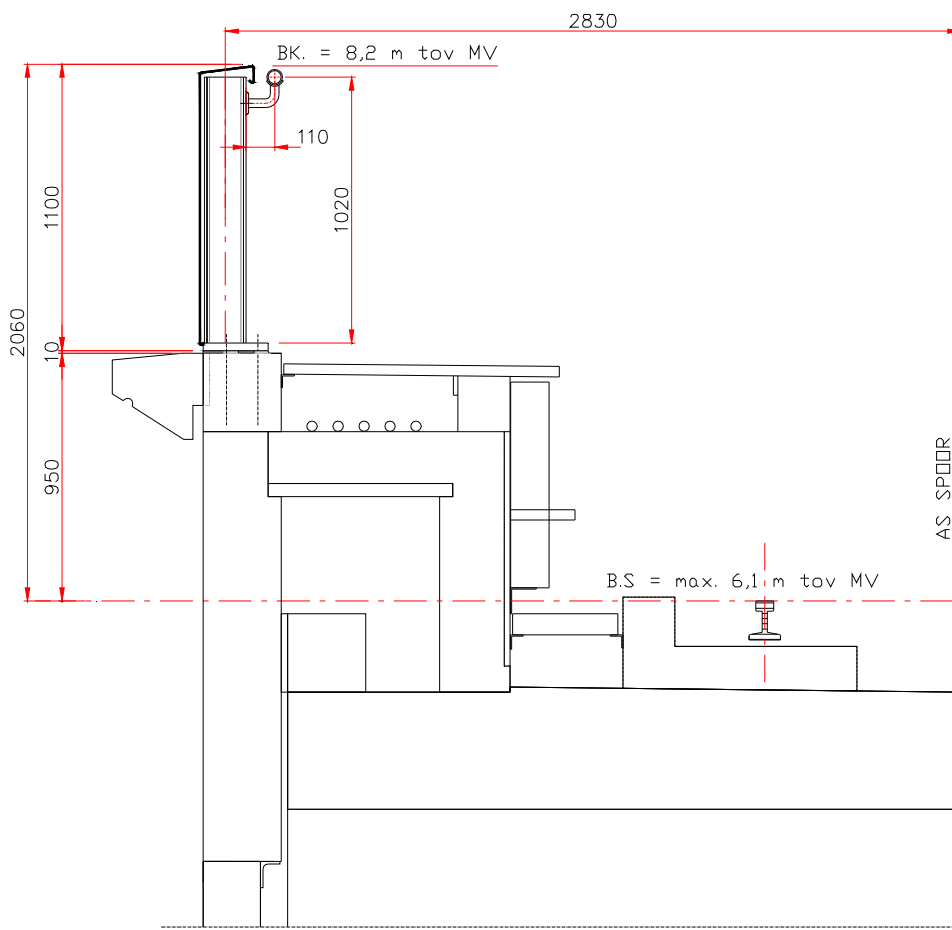
- Staalkwaliteit = S355J2+N, tenzij anders vermeld
- Type geluidscherm = geluidcassette D =171 [mm]
- Hoogte geluidscherm = 2.500 [mm]
- Type profiel = HE180A
- Hoogte betonplint = 600 [mm]
- Peil bovenzijde t.o.v. B.S. = +2.500 [mm] +B.S.
- H.o.h. afstand kolommen = 2.500 [mm]
- Afstand tot hart spoor = 3.500 [mm]
- Fundatie stalen buispaal = Ø508x10 en L= 4.000 [mm]



Figuur 3. Doorsnede geluidsscherm type 3 en 4

4.5 Constructie, geluidsscherm 5

De stalen kolommen van het geluidsscherm worden op een betonnen balk. Deze betonnen balk is onderdeel van het viaduct. Er wordt vanuit gegaan dat deze fundering zeer stijf is. Derhalve wordt de voet van het profiel als zijnde ingeklemd geschematiseerd. Tussen deze kolommen worden geluidscassettes en glazen platen als vulling gebruikt. Een en ander is weergegeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Aangezien de verplaatsingen en spanningen beperkt zijn, worden tweede orde effecten verwaarloosd.



Figuur 4. Doorsnede geluidsscherm type 5 op viaduct

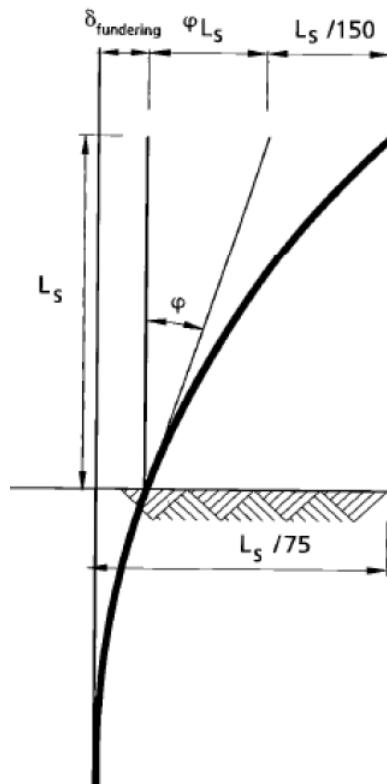
Type 5:

- Staalkwaliteit = S355J2+N, tenzij anders vermeld
- Type geluidsscherm = geluidscassette D = 171 [mm]
- Hoogte geluidsscherm = 1.050 [mm]
- Type samengestelde profiel = K140x80x10 + 2xPL160x10

- Peil bovenzijde t.o.v. B.S. = +2.000 [mm] +B.S.
- H.o.h. afstand kolo[mm]en = 2.000 [mm]
- Afstand tot hart spoor = 2.830 [mm]
- Fundatie = op bestaande viaduct

4.6 Maximale toelaatbare vervormingen

In de Eurocode worden geen vervormingseisen voor geluidschermen gegeven. De eisen volgens de GCW 2012 voor verticale schermen worden aangehouden, zie Figuur 5.



Figuur 5. Maximaal toelaatbare vervormingen geluidscherm cf. GCW 2012

De maximale toelaatbare doorbuiging van de kolom bedraagt $L_s / 150$. De totale maximale toelaatbare vervorming van de fundering en kolom is $L_s / 75$

5. Belastingen en belastingcombinaties

5.1 Permanent

De toegepaste belastingen op de constructie zijn de volgende:

- Eigen gewicht betonnen geluidsscherm;
Voor de berekening wordt 28,7 [kN] aangehouden (zie product specificatie betonnen element in bijlage 2).
- Eigen gewicht betonnen geluidsscherm of geluidscassettes;
Voor de berekening wordt 250 [kg/m²] aangehouden.
- Eigen gewicht betonplint;
Voor de berekening wordt 1,2 [kN/m] aangehouden (betonplint 400x120 [mm]).
Voor de berekening wordt 1,8 [kN/m] aangehouden (betonplint 600x120 [mm]).
- Eigen gewicht glas
Het eigen gewicht van glas (uitgaande van 20 [mm] glasdikte) bedraagt 50 [kg/m²]
- Eigen gewicht thermisch verzinkte roosters;
Het gewicht van thermisch roosters is aangenomen op 75 [kg/m²].

5.2 Variabel, wind

5.2.1 Stuwdruk

Voor de windbelasting zijn de volgende factoren aangenomen:

Referentie: Gebied II, onbebouwd;

Stuwdruk volgens tabel NB.5 van NEN-EN1991-1-4 $Z_e = 1 \text{ m}$ ($0 \leq z \leq 4$): $q_p = 0,60 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

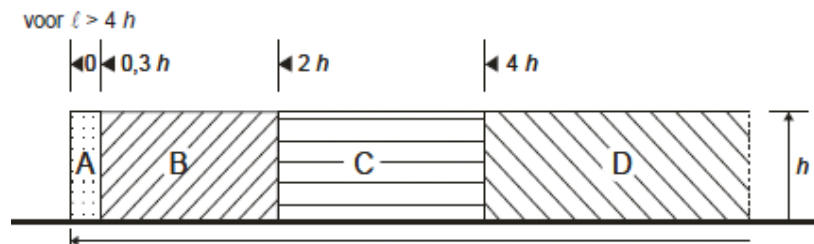
5.2.2 Bouwwerkfactor c_{scl}

Conform hoofdstuk 6 van NEN-EN1991-1-4:

$C_s C_d = 1,0$

5.2.3 Netto drukcoëfficiënt

Bij de beëindiging van een geluidsscherm wordt deze opgedeeld in een aantal zones, zie Figuur 6. De waarden van netto drukcoëfficiënt ($C_{p,net}$) per zone is bepaald in art 7.4.1 van NEN-EN1991-1-4. De waarde voor schermzone B is in de GCW 2012 afwijkend en hoger dan in de eurocode. In de GCW 2012 zijn de waarden gebaseerd op resultaten uit het TNO-rapport 2006-D-R0010, d.d. 21 maart 2006. In berekening worden de waarden volgens de GCW 2012 aangehouden (Tabel 1).



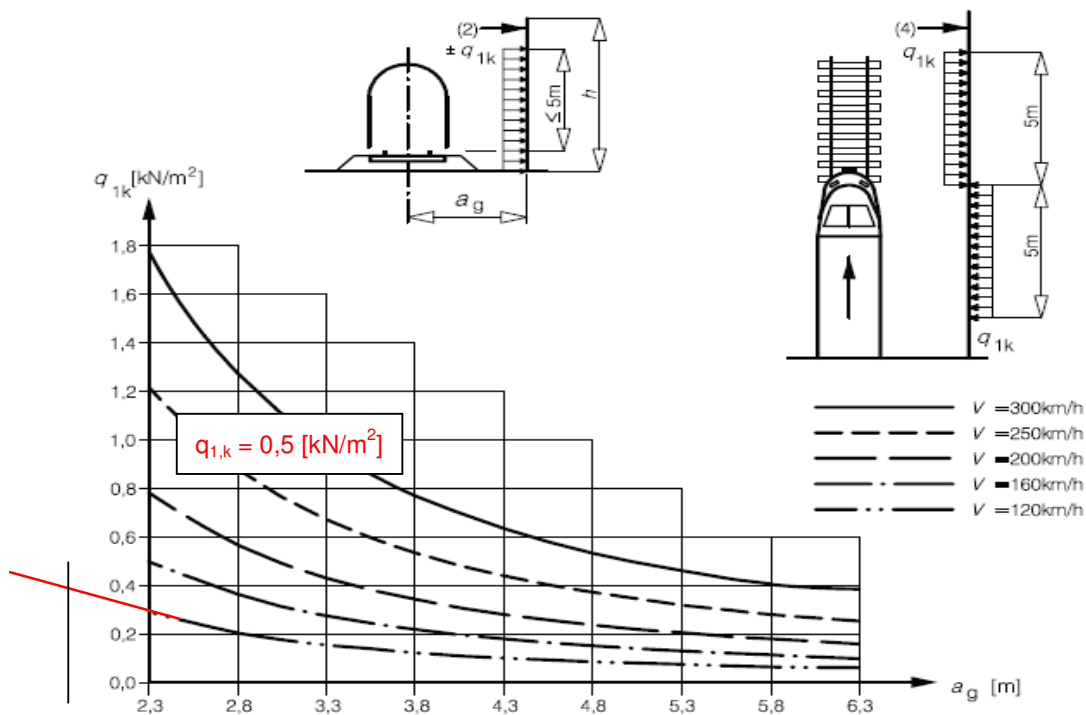
Figuur 6. Randzones NEN-EN 1991-1-4 voor bepaling windbelasting

Schermmzone	Nettodrukcoëfficiënt $C_{p,net}$
A	3,4
B	2,8
C	1,7
D	1,2

Tabel 1. Waarden netto drukcoëfficiënt uit GCW 2012

5.2.4 Variabel, zuiging en druk passerend spoorverkeer

De geluidschermen worden dicht langs het spoor geplaatst. Door de passerende metro treedt er zuiging en druk op die als belasting optreden tegen het geluidscherm. Dit belastinggeval hoeft niet gecombineerd te worden met de windbelasting. Voor de bepaling van zuiging of druk ten gevolge van passerend spoorverkeer geldt NEN-EN 1991-2 art. 6.6, zie Figuur 7.



Figuur 7. Grafiek uit NEN-EN 1991-2 art. 6.6.2

De lage geluidschermen worden aan de noordzijde op 1,75 [m] geplaatst uit de as van het noordelijk spoor. De grafiek uit NEN-EN 1991-2 geeft geen waarden voor een afstand $a_g < 2,3$ [m]. Door de onderste lijn ($v=120$ [km/uur]) denkbeeldig door te trekken geeft dit een maximale waarde van $q_{1,k}=0,4$ [kN/m²]. Dit is een licht conservatieve aanname aangezien de metrowagons in de werkelijkheid nooit harder zullen rijden dan 100 [km/uur] (ontwerpsnelheid). Bovendien zal de snelheid van heavyrail niet hoger zijn dan 80 [km/uur]. Voor schermtype 3 en 4 kan de waarde gewoon uit de grafiek worden gelezen.

Bij het begin en het eind van het geluidsscherm, over een lengte van 5 [m] vanaf het begin en einde van de constructie gemeten behoren de belastingen uit zuiging en druk te zijn vermenigvuldigd met een dynamische versterkingsfactor van 2,0. Voor de factor k_1 en k_2 wordt conservatief 1,0 aangehouden.

5.2.5 Variabel, doorval

Daar waar zich bij het geluidsscherm een hoogteverschil bevindt, dient het geluidsscherm als doorvalbeveiliging te fungeren. De belasting op de constructie is bepaald overeenkomstig de NEN1991-1-1, categorie C5 (grote mensenmassa's). De belasting bedraagt 3,0 [kN/m] op een hoogte van 1 m en een puntlast van 1,0 [kN] op een willekeurige plaats bij $h \leq 1$ m.

Voor schermtype 1 geldt dat deze zich niet ter plaatse van een hoogteverschil bevindt, voor schermtype 2 is dit wel het geval en is doorval meegenomen.

5.2.6 Variabel, calamiteit

Bij ontsporing van de metro is er sprake van een calamiteit. De geluidschermen zullen bij een dergelijke calamiteit bezwijken, wat geen grote gevolgen heeft. Daarom wordt er geen rekening gehouden met een aanrijdbelasting op de geluidschermen. Voor geluidsschermen type 5 op het bestaande viaduct geldt dat deze niet aangereden kan worden vanwege deze aanwezige ontsporingconstructies op het viaduct. Deze worden derhalve ook niet berekend op aanrijdbelasting.

5.2.7 Horizontale leuningbelasting

Voor geluidsschermen type 1 t/m 4:

Voor de horizontale belasting op de geluidschermen type 1 t/m 4 wordt 0,8 [kN/m] aanhouden conform artikel 4.8 uit NEN-EN1991-2 belastingen op leuning. De horizontale belasting wordt zowel een keer horizontaal als verticaal beschouwd, als variabele belasting op de bovenzijde van de leuning in geval van NIET een voor het publiek toegankelijke inspectiepad.

Voor geluidsscherm type 5:

Voor de horizontale belasting op de geluidsscherm type 5 wordt 3,0 [kN/m] aanhouden conform artikel 4.8 uit NEN-EN1991-2 belastingen op leuning. De horizontale belasting wordt zowel een keer horizontaal als verticaal beschouwd, als variabele belasting op de bovenzijde van de leuning in geval van WEL een voor het publiek toegankelijke inspectiepad.

5.3 Belastingcombinaties

De geluidschermen hebben een ontwerplevensduur van 50 jaar en vallen in gevolgklasse CC2, conform NEN-EN1990. De belastingcombinaties worden bepaald conform NEN-EN 1990.

De belastingfactoren voor de berekening conform vergelijking 6.10a zijn als volgt:

- Eigen gewicht = 1,35
- Permanente belasting = 1,35

De belastingfactoren voor de berekening conform vergelijking 6.10b zijn als volgt:

- Eigen gewicht = 1,20 of 0,90
- Variabele belasting = 1,50

Aangezien voor de verticale belasting slechts het eigen gewicht een aandeel levert en voor de horizontale belasting slechts de windbelasting of leuningbelasting een aandeel levert omdat de momentaan factor voor wind = 0 (zie tabel NB.2 – A.1.1 van NEN-EN1990+A1). Daarmee zijn de belastingcombinaties als volgt:

	1	2	3	4
Eigen gewicht	1,35	1,20	1,20	1,20
Permanente bel	1,35	1,20	1,20	1,20
Windbelasting		1,50		
Zuiging en druk			1,50	
Leuningbelasting				1,50

5.4 Belastingen op constructie geluidsscherm type 1 en 2

Verticale belasting geluidsscherm type 1

Eigen gewicht prefab betonelement is 28,7[kN]

Eigen gewicht betonplint is $0,4 \text{ [m]} \times 0,12 \text{ [m]} \times 6 \text{ [m]} \times 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} = 7,2 \text{ [kN]}$

Eigen gewicht stalen kolom HE160A ($1,0 \times 0,30 \text{ [kN/m]} = 0,30 \text{ [kN]}$)

Totale eigen gewicht vulling is $28,7 + 7,2 + 0,3 = 36,2 / (6 \times 1,5) = 4,02 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Verticale belasting geluidsscherm type 2

Eigen gewicht geluidsscherm met geluidscassettes is $2,5 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Eigen gewicht betonplint is $0,4 \text{ [m]} \times 0,12 \text{ [m]} \times 6 \text{ [m]} \times 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} = 7,2 \text{ [kN]}$

Eigen gewicht stalen kolom HE160A ($1,0 \times 0,30 \text{ [kN/m]} = 0,30 \text{ [kN]}$)

Totale eigen gewicht vulling is $7,2 + 0,30 = 7,2 / (6 \times 1,5) = 0,83 + 2,5 = 3,33 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Winddrukken

De variabele belasting bestaat uit gelijkmatig verdeelde belastingen. Deze worden omgerekend naar lijnlasten op de kolom. Op de geluidschermen zijn twee variabele belastingen beschouw: windbelasting en zuiging/druk door passerend spoorverkeer.

Doordat het geluidsscherm laag is ($h = 1,1 \text{ [m]}$) zijn de breedtes van de schermzones relatief klein in relatie tot de totale lengte van het geluidsscherm. Voor de berekening wordt kolom 2 als maatgevend beschouwd, omdat deze de grootste belasting door de netto drukcoëfficiënten op moet nemen. De afmetingen van kolom 2 zullen over de volledige lengte van het geluidsscherm worden toegepast.

Passerend railverkeer

De lage geluidschermen worden aan de noordzijde op $1,75 \text{ [m]}$ geplaatst uit de as van het noordelijk spoor. De aan te houden zuig- en drukbelasting voor passerende metro tegen het geluidsscherm is $0,40 \text{ [kN/m}^2\text{]}$.

Deze belasting is conservatief bepaalde door winddrukken van passerend treinverkeer. Deze waarde wordt derhalve gehanteerd.

Horizontale belasting t.g.v. ballastbed op betonplint

De betonplint wordt horizontale belasting met een belasting = 0,88 [kN/m].

Horizontale leuningbelasting

De horizontale leuningbelasting is de maatgevende horizontale belasting, hiervoor is 0,8 [kN/m] aangehouden, aangrijpingspunt is bovenkant geluidsscherm.

5.5 Belastingen op constructie geluidsscherm type 3 en 4

Verticale belasting geluidsscherm type 3

Eigen gewicht geluidsscherm of geluidscassettes is 2,5 [kN/m²]

Eigen gewicht betonplint is 0,6 [m] x 0,12 [m] x 6 [m] x 25 [kN/m³] = 10,8 [kN]

Eigen gewicht stalen kolom HE180A (2,0 x 0,355 [kN/m]) = 0,71 [kN]

Totale eigen gewicht vulling is 10,8 + 0,71 = 11,51 / (2,5 x 2,6) = 1,8 + 2,5 = 4,27 [kN/m²]

Verticale belasting geluidsscherm type 4

Eigen gewicht geluidsscherm of geluidscassettes is 2,5 [kN/m²]

Eigen gewicht betonplint is 0,6 [m] x 0,12 [m] x 6 [m] x 25 [kN/m³] = 10,8 [kN]

Eigen gewicht stalen kolom HE180A (2,5 x 0,355 [kN/m]) = 0,89 [kN]

Totale eigen gewicht vulling is 10,8 + 0,89 = 11,69 / (2,5 x 3,1) = 1,5 + 2,5 = 4,01 [kN/m²]

Winddrukken

De variabele belasting bestaat uit gelijkmatig verdeelde belastingen. Deze worden omgerekend naar lijnlasten op de kolom. Op de geluidschermen zijn twee variabele belastingen beschouw: windbelasting en zuiging/druk door passerend spoorverkeer.

Doordat het geluidsscherm hoog is (h = 2,0 [m]) zijn de breedtes van de schermzones relatief klein in relatie tot de totale lengte van het geluidsscherm. Voor de berekening wordt kolom 2 als maatgevend beschouwd, omdat deze de grootste belasting door de netto drukcoëfficiënten op moet nemen. De afmetingen van kolom 2 zullen over de volledige lengte van het geluidsscherm worden toegepast. Dit is een conservatieve benadering. De winddrukken is de maatgevende horizontale belasting.

Passerend railverkeer

De lage geluidschermen worden aan de noordzijde op 3,50 [m] geplaatst uit de as van het noordelijk spoor. De aan te houden zuig- en drukbelasting voor passerende metro tegen het geluidsscherm is 0,15 [kN/m²].

Horizontale belasting t.g.v. ballastbed op betonplint

De betonplint wordt horizontale belasting met een belasting = 1,98 [kN/m].

Horizontale leuningbelasting

Voor de horizontale leuningbelasting is 0,8 [kN/m] aangehouden, aangrijpingspunt is conservatief 1,0 [m] ten opzicht van bovenkant betonplint.

5.6 Belastingen op constructie geluidsscherm type 5

Verticale belasting geluidsscherm

Eigen gewicht geluidsscherm met geluidscassettes is 2,5 [kN/m²]

Eigen gewicht samengestelde kolom K140x80x10+2xPL160x10 (0,306+2x0,126) = 0,56 [kN]

Totale eigen gewicht vulling is 0,56 / (1 x 2) = 0,28 + 2,5 = 2,78 [kN/m²]

Winddrukken

De variabele belasting bestaat uit gelijkmatig verdeelde belastingen. Deze worden omgerekend naar lijnlasten op de kolom. Op de geluidschermen zijn twee variabele belastingen beschouw: windbelasting en zuiging/druk door passerend spoorverkeer.

Doordat het geluidsscherm laag is (h = 1,5 [m]) zijn de breedtes van de schermzones relatief klein in relatie tot de totale lengte van het geluidsscherm. Voor de berekening wordt kolom 2 als maatgevend beschouwd, omdat deze de grootste belasting door de netto drukcoëfficiënten op moet nemen. De afmetingen van kolom 2 zullen over de volledige lengte van het geluidsscherm worden toegepast. Dit is een conservatieve benadering.

De geluidsscherm wordt op een bestaande viaduct bevestigd waarvan de referentiehoogte voor het bepalen van de stuwdrukken conservatief 10 [m] wordt aangehouden.

Passerend railverkeer

De lage geluidschermen worden aan de noordzijde op 2,83 [m] geplaatst uit de as van het noordelijk spoor. De aan te houden zuig- en drukbelasting voor passerende metro tegen het geluidsscherm is 0,20 [kN/m²].

Horizontale leuningbelasting

De horizontale leuningbelasting is de maatgevende horizontale belasting, hiervoor is 3,0 [kN/m] aangehouden, aangrijpingspunt is hart handregel waarvan H = 1020 [mm].

6. Berekeningsresultaten

De uitwerking van de berekening is door middel van een Mathcad sheet gemaakt. Deze is in Bijlage 1 t/m 7 toegevoegd. In de Mathcad sheet is de maatgevende belasting van de wind (belastingcombinatie 2) aangehouden.

6.1 Controle stijl type 1 en 2

De spanning in de stijl bedraagt maximaal 73,9 [N/mm²]. Dit spanningsniveau is erg laag en de stijl voldoet. Aangezien de stijl niet geconserveerd wordt dient corrosie te worden beschouwd. Zie bijlage 1 en 2.

Corrosie

Voor de berekening houden we aan dat de stijlen niet worden geconserveerd. Dit betekent dat corrosie optreedt bij de maatgevende doorsnede (t.p.v. de aansluiting met voetplaat). Volgens GCW 2012 tabel 12 is de snelheid van de roestvorming in een gematigd agressief milieu 0,02 [mm/jaar]. Na 50 jaar zal de doorsnede van de stijl aan alle zijden met 1,0 [mm] zijn afgenomen. Door corrosie zal de stijl dunner c.q. minder sterk worden. De dikte van de flensen van de HE160A zijn bij het aanbrengen 9,0 [mm]. Na 50 jaar zal de constructie nog $((9,0[\text{mm}] - 2[\text{mm}]) / 9,0[\text{mm}]) = 77\%$ de sterkte hebben van de oorspronkelijk capaciteit. $\sigma_{s;d} = 1 / 0,77 * 73,9 = 96,0 \text{ [N/mm}^2\text{]} < 355 \text{ [N/mm}^2\text{]}$.

Het geluidsscherm is na 50 jaar onder invloed van corrosie nog voldoende sterk om de optredende krachten op te nemen. **Voldoet!**

6.2 Vervorming type 1 en 2

Type 1 en 2*

De maximale toelaatbare doorbuiging van de kolom is $L_s / 150 = 1.500 / 150 = 10,0 \text{ [mm]}$.

De optredende vervorming van de kolom is 0,9 [mm] < 10,0 [mm] **Voldoet!**

De optredende vervorming van de fundering inclusief hoekverdraaiing is 2,4 [mm], zie bijlage 2.

Volgens de GCW 2012 tabel 13 is de maximale toegestane elastische vervorming van de stijl inclusief vervorming van de fundering $L / 75 = 1.500 \text{ [mm]} / 75 = 20,0 \text{ [mm]}$.

De totale vervorming is 3,3 [mm] < 20,0 [mm] **Voldoet!**

*) voor de horizontale- en rotatie- veerwaarden van type 1 wordt de waarde van type 2 met korte buispaal toegepast. Dit is een conservatieve aanname omdat de betonnen poer van type 1 zich stijver zal gedragen.

6.3 Fundering type 1 en 2

Voor het verticale evenwicht dient de fundering voldoende draagvermogen te hebben om het eigengewicht van de constructie te dragen. Het verticale draagvermogen van de fundering voldoet hieraan, zie geotechnische berekening bijlage 6.

6.4 Controle stijl type 3 en 4

Voor de toetsing is geluidscherm type 4 1,0 [m] hoger en maatgevend boven geluidscherm 3. De bevindingen van geluidscherm type 4 voor de sterkte en vervormingen worden hieronder nader beschreven. Zie bijlage 3 en 4.

De spanning in de stijl bedraagt maximaal $151,6 \text{ [N/mm}^2\text{]}$. Dit spanningsniveau is erg laag en de stijl voldoet. Aangezien de stijl niet geconserveerd wordt dient corrosie te worden beschouwd.

Corrosie

Voor de berekening houden we aan dat de stijlen niet worden geconserveerd. Dit betekent dat corrosie optreedt bij de maatgevende doorsnede (t.p.v. de aansluiting met voetplaat). Volgens GCW 2012 tabel 12 is de snelheid van de roestvorming in een gematigd agressief milieu $0,02 \text{ [mm/jaar]}$. Na 50 jaar zal de doorsnede van de stijl aan alle zijden met $1,0 \text{ [mm]}$ zijn afgenomen. Door corrosie zal de stijl dunner c.q. minder sterk worden. De dikte van de flensen van de HE180A zijn bij het aanbrengen $9,5 \text{ [mm]}$. Na 50 jaar zal de constructie nog $((9,5 \text{ [mm]} - 2 \text{ [mm]}) / 9,5 \text{ [mm]}) = 79 \text{ [%]}$ de sterkte hebben van de oorspronkelijk capaciteit. $\sigma_{s,d} = 1 / 0,79 * 151,6 = 192,0 \text{ [N/mm}^2\text{]} < 355 \text{ [N/mm}^2\text{]}$. Het geluidscherm is na 50 jaar onder invloed van corrosie nog voldoende sterk om de optredende krachten op te nemen. **Voldoet!**

6.5 Vervorming type 4

De maximale toelaatbare doorbuiging van de kolom is $L_s / 150 = 3.100 / 150 = 20,7 \text{ [mm]}$.
De optredende vervorming van de kolom is $13,8 \text{ [mm]} < 20,7 \text{ [mm]}$ **Voldoet!**

De optredende vervorming van de fundering inclusief hoekverdraaiing is $21,9 \text{ [mm]}$, zie bijlage 4.

Volgens de GCW 2012 tabel 13 is de maximale toegestane elastische vervorming van de stijl inclusief vervorming van de fundering $L / 75 = 3.100 \text{ [mm]} / 75 = 41,3 \text{ [mm]}$.
De totale vervorming is $21,9 \text{ [mm]} < 41,3 \text{ [mm]}$ **Voldoet!**

6.6 Fundering type 4

Voor het verticale evenwicht dient de fundering voldoende draagvermogen te hebben om het eigengewicht van de constructie te dragen. Het verticale draagvermogen van de fundering voldoet hieraan, zie geotechnische berekening bijlage 6.

6.7 Controle stijl type 5

De spanning in de stijl bedraagt maximaal $30,0 \text{ [N/mm}^2\text{]}$. Dit spanningsniveau is erg laag en de stijl voldoet. Aangezien de stijl niet geconserveerd wordt dient corrosie te worden beschouwd. Zie bijlage 5.

Corrosie

Voor de berekening houden we aan dat de stijlen niet worden geconserveerd. Dit betekent dat corrosie optreedt bij de maatgevende doorsnede (t.p.v. de aansluiting met voetplaat). Volgens GCW 2012 tabel 12 is de snelheid van de roestvorming in een gematigd agressief milieu 0,02 [mm/jaar]. Na 50 jaar zal de doorsnede van de stijl aan alle zijden met 1,0 [mm] zijn afgenomen. Door corrosie zal de stijl dunner c.q. minder sterk worden. De dikte van de flensen van de samengestelde profiel zijn bij het aanbrengen 10,0 [mm]. Na 50 jaar zal de constructie nog $((10,0 \text{ [mm]} - 2 \text{ [mm]}) / 10,0 \text{ [mm]}) = 80 \text{ [\%]}$ de sterkte hebben van de oorspronkelijk capaciteit. $\sigma_{s;d} = 1 / 0,80 * 30,0 = 37,5 \text{ [N/mm}^2\text{]} < 355 \text{ [N/mm}^2\text{]}$. Het geluidscherm is na 50 jaar onder invloed van corrosie nog voldoende sterk om de optredende krachten op te nemen. **Voldoet!**

6.8 Vervorming type 5

De maximale toelaatbare doorbuiging van de kolom is $L_s / 150 = 1.100 / 150 = 7,3 \text{ [mm]}$. De optredende vervorming van de kolom is 0,4 [mm] < 7,3 [mm] **Voldoet!**

De optredende vervorming van de fundering inclusief hoekverdraaiing is 1,5 [mm], zie bijlage 5.

Volgens de GCW 2012 tabel 13 is de maximale toegestane elastische vervorming van de stijl inclusief vervorming van de fundering $L/75 = 1.100 \text{ [mm]} / 75 = 14,6 \text{ [mm]}$. De totale vervorming is 1,8 [mm] < 20,0 [mm] **Voldoet!**

*) voor de horizontale- en rotatie- veerwaarden van type 5 wordt de waarde van type 2 met korte buispaal toegepast. Dit is een conservatieve aanname omdat geluidscherm bevestigd wordt op een bestaande stijve viaduct.

Bijlage 1 Berekening kolom geluidscherm type 1

Standaardberekening geluidsschermen type 1

volgens NEN-EN 1991-1-4 en GCW 2012

1 INLEIDING

In deze sheet worden geluidsschermen met een staander worden berekend overeenkomstig de NEN-EN 1991-1-4 en de GCW 2012

2 UITGANGSPUNTEN en/of RANDVOORWAARDEN

De volgende richtlijnen en/of normen zijn van toepassing:

- GCW 2012;
- NEN-EN 1991-1-4;
- NEN-EN1991-2;
- NEN-EN1992-1;
- NEN-EN1993-2;
- NEN-EN 1993-1-9.

Referentie tekeningen:

Tekeningnummer	Naam
S-HHB-BT-291a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en leuning/looproosters en details geluidsschermen
S-HHB-BT-292a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en details leuningwerk en geluidsschermen
B-HBA-BT-301a	Detailblad type geluidsschermen
B-HBA-BT-310a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 500.792 - km 501.122 (zuidzijde)
B-HBA-BT-311a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 501.32 - km 501.42 (zuidzijde)
B-HBA-BT-312a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 501.62 - km 501.76 (zuidzijde)
B-HBA-BT-320a	Aansluiting NL-Vlaardingen O.(BC), geluidsscherf km 502.4 - km 502.6, km 502.6 - km 502.83 (zuidzijde)
B-HBA-BT-330a	Vlaardingen O. - Vld Cent. (BD), geluidsscherf km 505.01- km 505.18 (noordzijde), km 504.79 - km 504.91 (vulcaanhaven)
B-HBA-BT-360a	Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherf km 512.51-512.59 (zuid), km 512.93 -513.26 (noord) Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherf km 513.03-513.3 (zuid), km 513.36-513.5 (noord)
B-HBA-BT-362a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Schiedam
B-HBA-BT-363a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Vlaardingen
B-HBA-BT-364a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Maassluis
B-HBA-BT-370a	Maassluis W. - Steendijkpolder (BH), geluidsscherf (noordzijde) km 514.12 - km 514.3

3 INVOER ALGEMEEN

3.1 Geometrie

Lengte

$$L_{\text{scherm}} := 200\text{m}$$

Hoogte = hoogte (scherm + betonplint)

$$H_{\text{scherm}} := 1.50\text{m}$$

Hart op hart afstand staanders

$$d := 6.0\text{m}$$

Eigen gewicht vulling

$$q_{\text{EG.vul}} := 4.02 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

3.2 Profieleigenschappen

Type profiel kolom

$$\text{HE160A}$$

Oppervlakte profiel

$$A_{\text{prof}} := 3877 \cdot \text{mm}^2$$

Oppervlakte afschuifvlakf

$$A_v := 997 \cdot \text{mm}^2$$

Volumieke massa materiaal staal

$$\rho_{\text{mat}} := 7850 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Volumieke massa materiaal ballastbed

$$\rho_{\text{mat.ballast}} := 2200 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Elasticiteitsmodulus materiaal

$$E_d := 210000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Toelaatbare spanning staalprofiel

$$f_{\text{ud}} := 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Traagheidsmoment

$$I_{\text{prof}} := 1673 \cdot 10^4 \cdot \text{mm}^4$$

Weerstandsmoment

$$W_{\text{prof}} := 220 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$$

3.3 Eigenschappen fundering

Veerwaarde fundering k_y (translatie)

$$k_y := \frac{12.7\text{kN}}{5.9\text{mm}}$$

$$k_y = 2152.542 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Veerwaarde fundering ϕ_y (rotatie)

$$\phi_y := \frac{10\text{kNm}}{\left(\frac{1}{500}\right)\text{rad}}$$

$$\phi_y = 5000 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{rad}}$$

3.4 Belastingfactoren

Belastingfactor permanent

$$\gamma_G := 1.2$$

Belastingfactor variabel

$$\gamma_Q := 1.5$$

3.5 Uitgangspunten vermoeiing

Ontwerplevensduur in jaren

$$\text{levensduur} := 50$$

Partiële belastingfactor vermoeiing

$$\gamma_{Ff} := 1.0$$

Materiaalfactor vermoeiing: EN 1993-1-9:2003 (Tabel 3.1)

$$\gamma_{Mf} := 1.35$$

4 BEPALING BELASTINGEN

4.1 Windbelasting

Basiswaarden (4.2)

Windgebied

$$WG := 2$$

Terreincategorie

$$TC := 2$$

Referentiehoogte

$$z := 3\text{m}$$

Windrichtingsfactor

$$c_{\text{dir}} := 1.0$$

Seizoensfactor

$$c_{\text{season}} := 1.0$$

Fundamentele waarde van de basiswindsnelheid

$$V_{b0} := \begin{cases} 29.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{if } WG = 1 \\ 27 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{if } WG = 2 \\ 24.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$V_{b0} = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Basiswindsnelheid

$$v_b := c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot V_{b0}$$

$$v_b = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Gemiddelde wind 4.3

Terreincategorie

$$TC = 2$$

Ruwheidslengte

$$z_0 := \begin{cases} 0.005\text{m} & \text{if } TC = 0 \\ 0.2\text{m} & \text{if } TC = 2 \\ 0.5\text{m} & \text{if } TC = 3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad z_0 = 0.2\text{ m}$$

Minimale hoogte

$$z_{\min} := \begin{cases} 1\text{m} & \text{if } TC = 0 \\ 4\text{m} & \text{if } TC = 2 \\ 7\text{m} & \text{if } TC = 3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad z_{\min} = 4\text{ m}$$

Ruwheidslengte TCII (standaard parameter)

$$z_{0II} := 0.05\text{m}$$

Maximale hoogte (standaard parameter)

$$z_{\max} := 200\text{m}$$

Terreinfactor

$$k_T := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0II}} \right)^{0.07} \quad k_T = 0.209$$

Ruwheidsfactor C_{rz}

$$c_{rz} := \begin{cases} k_T \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ k_T \cdot \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right) & \text{if } z \leq z_{\min} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad c_{rz} = 0.627$$

Oreografiefactor:

Werkelijke lengte van de helling/het talud, loefzijde

$$L_u := 8 \cdot \text{m}$$

Hoogte van het talud/de heuvel

$$H_u := 2 \cdot \text{m}$$

Afstand top van de helling helling tot constructie
(let op het teken, zie afbeelding)

$$X := 0.5 \cdot \text{m}$$

Werkelijke lengte van de helling aan lijzijde in geval van een heuvel

$$L_d := 8 \cdot \text{m}$$

Helling, loefzijde

$$\phi := \frac{H_u}{L_u} \quad \phi = 0.25$$

Effectieve lengte van de helling

$$L_e := \begin{cases} L_u & \text{if } \phi < 0.3 \\ \frac{H_u}{0.3} & \text{if } \phi \geq 0.3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad L_e = 8\text{ m}$$

$$\frac{X}{L_u} = 0.063 \quad \frac{X}{L_e} = 0.063$$

Orografielocatiefactor

$$s_w := 0$$

Aflezen vanuit figuur

Orografiefactor

$$c_o := \begin{cases} 1 & \text{if } \phi < 0.05 \\ 1 + 2s \cdot \phi & \text{if } 0.05 \leq \phi < 0.3 \\ 1 + 0.6s & \text{if } \phi \geq 0.3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad c_o = 1$$

Windturbulentie 4.4

Turbulentiefactor k_I

$$k_I := 1$$

$$c_{o,z} := c_o$$

Turbulenteintensiteit

$$I_{vz} := \begin{cases} \frac{k_I}{c_{o,z} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ \frac{k_I}{c_{o,z} \cdot \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right)} & \text{if } z \leq z_{\min} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad I_{vz} = 0.334$$

Extreme stuwdruk 4.5

Bepaling van de stuwdruk op hoogte z boven maaiveld. De waarde van q_p correspondeert met Tabel NB4.

$$\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$v_{mz} := c_{rz} \cdot c_{o,z} \cdot v_b$$

$$v_{mz} = 16.9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_p := \left(1 + 7 \cdot I_{vz}\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{mz}^2$$

$$q_p = 0.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Bouwwerkfactor (H6)

$$C_s C_d := 1.0$$

Druk en krachtcoëfficiënten (H7)

Verhouding l/h

$$\frac{L_{\text{scherm}}}{H_{\text{scherm}}} = 133.333$$

Nettodrukcoëfficiënten
(zie tabel)

$$c_{p,\text{net},A} := 3.4$$

$$c_{p,\text{net},B} := 2.8$$

$$c_{p,\text{net},C} := 1.7$$

$$c_{p,\text{net},D} := 1.2$$

Beedte van zones

$$B_A := 0.3 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_A = 0.45 \text{ m}$$

$$B_B := 1.7 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_B = 2.55 \text{ m}$$

$$B_C := 2 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_C = 3 \text{ m}$$

$$B_D := L_{\text{scherm}} - B_A - B_B - B_C$$

$$B_D = 194 \text{ m}$$

Beschuttingsfactor

$$\psi_s := 1.0$$

$$p_{w,A} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},A} \cdot q_p$$

$$p_{w,A} = 2.033 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,B} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},B} \cdot q_p$$

$$p_{w,B} = 1.674 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,C} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},C} \cdot q_p$$

$$p_{w,C} = 1.017 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,D} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},D} \cdot q_p$$

$$p_{w,D} = 0.718 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Representatieve lijnlast op 1e staander

$$q_{w,1} := \begin{cases} p_{w,A} \cdot d \cdot 0.5 & \text{if } d \leq 2B_A \\ p_{w,A} \cdot B_A + p_{w,B} \cdot (0.5d - B_A) & \text{if } 2B_A < d \leq B_A + B_B + B_C \\ p_{w,A} \cdot B_A + p_{w,B} \cdot B_B + p_{w,C} \cdot (0.5d - B_A - B_B) & \text{if } B_A + B_B + B_C < d \leq 8 \cdot H_{\text{scherm}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$q_{w,1} = 5.185 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$q_{w,2} := \begin{cases} p_{w,A} \cdot d & \text{if } d \leq 0.5B_A \\ p_{w,A} \cdot (B_A - 0.5 \cdot d) + p_{w,B} \cdot (d - B_A) & \text{if } 0.5B_A < d < 2B_A \\ p_{w,B} \cdot d & \text{if } 2B_A \leq d \leq (B_B + B_A - 0.5 \cdot d) \\ p_{w,B} \cdot (B_A + B_B - 0.5 \cdot d) + [1.5 \cdot d - (B_A + B_B)] \cdot p_{w,C} & \text{if } (B_B + B_A - 0.5 \cdot d) \leq d \leq B_B + B_A \\ p_{w,C} \cdot (0.5d - B_C) + p_{w,D} \cdot (0.5 \cdot d - 0.5 \cdot B_C) + (0.5 \cdot d) \cdot p_{w,C} & \text{if } (B_B + B_A) \leq d \leq 1.5 \cdot B_C + B_D \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$q_{w,2} = 4.126 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Representatieve lijnlast op 2e staander

4.2 Belasting t.g.v. passerende treinen (NEN-EN 1991-2 par. 6.6)

Aantal treinen per jaar (voor vermoeiing)

$$n_T := 105120$$

Karakteristieke waarde van de belasting

$$q_{1k} := 0.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Factor voor de vorm van de treinen (6.6.2)

$$k_1 := 1.0$$

Factor voor lokale toetsing (6.6.2)

$$k_2 := 1.0$$

Dynamische factor voor beeindiging (5m, vaste waarde)

$$C_{\text{dyn}} := 2$$

Representatieve vlakbelasting t.g.v. passerende treinen (excl C.dyn):

$$p_{\text{tr}} := q_{1k} \cdot k_1 \cdot k_2$$

$$p_{\text{tr}} = 0.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Representatieve lijnbelasting t.g.v. passerende treinen (incl. C.dyn)

$$q_{\text{tr}} := \begin{cases} p_{\text{tr}} \cdot d \cdot C_{\text{dyn}} & \text{if } d \leq \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot d \cdot 0.5 + p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot (5 \cdot \text{m} - d) + p_{\text{tr}} \cdot [d \cdot 0.5 - (5 \cdot \text{m} - d)] & \text{if } \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \text{m} < d \leq 5 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot [d \cdot 0.5 - (d - 5 \cdot \text{m})] + p_{\text{tr}} \cdot (d - 5 \cdot \text{m}) + p_{\text{tr}} \cdot (d \cdot 0.5) & \text{if } 5 \cdot \text{m} < d \leq 10 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot d & \text{if } d > 10 \cdot \text{m} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$q_{\text{tr}} = 3.2 \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

4.3 Doorvalbeveiliging

Representatieve waarde van de lijnlast

$$q_{\text{dv.rep}} := 0.80 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Representatieve waarde van de puntlast

$$F_{\text{dv.rep}} := 1.0 \text{ kN}$$

Hoogte van aangrijpen

$$h_{\text{dv}} := 1000 \cdot \text{mm}$$

Representatieve dwarskracht door doorval

$$V_{\text{dv.rep}} := \max[(q_{\text{dv.rep}} \cdot d), F_{\text{dv.rep}}]$$

$$V_{\text{dv.rep}} = 4.8 \cdot \text{kN}$$

Representatief moment door doorval

$$M_{\text{dv.rep}} := \max(q_{\text{dv.rep}} \cdot H_{\text{scherm}} \cdot d, F_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}})$$

$$M_{\text{dv.rep}} = 7.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

4.4 Horizontale belasting tgv ballastbed op betonplint

Hoogte betonplint

$$h_p := 400 \text{ mm}$$

Horizontale gronddrukcoefficient:

$$k_h := 0.5$$

Dwarskracht tgv horizontale gronddruk (rep):

$$V_{\text{gr_rep}} := 0.5 \cdot k_h \cdot d \cdot h_p^2 \cdot \rho_{\text{mat.ballast}} \cdot g = 5.18 \cdot \text{kN}$$

Moment tgv horizontale gronddruk (rep):

$$M_{\text{gr_rep}} := V_{\text{gr_rep}} \cdot \frac{h_p}{3} = 0.691 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

4.4 Bepaling maatgevende krachten

Maximale lijnlast representatief	$q_{\text{rep}} := \max(q_{w,1}, q_{w,2}, q_{\text{tr}})$	$q_{\text{rep}} = 5.185 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Rekenwaarde lijnlast	$q_d := \gamma_Q \cdot q_{\text{rep}}$	$q_d = 7.777 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
E.G. profiel	$q_{\text{EG,prof}} := A_{\text{prof}} \cdot \rho_{\text{mat}} \cdot g$	$q_{\text{EG,prof}} = 0.299 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Normaalkracht (representatieve waarde)		
	$N_{\text{rep}} := d \cdot H_{\text{scherm}} \cdot q_{\text{EG,vul}} + H_{\text{scherm}} \cdot q_{\text{EG,prof}}$	$N_{\text{rep}} = 36.628 \cdot \text{kN}$
Dwarskracht (representatieve waarde)		
	$V_{\text{rep}} := \max(q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}} + V_{\text{gr_rep}}, V_{\text{dv.rep}} + V_{\text{gr_rep}})$	$V_{\text{rep}} = 12.957 \cdot \text{kN}$
Moment (representatieve waarde)		
	$M_{\text{rep}} := \max\left(0.5 \cdot q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}}^2 + M_{\text{gr_rep}}, M_{\text{dv.rep}} + M_{\text{gr_rep}}\right)$	$M_{\text{rep}} = 7.891 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Normaalkracht (rekenwaarde)	$N_d := \gamma_G \cdot N_{\text{rep}}$	$N_d = 43.953 \cdot \text{kN}$
Dwarskracht (rekenwaarde)	$V_d := \gamma_Q \cdot V_{\text{rep}}$	$V_d = 19.436 \cdot \text{kN}$
Moment (rekenwaarde)	$M_d := \gamma_Q \cdot M_{\text{rep}}$	$M_d = 11.836 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

5. TOETSING

5.1 Controle doorbuiging

Translatie fundering	$\delta_{\text{fund}} := \frac{V_{\text{rep}}}{k_y}$	$\delta_{\text{fund}} = 6.019 \cdot \text{mm}$
Hoekverdraaiing fundering	$\phi_{\text{fund}} := \frac{M_{\text{rep}}}{\phi_y}$	$\phi_{\text{fund}} = 1.578 \cdot \text{mrad}$
	$\delta_{\text{LS}} := \phi_{\text{fund}} \cdot H_{\text{scherm}}$	$\delta_{\text{LS}} = 2.367 \cdot \text{mm}$
Doorbuiging profiel, qlast	$\delta_q := \frac{q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}}^4}{8 \cdot E_d \cdot I_{\text{prof}}}$	$\delta_q = 0.934 \cdot \text{mm}$
Doorbuiging profiel, doorval	$\delta_{\text{dv}} := \frac{V_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}}^3}{3 \cdot E_d \cdot I_{\text{prof}}}$	$\delta_{\text{dv}} = 0.455 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{prof}} := \max(\delta_{\text{dv}}, \delta_q)$	$\delta_{\text{prof}} = 0.93 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{prof.toelaatbaar}} := \frac{H_{\text{scherm}}}{150}$	$\delta_{\text{prof.toelaatbaar}} = 10 \cdot \text{mm}$
U.C. doorbuiging stijl	$\text{UC1} := \frac{\delta_{\text{prof}}}{\delta_{\text{prof.toelaatbaar}}}$	$\text{UC1} = 0.093$
Totale doorbuiging	$\delta_{\text{tot}} := \delta_{\text{prof}} + \delta_{\text{LS}}$	$\delta_{\text{tot}} = 3.301 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{tot.toelaatbaar}} := \frac{H_{\text{scherm}}}{75}$	$\delta_{\text{tot.toelaatbaar}} = 20 \cdot \text{mm}$
U.C. doorbuiging totaal	$\text{UC2} := \frac{\delta_{\text{tot}}}{\delta_{\text{tot.toelaatbaar}}}$	$\text{UC2} = 0.165$

5.2 Controle spanningen profiel (let op: stabiliteit zit niet in deze controle)

Normaalspanning

$$\sigma_M := \frac{M_d}{W_{\text{prof}}}$$

$$\sigma_M = 53.8 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Afschuifspanning

$$\tau := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_v}$$

$$\tau = 29.241 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Von mises spanning

$$\sigma_d := \sqrt{\sigma_M^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\sigma_d = 73.889 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Toelaatbare spanning

$$f_{ud} = 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

U.C. spanningen

$$UC3 := \frac{\sigma_d}{f_{ud}} = 0.208$$

$$UC3 = 0.208$$

5.3 Controle bouten (statisch)

Afstand anker tot drukzone (arm)

$$e_{\text{ankers}} := 222 \cdot \text{mm}$$

Aantal ankers in trekzone

$$a_{\text{ankers}} := 2$$

Oppervlakte boutdoorsnede

$$A_{bs} := 245 \cdot \text{mm}^2$$

Kracht per anker

$$F_{\text{anker.d}} := \frac{M_d}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}}$$

$$F_{\text{anker.d}} = 26.658 \cdot \text{kN}$$

Maximale opneembare kracht in anker (10.9 gerolde draad).

$$F_{\text{tud}} := 0.72 \cdot 1000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot A_{bs}$$

$$F_{\text{tud}} = 176.4 \cdot \text{kN}$$

$$UC4 := \frac{F_{\text{anker.d}}}{F_{\text{tud}}}$$

$$UC4 = 0.151$$

$$\sigma_{\text{anker}} := \frac{F_{\text{anker.d}}}{A_{bs}}$$

$$\sigma_{\text{anker}} = 108.806 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

5.4 Controle spanningen voetplaat (statisch, vereenvoudigd)

Kracht in ankers

$$F_{\text{anker.d}} = 26.658 \cdot \text{kN}$$

Dikte voetplaat

$$t_{\text{plaat}} := 25 \cdot \text{mm}$$

Diameter boutgat

$$\phi_{\text{boutgat}} := 23 \cdot \text{mm}$$

Maximale arm tot profiel

$$e_{\text{pl}} := 34 \cdot \text{mm}$$

Effectief meewerkende breedte kopplaat

$$l_{\text{eff}} := \phi_{\text{boutgat}} + 2 \cdot e_{\text{pl}} = 91 \cdot \text{mm}$$

Toelaatbare spanning

$$f_{\text{udplaat}} := 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Moment in plaat

$$M_{\text{plaat.d}} := F_{\text{anker.d}} \cdot e_{\text{pl}} \quad M_{\text{plaat.d}} = 0.906 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Weerstandmoment plaatdeel

$$W_{\text{plaat}} := \frac{1}{4} \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{plaat}}^2 \quad W_{\text{plaat}} = 14218.75 \cdot \text{mm}^3$$

Spanning in plaat

$$\sigma_{\text{plaat}} := \frac{M_{\text{plaat.d}}}{W_{\text{plaat}}} \quad \sigma_{\text{plaat}} = 63.744 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

U.C. spanningen

$$\text{UC5} := \frac{\sigma_{\text{plaat}}}{f_{\text{udplaat}}} = 0.18$$

5.5 Controle vermoeiing lasdetail profiel-voetplaat

Representatief moment door treinen $M_{tr} := 0.5 \cdot q_{tr} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{tr} = 3.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Dit moment werkt eerst de ene kant op en vervolgens de andere kant op (zie figuur 6.22 NEN-EN 1991-2), de spanningswisseling is derhalve 2 maal zo hoog als de representatieve wisseling.

Representatieve waarde van de spanningswisseling door treinen: $\Delta\sigma_{tr.rep} := \frac{2 \cdot M_{tr}}{W_{prof}}$ $\Delta\sigma_{tr.rep} = 32.727 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Representatief moment door wind: $M_{w,1} := 0.5 \cdot q_{w,1} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{w,1} = 5.833 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_{w,2} := 0.5 \cdot q_{w,2} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{w,2} = 4.642 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_w := \max(M_{w,1}, M_{w,2})$ $M_w = 5.833 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Dit moment werkt eerst de ene kant op en vervolgens de andere kant op (volgens GCW2012), de spanningswisseling is derhalve 2 maal zo hoog als de representatieve wisseling.

Representatieve waarde van de spanningswisseling door wind: $\Delta\sigma_{w.rep} := \frac{2 \cdot M_w}{W_{prof}}$ $\Delta\sigma_{w.rep} = 53.027 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$n := 9$

$i := 0, 1 \dots (n - 1)$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta\sigma_i :=$
$\Delta\sigma_{tr.rep}$
$\Delta\sigma_{w.rep}$
$0.85 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.73 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.6 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.48 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.26 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.12 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.03 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$

Rekenwaarde(n)
spanningswisselingen:

Totaal aantal(len)
spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$NA := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$\Delta\sigma_i =$$

32.7	$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$
53.0	
45.1	
38.7	
31.8	
25.5	
13.8	
6.4	
1.6	

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_C := 80 \cdot N \cdot \text{mm}^{-2}$$

(detail 1 uit tabel 8.5)

Dikte van de beschouwde plaat (indien k_s van toepassing is), zo niet => kies 1 mm:

$$t := 1 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. plaatdikte:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{25 \cdot \text{mm}}{t} \right)^{0.2} & \text{if } t > 25 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 59.259 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 43.663 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 23.98 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

21133366
2791255
4545093
9128617
24336775
74269943
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.249
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000

Schade
openingen:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

D = 0.25

UC6 := $\frac{D}{1.0} = 0.249$

5.6 Controle vermoeiing lasdetail voetplaat op buiging

Kracht in ankers door treinpassage

$$\Delta F_{\text{anker.tr}} := \frac{M_{\text{tr}}}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}} \quad \Delta F_{\text{anker.tr}} = 8.108 \cdot \text{kN}$$

Moment in plaat t.g.v. treinpassage

$$\Delta M_{\text{plaat.tr}} := \Delta F_{\text{anker.tr}} \cdot e_{\text{pl}} \quad \Delta M_{\text{plaat.tr}} = 0.276 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elastisch weerstandsmoment voetplaat

$$W_{\text{plaat.el}} := \frac{1}{6} \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{plaat}}^2 \quad W_{\text{plaat.el}} = 9479.167 \cdot \text{mm}^3$$

Spanningwisseling in plaat t.g.v. treinpassage

$$\Delta \sigma_{\text{plaat.tr}} := \frac{\Delta M_{\text{plaat.tr}}}{W_{\text{plaat.el}}} \quad \Delta \sigma_{\text{plaat.tr}} = 29.082 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kracht in ankers door wind

$$\Delta F_{\text{anker.w}} := \frac{M_{\text{w}}}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}} \quad \Delta F_{\text{anker.w}} = 13.137 \cdot \text{kN}$$

Moment in plaat t.g.v. wind

$$\Delta M_{\text{plaat.w}} := \Delta F_{\text{anker.w}} \cdot e_{\text{pl}} \quad \Delta M_{\text{plaat.w}} = 0.447 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Spanningwisseling in plaat door wind

$$\Delta \sigma_{\text{plaat.w}} := \frac{\Delta M_{\text{plaat.w}}}{W_{\text{plaat.el}}} \quad \Delta \sigma_{\text{plaat.w}} = 47.121 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$i := 0, 1 \dots (n - 1)$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta \sigma_i :=$
$\Delta \sigma_{\text{plaat.tr}}$
$\Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.85 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.73 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.6 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.48 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.26 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.12 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.03 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$

Rekenwaarde(n)
spanningswisselingen:

Totaal aantal(len)
spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$NA := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$\Delta\sigma_i =$$

29.1	$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$
47.1	
40.1	
34.4	
28.3	
22.6	
12.3	
5.7	
1.4	

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_{CR} := 80 \cdot N \cdot \text{mm}^{-2}$$

(detail 1 uit tabel 8.4)

Dikte van de beschouwde plaat (indien k_s van toepassing is), zo niet => kies 1 mm:

$$t := 1 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. plaatdikte:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{25 \cdot \text{mm}}{t} \right)^{0.2} & \text{if } t > 25 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 59.259 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constate amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 43.663 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 23.98 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

38139615
3977811
7697191
16474514
43920842
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.138
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000

Schade:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

$$D = 0.14$$

$$UC7 := \frac{D}{1.0} = 0.138$$

5.8 Controle vermoeiing bouten

Voorspankracht anker

$$F_{vs} := 50 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{vs} := \frac{F_{vs}}{A_{bs}}$$

$$\sigma_{vs} = 204.082 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Representatieve waarde van de spanningswisseling door treinen:

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} := \frac{\Delta F_{\text{anker.tr}}}{A_{bs}}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} = 33.094 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Representatieve waarde van de spanningswisseling door wind:

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} := \frac{\Delta F_{\text{anker.w}}}{A_{bs}}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} = 53.622 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} := \begin{cases} 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & \text{if } \sigma_{vs} \geq \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} \\ \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} - \sigma_{vs} & \text{if } \sigma_{vs} < \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} := \begin{cases} 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & \text{if } \sigma_{vs} \geq \Delta\sigma_{\text{anker.w}} \\ \Delta\sigma_{\text{anker.w}} - \sigma_{vs} & \text{if } \sigma_{vs} < \Delta\sigma_{\text{anker.w}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$n := 9$$

$$i := 0, 1 \dots (n - 1)$$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta\sigma_i :=$
$\Delta\sigma_{tr.rep}$
$\Delta\sigma_{w.rep}$
$0.85 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.73 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.6 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.48 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.26 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.12 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.03 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$

Rekenwaarde(n) spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma_i =$$

0.0
0.0
0.0
0.0
0.0
0.0
0.0
0.0
0.0
0.0

$$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$NA_i := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_C := 50 \cdot N \cdot \text{mm}^{-2}$$

Boutdiameter

$$O := 24 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. boutmaat:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{30 \cdot \text{mm}}{O} \right)^{0.25} & \text{if } O > 30 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$

$\Delta\sigma_{C.red} = 37.037 \cdot \frac{N}{mm^2}$

Constance amplitude limiet:

$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$

$\Delta\sigma_D = 27.289 \cdot N \cdot mm^{-2}$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$

$\Delta\sigma_L = 14.99 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000

Schade:

$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$

D = 0

$UC := \frac{D}{1.0} = 0$

5.9 Controle verankeringlengte

De verankeringlengte voor op trek belaste wapeningsstaaf conform NEN-EN 1992-1-1 vgl 8.4

Type verankering

staaf := "rechte staaf"

Type aanhechting

aanhechting := "goede aanhechting"

Betondekking

$c_d := 50 \cdot \text{mm}$

Diameter verankering

$\phi := 20 \cdot \text{mm}$

Staalspanning in de verankering

$$\sigma_{sd} := \frac{F_{\text{anker.d}}}{A_{bs}} \quad \sigma_{sd} = 108.806 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Rekenwaarde betontreksterkte C30/37

$$f_{ctd} := 1.35 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\eta_1 := \begin{cases} 1 & \text{if } \text{aanhechting} = \text{"goede aanhechting"} \wedge \phi \leq 32\text{mm} \\ 0.7 & \text{if } \text{aanhechting} = \text{"slechte aanhechting"} \wedge \phi \leq 32\text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 := \begin{cases} 1 & \text{if } \phi \leq 32\text{mm} \\ \frac{132 - \frac{\phi}{\text{mm}}}{100} & \text{if } \phi > 32\text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\eta_2 = 1$$

Uiterste opneembare aanhechtspanning

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$$f_{bd} = 3.038 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

De vereiste basisverankeringlengte

$$l_{b.rqd} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$l_{b.rqd} = 179.105 \cdot \text{mm}$$

$$\alpha_1 := \begin{cases} 1 & \text{if } \text{staaf} = \text{"rechte staaf"} \\ 0.7 & \text{if } \text{staaf} = \text{"gebogen staaf"} \wedge c_d > 3 \cdot \phi \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 := \begin{cases} 1 - \frac{0.15 \cdot (c_d - \phi)}{\phi} & \text{if } \text{staaf} = \text{"rechte staaf"} \wedge 0.7 \leq \alpha_2 \leq 1.0 \\ \left[1 - \frac{0.15 \cdot (c_d - 3\phi)}{\phi} \right] & \text{if } \text{staaf} = \text{"gebogen staaf"} \wedge 0.7 \leq \alpha_2 \leq 1.0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 := 1$$

$\alpha_4 := 1$ deze factoren verdisconteren invloed opsluiting dwarswapening, gelaste dwarswapening of dwarsdruk

$\alpha_5 := 1$

Rekenwaarde verankeringslengte

$$l_{bd} := \max\left[(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b.rqd}), 0.3 \cdot l_{b.rqd}, 10 \cdot \phi, 100\text{mm}\right]$$

$$l_{bd} = 200 \cdot \text{mm}$$

Toegepaste verankeringslengte

$$l_{bd.prov} := 900\text{mm}$$

$$\overset{\text{UC5}}{\text{UC5}} := \frac{l_{bd}}{l_{bd.prov}}$$

$$\text{UC5} = 0.222$$

Bijlage 2 Berekening kolom geluidscherm type 2

Standaardberekening geluidsschermen type 2

volgens NEN-EN 1991-1-4 en GCW 2012

1 INLEIDING

In deze sheet worden geluidsschermen met een staander worden berekend overeenkomstig de NEN-EN 1991-1-4 en de GCW 2012

2 UITGANGSPUNTEN en/of RANDVOORWAARDEN

De volgende richtlijnen en/of normen zijn van toepassing:

- GCW 2012;
- NEN-EN 1991-1-4;
- NEN-EN1991-2;
- NEN-EN1992-1;
- NEN-EN1993-2;
- NEN-EN 1993-1-9.

Referentie tekeningen:

Tekeningnummer	Naam
S-HHB-BT-291a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en leuning/looproosters en details geluidsschermen
S-HHB-BT-292a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en details leuningwerk en geluidsschermen
B-HBA-BT-301a	Detailblad type geluidsschermen
B-HBA-BT-310a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 500.792 - km 501.122 (zuidzijde)
B-HBA-BT-311a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 501.32 - km 501.42 (zuidzijde)
B-HBA-BT-312a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 501.62 - km 501.76 (zuidzijde)
B-HBA-BT-320a	Aansluiting NL-Vlaardingen O.(BC), geluidsscherf km 502.4 - km 502.6, km 502.6 - km 502.83 (zuidzijde)
B-HBA-BT-330a	Vlaardingen O. - Vld Cent. (BD), geluidsscherf km 505.01- km 505.18 (noordzijde), km 504.79 - km 504.91 (vulcaanhaven)
B-HBA-BT-360a	Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherf km 512.51-512.59 (zuid), km 512.93 -513.26 (noord) Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherf km 513.03-513.3 (zuid), km 513.36-513.5 (noord)
B-HBA-BT-362a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Schiedam
B-HBA-BT-363a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Vlaardingen
B-HBA-BT-364a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Maassluis
B-HBA-BT-370a	Maassluis W. - Steendijkpolder (BH), geluidsscherf (noordzijde) km 514.12 - km 514.3

3 INVOER ALGEMEEN

3.1 Geometrie

Lengte

$$L_{\text{scherm}} := 200\text{m}$$

Hoogte = hoogte (scherm + betonplint)

$$H_{\text{scherm}} := 1.50\text{m}$$

Hart op hart afstand staanders

$$d := 6.0\text{m}$$

Eigen gewicht vulling

$$q_{\text{EG.vul}} := 3.33 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

3.2 Profieleigenschappen

Type profiel kolom

$$\text{HE160A}$$

Oppervlakte profiel

$$A_{\text{prof}} := 3877 \cdot \text{mm}^2$$

Oppervlakte afschuifvlakf

$$A_v := 997 \cdot \text{mm}^2$$

Volumieke massa materiaal staal

$$\rho_{\text{mat}} := 7850 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Volumieke massa materiaal ballastbed

$$\rho_{\text{mat.ballast}} := 2200 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Elasticiteitsmodulus materiaal

$$E_d := 210000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Toelaatbare spanning staalprofiel

$$f_{\text{ud}} := 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Traagheidsmoment

$$I_{\text{prof}} := 1673 \cdot 10^4 \cdot \text{mm}^4$$

Weerstandsmoment

$$W_{\text{prof}} := 220 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$$

3.3 Eigenschappen fundering

Veerwaarde fundering k_y (translatie)

$$k_y := \frac{12.7\text{kN}}{5.9\text{mm}}$$

$$k_y = 2152.542 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Veerwaarde fundering ϕ_y (rotatie)

$$\phi_y := \frac{10\text{kNm}}{\left(\frac{1}{500}\right)\text{rad}}$$

$$\phi_y = 5000 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{rad}}$$

3.4 Belastingfactoren

Belastingfactor permanent

$$\gamma_G := 1.2$$

Belastingfactor variabel

$$\gamma_Q := 1.5$$

3.5 Uitgangspunten vermoeiing

Ontwerplevensduur in jaren

$$\text{levensduur} := 50$$

Partiële belastingfactor vermoeiing

$$\gamma_{Ff} := 1.0$$

Materiaalfactor vermoeiing: EN 1993-1-9:2003 (Tabel 3.1)

$$\gamma_{Mf} := 1.35$$

4 BEPALING BELASTINGEN

4.1 Windbelasting

Basiswaarden (4.2)

Windgebied

$$WG := 2$$

Terreincategorie

$$TC := 2$$

Referentiehoogte

$$z := 3\text{m}$$

Windrichtingsfactor

$$c_{\text{dir}} := 1.0$$

Seizoensfactor

$$c_{\text{season}} := 1.0$$

Fundamentele waarde van de basiswindsnelheid

$$V_{b0} := \begin{cases} 29.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{if } WG = 1 \\ 27 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{if } WG = 2 \\ 24.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$V_{b0} = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Basiswindsnelheid

$$v_b := c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot V_{b0}$$

$$v_b = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Gemiddelde wind 4.3

Terreincategorie

$$TC = 2$$

Ruwheidslengte

$$z_0 := \begin{cases} 0.005\text{m} & \text{if } TC = 0 \\ 0.2\text{m} & \text{if } TC = 2 \\ 0.5\text{m} & \text{if } TC = 3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad z_0 = 0.2\text{ m}$$

Minimale hoogte

$$z_{\min} := \begin{cases} 1\text{m} & \text{if } TC = 0 \\ 4\text{m} & \text{if } TC = 2 \\ 7\text{m} & \text{if } TC = 3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad z_{\min} = 4\text{ m}$$

Ruwheidslengte TCII (standaard parameter)

$$z_{0II} := 0.05\text{m}$$

Maximale hoogte (standaard parameter)

$$z_{\max} := 200\text{m}$$

Terreinfactor

$$k_T := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0II}} \right)^{0.07} \quad k_T = 0.209$$

Ruwheidsfactor C_{rz}

$$c_{rz} := \begin{cases} k_T \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ k_T \cdot \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right) & \text{if } z \leq z_{\min} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad c_{rz} = 0.627$$

Oreografiefactor:

Werkelijke lengte van de helling/het talud, loefzijde

$$L_u := 8 \cdot \text{m}$$

Hoogte van het talud/de heuvel

$$H_u := 2 \cdot \text{m}$$

Afstand top van de helling helling tot constructie
(let op het teken, zie afbeelding)

$$X := 0.5 \cdot \text{m}$$

Werkelijke lengte van de helling aan lijzijde in geval van een heuvel

$$L_d := 8 \cdot \text{m}$$

Helling, loefzijde

$$\phi := \frac{H_u}{L_u} \quad \phi = 0.25$$

Effectieve lengte van de helling

$$L_e := \begin{cases} L_u & \text{if } \phi < 0.3 \\ \frac{H_u}{0.3} & \text{if } \phi \geq 0.3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad L_e = 8\text{ m}$$

$$\frac{X}{L_u} = 0.063 \quad \frac{X}{L_e} = 0.063$$

Orografielocatiefactor

$$s_w := 0$$

Aflezen vanuit figuur

Orografiefactor

$$c_o := \begin{cases} 1 & \text{if } \phi < 0.05 \\ 1 + 2s \cdot \phi & \text{if } 0.05 \leq \phi < 0.3 \\ 1 + 0.6s & \text{if } \phi \geq 0.3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad c_o = 1$$

Windturbulentie 4.4

Turbulentiefactor k_I

$$k_I := 1$$

$$c_{o,z} := c_o$$

Turbulenteintensiteit

$$I_{vz} := \begin{cases} \frac{k_I}{c_{o,z} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ \frac{k_I}{c_{o,z} \cdot \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right)} & \text{if } z \leq z_{\min} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad I_{vz} = 0.334$$

Extreme stuwdruk 4.5

Bepaling van de stuwdruk op hoogte z boven maaiveld. De waarde van q_p correspondeert met Tabel NB4.

$$\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$v_{mz} := c_{rz} \cdot c_{o,z} \cdot v_b$$

$$v_{mz} = 16.9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_p := \left(1 + 7 \cdot I_{vz}\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{mz}^2$$

$$q_p = 0.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Bouwwerkfactor (H6)

$$C_s C_d := 1.0$$

Druk en krachtcoëfficiënten (H7)

Verhouding l/h

$$\frac{L_{\text{scherm}}}{H_{\text{scherm}}} = 133.333$$

Nettodrukcoëfficiënten
(zie tabel)

$$c_{p,\text{net},A} := 3.4$$

$$c_{p,\text{net},B} := 2.8$$

$$c_{p,\text{net},C} := 1.7$$

$$c_{p,\text{net},D} := 1.2$$

Beedte van zones

$$B_A := 0.3 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_A = 0.45 \text{ m}$$

$$B_B := 1.7 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_B = 2.55 \text{ m}$$

$$B_C := 2 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_C = 3 \text{ m}$$

$$B_D := L_{\text{scherm}} - B_A - B_B - B_C$$

$$B_D = 194 \text{ m}$$

Beschuttingsfactor

$$\psi_s := 1.0$$

$$p_{w,A} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},A} \cdot q_p$$

$$p_{w,A} = 2.033 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,B} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},B} \cdot q_p$$

$$p_{w,B} = 1.674 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,C} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},C} \cdot q_p$$

$$p_{w,C} = 1.017 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,D} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},D} \cdot q_p$$

$$p_{w,D} = 0.718 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Representatieve lijnlast op 1e staander

$$q_{w,1} := \begin{cases} p_{w,A} \cdot d \cdot 0.5 & \text{if } d \leq 2B_A \\ p_{w,A} \cdot B_A + p_{w,B} \cdot (0.5d - B_A) & \text{if } 2B_A < d \leq B_A + B_B + B_C \\ p_{w,A} \cdot B_A + p_{w,B} \cdot B_B + p_{w,C} \cdot (0.5d - B_A - B_B) & \text{if } B_A + B_B + B_C < d \leq 8 \cdot H_{\text{scherm}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$q_{w,1} = 5.185 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$q_{w,2} := \begin{cases} p_{w,A} \cdot d & \text{if } d \leq 0.5B_A \\ p_{w,A} \cdot (B_A - 0.5 \cdot d) + p_{w,B} \cdot (d - B_A) & \text{if } 0.5B_A < d < 2B_A \\ p_{w,B} \cdot d & \text{if } 2B_A \leq d \leq (B_B + B_A - 0.5 \cdot d) \\ p_{w,B} \cdot (B_A + B_B - 0.5 \cdot d) + [1.5 \cdot d - (B_A + B_B)] \cdot p_{w,C} & \text{if } (B_B + B_A - 0.5 \cdot d) \leq d \leq B_B + B_A \\ p_{w,C} \cdot (0.5d - B_C) + p_{w,D} \cdot (0.5 \cdot d - 0.5 \cdot B_C) + (0.5 \cdot d) \cdot p_{w,C} & \text{if } (B_B + B_A) \leq d \leq 1.5 \cdot B_C + B_D \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$q_{w,2} = 4.126 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Representatieve lijnlast op 2e staander

4.2 Belasting t.g.v. passerende treinen (NEN-EN 1991-2 par. 6.6)

Aantal treinen per jaar (voor vermoeiing)

$$n_T := 105120$$

Karakteristieke waarde van de belasting

$$q_{1k} := 0.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Factor voor de vorm van de treinen (6.6.2)

$$k_1 := 1.0$$

Factor voor lokale toetsing (6.6.2)

$$k_2 := 1.0$$

Dynamische factor voor beeindiging (5m, vaste waarde)

$$C_{\text{dyn}} := 2$$

Representatieve vlakbelasting t.g.v. passerende treinen (excl C.dyn):

$$p_{\text{tr}} := q_{1k} \cdot k_1 \cdot k_2$$

$$p_{\text{tr}} = 0.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Representatieve lijnbelasting t.g.v. passerende treinen (incl. C.dyn)

$$q_{\text{tr}} := \begin{cases} p_{\text{tr}} \cdot d \cdot C_{\text{dyn}} & \text{if } d \leq \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot d \cdot 0.5 + p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot (5 \cdot \text{m} - d) + p_{\text{tr}} \cdot [d \cdot 0.5 - (5 \cdot \text{m} - d)] & \text{if } \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \text{m} < d \leq 5 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot [d \cdot 0.5 - (d - 5 \cdot \text{m})] + p_{\text{tr}} \cdot (d - 5 \cdot \text{m}) + p_{\text{tr}} \cdot (d \cdot 0.5) & \text{if } 5 \cdot \text{m} < d \leq 10 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot d & \text{if } d > 10 \cdot \text{m} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$q_{\text{tr}} = 3.2 \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

4.3 Doorvalbeveiliging

Representatieve waarde van de lijnlast

$$q_{\text{dv.rep}} := 0.80 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Representatieve waarde van de puntlast

$$F_{\text{dv.rep}} := 1.0 \text{ kN}$$

Hoogte van aangrijpen

$$h_{\text{dv}} := 1000 \cdot \text{mm}$$

Representatieve dwarskracht door doorval

$$V_{\text{dv.rep}} := \max[(q_{\text{dv.rep}} \cdot d), F_{\text{dv.rep}}]$$

$$V_{\text{dv.rep}} = 4.8 \cdot \text{kN}$$

Representatief moment door doorval

$$M_{\text{dv.rep}} := \max(q_{\text{dv.rep}} \cdot H_{\text{scherm}} \cdot d, F_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}})$$

$$M_{\text{dv.rep}} = 7.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

4.4 Horizontale belasting tgv ballastbed op betonplint

Hoogte betonplint

$$h_p := 400 \text{ mm}$$

Horizontale gronddrukcoefficient:

$$k_h := 0.5$$

Dwarskracht tgv horizontale gronddruk (rep):

$$V_{\text{gr_rep}} := 0.5 \cdot k_h \cdot d \cdot h_p^2 \cdot \rho_{\text{mat.ballast}} \cdot g = 5.18 \cdot \text{kN}$$

Moment tgv horizontale gronddruk (rep):

$$M_{\text{gr_rep}} := V_{\text{gr_rep}} \cdot \frac{h_p}{3} = 0.691 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

4.4 Bepaling maatgevende krachten

Maximale lijnlast representatief	$q_{\text{rep}} := \max(q_{w,1}, q_{w,2}, q_{tr})$	$q_{\text{rep}} = 5.185 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Rekenwaarde lijnlast	$q_d := \gamma_Q \cdot q_{\text{rep}}$	$q_d = 7.777 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
E.G. profiel	$q_{\text{EG,prof}} := A_{\text{prof}} \cdot \rho_{\text{mat}} \cdot g$	$q_{\text{EG,prof}} = 0.299 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Normaalkracht (representatieve waarde)

$$N_{\text{rep}} := d \cdot H_{\text{scherm}} \cdot q_{\text{EG,vul}} + H_{\text{scherm}} \cdot q_{\text{EG,prof}} \quad N_{\text{rep}} = 30.418 \cdot \text{kN}$$

Dwarskracht (representatieve waarde)

$$V_{\text{rep}} := \max(q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}} + V_{\text{gr_rep}}, V_{\text{dv.rep}} + V_{\text{gr_rep}}) \quad V_{\text{rep}} = 12.957 \cdot \text{kN}$$

Moment (representatieve waarde)

$$M_{\text{rep}} := \max\left(0.5 \cdot q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}}^2 + M_{\text{gr_rep}}, M_{\text{dv.rep}} + M_{\text{gr_rep}}\right) \quad M_{\text{rep}} = 7.891 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Normaalkracht (rekenwaarde)

$$N_d := \gamma_G \cdot N_{\text{rep}}$$

$$N_d = 36.501 \cdot \text{kN}$$

Dwarskracht (rekenwaarde)

$$V_d := \gamma_Q \cdot V_{\text{rep}}$$

$$V_d = 19.436 \cdot \text{kN}$$

Moment (rekenwaarde)

$$M_d := \gamma_Q \cdot M_{\text{rep}}$$

$$M_d = 11.836 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

5. TOETSING

5.1 Controle doorbuiging

Translatie fundering	$\delta_{\text{fund}} := \frac{V_{\text{rep}}}{k_y}$	$\delta_{\text{fund}} = 6.019 \cdot \text{mm}$
Hoekverdraaiing fundering	$\phi_{\text{fund}} := \frac{M_{\text{rep}}}{\phi_y}$	$\phi_{\text{fund}} = 1.578 \cdot \text{mrad}$
	$\delta_{\text{LS}} := \phi_{\text{fund}} \cdot H_{\text{scherm}}$	$\delta_{\text{LS}} = 2.367 \cdot \text{mm}$
Doorbuiging profiel, qlast	$\delta_q := \frac{q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}}^4}{8 \cdot E_d \cdot I_{\text{prof}}}$	$\delta_q = 0.934 \cdot \text{mm}$
Doorbuiging profiel, doorval	$\delta_{\text{dv}} := \frac{V_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}}^3}{3 \cdot E_d \cdot I_{\text{prof}}}$	$\delta_{\text{dv}} = 0.455 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{prof}} := \max(\delta_{\text{dv}}, \delta_q)$	$\delta_{\text{prof}} = 0.93 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{prof.toelaatbaar}} := \frac{H_{\text{scherm}}}{150}$	$\delta_{\text{prof.toelaatbaar}} = 10 \cdot \text{mm}$
U.C. doorbuiging stijl	$\text{UC1} := \frac{\delta_{\text{prof}}}{\delta_{\text{prof.toelaatbaar}}}$	$\text{UC1} = 0.093$
Totale doorbuiging	$\delta_{\text{tot}} := \delta_{\text{prof}} + \delta_{\text{LS}}$	$\delta_{\text{tot}} = 3.301 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{tot.toelaatbaar}} := \frac{H_{\text{scherm}}}{75}$	$\delta_{\text{tot.toelaatbaar}} = 20 \cdot \text{mm}$
U.C. doorbuiging totaal	$\text{UC2} := \frac{\delta_{\text{tot}}}{\delta_{\text{tot.toelaatbaar}}}$	$\text{UC2} = 0.165$

5.2 Controle spanningen profiel (let op: stabiliteit zit niet in deze controle)

Normaalspanning

$$\sigma_M := \frac{M_d}{W_{\text{prof}}}$$

$$\sigma_M = 53.8 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Afschuifspanning

$$\tau := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_v}$$

$$\tau = 29.241 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Von mises spanning

$$\sigma_d := \sqrt{\sigma_M^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\sigma_d = 73.889 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Toelaatbare spanning

$$f_{ud} = 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

U.C. spanningen

$$UC3 := \frac{\sigma_d}{f_{ud}} = 0.208$$

$$UC3 = 0.208$$

5.3 Controle bouten (statisch)

Afstand anker tot drukzone (arm)

$$e_{\text{ankers}} := 227 \cdot \text{mm}$$

Aantal ankers in trekzone

$$a_{\text{ankers}} := 2$$

Oppervlakte boutdoorsnede $\phi 20$

$$A_{bs} := 0.25 \cdot \pi \cdot (20 \text{ mm})^2 = 314.159 \cdot \text{mm}^2$$

Kracht per anker

$$F_{\text{anker.d}} := \frac{M_d}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}}$$

$$F_{\text{anker.d}} = 26.07 \cdot \text{kN}$$

Maximale opneembare kracht in anker (B500B).

$$F_{\text{tud}} := 435 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot A_{bs}$$

$$F_{\text{tud}} = 136.659 \cdot \text{kN}$$

$$UC4 := \frac{F_{\text{anker.d}}}{F_{\text{tud}}}$$

$$UC4 = 0.191$$

$$\sigma_{\text{anker}} := \frac{F_{\text{anker.d}}}{A_{bs}}$$

$$\sigma_{\text{anker}} = 82.984 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

5.4 Controle spanningen voetplaat (statisch, vereenvoudigd)

Kracht in ankers

$$F_{\text{anker.d}} = 26.07 \cdot \text{kN}$$

Dikte voetplaat

$$t_{\text{plaat}} := 25 \cdot \text{mm}$$

Diameter boutgat

$$\phi_{\text{boutgat}} := 23 \cdot \text{mm}$$

Maximale arm tot profiel

$$e_{\text{pl}} := 44 \cdot \text{mm}$$

Effectief meewerkende breedte kopplaat

$$l_{\text{eff}} := \phi_{\text{boutgat}} + 2 \cdot e_{\text{pl}} = 111 \cdot \text{mm}$$

Toelaatbare spanning

$$f_{\text{udplaat}} := 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Moment in plaat

$$M_{\text{plaat.d}} := F_{\text{anker.d}} \cdot e_{\text{pl}} \quad M_{\text{plaat.d}} = 1.147 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Weerstandmoment plaatdeel

$$W_{\text{plaat}} := \frac{1}{4} \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{plaat}}^2 \quad W_{\text{plaat}} = 17343.75 \cdot \text{mm}^3$$

Spanning in plaat

$$\sigma_{\text{plaat}} := \frac{M_{\text{plaat.d}}}{W_{\text{plaat}}} \quad \sigma_{\text{plaat}} = 66.139 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

U.C. spanningen

$$\text{UC5} := \frac{\sigma_{\text{plaat}}}{f_{\text{udplaat}}} = 0.186$$

5.5 Controle vermoeiing lasdetail profiel-voetplaat

Representatief moment door treinen $M_{tr} := 0.5 \cdot q_{tr} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{tr} = 3.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Dit moment werkt eerst de ene kant op en vervolgens de andere kant op (zie figuur 6.22 NEN-EN 1991-2), de spanningswisseling is derhalve 2 maal zo hoog als de representatieve wisseling.

Representatieve waarde van de spanningswisseling door treinen: $\Delta\sigma_{tr.rep} := \frac{2 \cdot M_{tr}}{W_{prof}}$ $\Delta\sigma_{tr.rep} = 32.727 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Representatief moment door wind: $M_{w,1} := 0.5 \cdot q_{w,1} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{w,1} = 5.833 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_{w,2} := 0.5 \cdot q_{w,2} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{w,2} = 4.642 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_w := \max(M_{w,1}, M_{w,2})$ $M_w = 5.833 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Dit moment werkt eerst de ene kant op en vervolgens de andere kant op (volgens GCW2012), de spanningswisseling is derhalve 2 maal zo hoog als de representatieve wisseling.

Representatieve waarde van de spanningswisseling door wind: $\Delta\sigma_{w.rep} := \frac{2 \cdot M_w}{W_{prof}}$ $\Delta\sigma_{w.rep} = 53.027 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$n := 9$

$i := 0, 1 \dots (n - 1)$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta\sigma_i :=$
$\Delta\sigma_{tr.rep}$
$\Delta\sigma_{w.rep}$
$0.85 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.73 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.6 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.48 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.26 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.12 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.03 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$

Rekenwaarde(n)
spanningswisselingen:

Totaal aantal(len)
spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$NA := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$\Delta\sigma_i =$$

32.7	$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$
53.0	
45.1	
38.7	
31.8	
25.5	
13.8	
6.4	
1.6	

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_C := 80 \cdot N \cdot \text{mm}^{-2}$$

(detail 1 uit tabel 8.5)

Dikte van de beschouwde plaat (indien k_s van toepassing is), zo niet => kies 1 mm:

$$t := 1 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. plaatdikte:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{25 \cdot \text{mm}}{t} \right)^{0.2} & \text{if } t > 25 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 59.259 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 43.663 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 23.98 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

21133366
2791255
4545093
9128617
24336775
74269943
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.249
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000

Schade
openingen:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

$$D = 0.25$$

$$UC6 := \frac{D}{1.0} = 0.249$$

5.6 Controle vermoeiing lasdetail voetplaat op buiging

Kracht in ankers door treinpassage

$$\Delta F_{\text{anker.tr}} := \frac{M_{\text{tr}}}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}} \quad \Delta F_{\text{anker.tr}} = 7.93 \cdot \text{kN}$$

Moment in plaat t.g.v. treinpassage

$$\Delta M_{\text{plaat.tr}} := \Delta F_{\text{anker.tr}} \cdot e_{\text{pl}} \quad \Delta M_{\text{plaat.tr}} = 0.349 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elastisch weerstandsmoment voetplaat

$$W_{\text{plaat.el}} := \frac{1}{6} \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{plaat}}^2 \quad W_{\text{plaat.el}} = 11562.5 \cdot \text{mm}^3$$

Spanningwisseling in plaat t.g.v. treinpassage

$$\Delta \sigma_{\text{plaat.tr}} := \frac{\Delta M_{\text{plaat.tr}}}{W_{\text{plaat.el}}} \quad \Delta \sigma_{\text{plaat.tr}} = 30.175 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kracht in ankers door wind

$$\Delta F_{\text{anker.w}} := \frac{M_{\text{w}}}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}} \quad \Delta F_{\text{anker.w}} = 12.848 \cdot \text{kN}$$

Moment in plaat t.g.v. wind

$$\Delta M_{\text{plaat.w}} := \Delta F_{\text{anker.w}} \cdot e_{\text{pl}} \quad \Delta M_{\text{plaat.w}} = 0.565 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Spanningwisseling in plaat door wind

$$\Delta \sigma_{\text{plaat.w}} := \frac{\Delta M_{\text{plaat.w}}}{W_{\text{plaat.el}}} \quad \Delta \sigma_{\text{plaat.w}} = 48.892 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$i := 0, 1 \dots (n - 1)$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta \sigma_i :=$
$\Delta \sigma_{\text{plaat.tr}}$
$\Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.85 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.73 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.6 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.48 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.26 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.12 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.03 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$

Rekenwaarde(n)
spanningswisselingen:

Totaal aantal(len)
spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$NA := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$\Delta\sigma_i =$$

30.2	$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$
48.9	
41.6	
35.7	
29.3	
23.5	
12.7	
5.9	
1.5	

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_{CR} := 80 \cdot N \cdot \text{mm}^{-2}$$

(detail 1 uit tabel 8.4)

Dikte van de beschouwde plaat (indien k_s van toepassing is), zo niet => kies 1 mm:

$$t := 1 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. plaatdikte:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{25 \cdot \text{mm}}{t} \right)^{0.2} & \text{if } t > 25 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 59.259 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 43.663 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 23.98 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

31716106
3561117
6400823
13699861
36523653
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.166
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000

Schade:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

$$D = 0.17$$

$$UC7 := \frac{D}{1.0} = 0.166$$

5.8 Controle vermoeiing bouten

Voorspankracht anker

$$F_{vs} := 50 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{vs} := \frac{F_{vs}}{A_{bs}}$$

$$\sigma_{vs} = 159.155 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Representatieve waarde van de spanningswisseling door treinen:

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} := \frac{\Delta F_{\text{anker.tr}}}{A_{bs}}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} = 25.24 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Representatieve waarde van de spanningswisseling door wind:

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} := \frac{\Delta F_{\text{anker.w}}}{A_{bs}}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} = 40.897 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} := \begin{cases} 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & \text{if } \sigma_{vs} \geq \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} \\ \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} - \sigma_{vs} & \text{if } \sigma_{vs} < \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} := \begin{cases} 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & \text{if } \sigma_{vs} \geq \Delta\sigma_{\text{anker.w}} \\ \Delta\sigma_{\text{anker.w}} - \sigma_{vs} & \text{if } \sigma_{vs} < \Delta\sigma_{\text{anker.w}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$n := 9$$

$$i := 0, 1 \dots (n - 1)$$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta\sigma_i :=$
$\Delta\sigma_{tr.rep}$
$\Delta\sigma_{w.rep}$
$0.85 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.73 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.6 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.48 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.26 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.12 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.03 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$

Rekenwaarde(n) spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma_i =$$

0.0
0.0
0.0
0.0
0.0
0.0
0.0
0.0
0.0
0.0

$$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$NA_i := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_C := 50 \cdot N \cdot \text{mm}^{-2}$$

Boutdiameter

$$O := 24 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. boutmaat:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{30 \cdot \text{mm}}{O} \right)^{0.25} & \text{if } O > 30 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 37.037 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 27.289 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 14.99 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000

Schade:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

D = 0

$$UC := \frac{D}{1.0} = 0$$

5.9 Controle verankeringlengte

De verankeringslengte voor op trek belaste wapeningsstaaf conform NEN-EN 1992-1-1 vgl 8.4

Type verankering

staaf := "rechte staaf"

Type aanhechting

aanhechting := "goede aanhechting"

Betondekking

$c_d := 50 \cdot \text{mm}$

Diameter verankering

$\phi := 20 \cdot \text{mm}$

Staalspanning in de verankering

$$\sigma_{sd} := \frac{F_{\text{anker.d}}}{A_{bs}} \quad \sigma_{sd} = 82.984 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Rekenwaarde betontreksterkte C30/37

$$f_{ctd} := 1.35 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\eta_1 := \begin{cases} 1 & \text{if } \text{aanhechting} = \text{"goede aanhechting"} \wedge \phi \leq 32\text{mm} \\ 0.7 & \text{if } \text{aanhechting} = \text{"slechte aanhechting"} \wedge \phi \leq 32\text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 := \begin{cases} 1 & \text{if } \phi \leq 32\text{mm} \\ \frac{132 - \frac{\phi}{\text{mm}}}{100} & \text{if } \phi > 32\text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\eta_2 = 1$$

Uiterste opneembare aanhechtspanning

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$$f_{bd} = 3.038 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

De vereiste basisverankeringlengte

$$l_{b.rqd} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$l_{b.rqd} = 136.6 \cdot \text{mm}$$

$$\alpha_1 := \begin{cases} 1 & \text{if } \text{staaf} = \text{"rechte staaf"} \\ 0.7 & \text{if } \text{staaf} = \text{"gebogen staaf"} \wedge c_d > 3 \cdot \phi \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 := \begin{cases} 1 - \frac{0.15 \cdot (c_d - \phi)}{\phi} & \text{if } \text{staaf} = \text{"rechte staaf"} \wedge 0.7 \leq \alpha_2 \leq 1.0 \\ \left[1 - \frac{0.15 \cdot (c_d - 3\phi)}{\phi} \right] & \text{if } \text{staaf} = \text{"gebogen staaf"} \wedge 0.7 \leq \alpha_2 \leq 1.0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 := 1$$

$\alpha_4 := 1$ deze factoren verdisconteren invloed opsluiting dwarswapening, gelaste dwarswapening of dwarsdruk

$\alpha_5 := 1$

Rekenwaarde verankeringslengte

$$l_{bd} := \max\left[(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b.rqd}), 0.3 \cdot l_{b.rqd}, 10 \cdot \phi, 100\text{mm}\right]$$

$$l_{bd} = 200 \cdot \text{mm}$$

Toegepaste verankeringslengte

$$l_{bd.prov} := 900\text{mm}$$

$$\overset{\text{UC5}}{\text{UC5}} := \frac{l_{bd}}{l_{bd.prov}}$$

$$\text{UC5} = 0.222$$

Bijlage 3 Berekening kolom geluidscherm type 3

Standaardberekening geluidsschermen type 3

volgens NEN-EN 1991-1-4 en GCW 2012

1 INLEIDING

In deze sheet worden geluidsschermen met een staander worden berekend overeenkomstig de NEN-EN 1991-1-4 en de GCW 2012

2 UITGANGSPUNTEN en/of RANDVOORWAARDEN

De volgende richtlijnen en/of normen zijn van toepassing:

- GCW 2012;
- NEN-EN 1991-1-4;
- NEN-EN1991-2;
- NEN-EN1992-1;
- NEN-EN1993-2;
- NEN-EN 1993-1-9.

Referentie tekeningen:

Tekeningnummer	Naam
S-HHB-BT-291a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en leuning/looproosters en details geluidsschermen
S-HHB-BT-292a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en details leuningwerk en geluidsschermen
B-HBA-BT-301a	Detailblad type geluidsschermen
B-HBA-BT-310a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 500.792 - km 501.122 (zuidzijde)
B-HBA-BT-311a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 501.32 - km 501.42 (zuidzijde)
B-HBA-BT-312a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 501.62 - km 501.76 (zuidzijde)
B-HBA-BT-320a	Aansluiting NL-Vlaardingen O.(BC), geluidsscherf km 502.4 - km 502.6, km 502.6 - km 502.83 (zuidzijde)
B-HBA-BT-330a	Vlaardingen O. - Vld Cent. (BD), geluidsscherf km 505.01- km 505.18 (noordzijde), km 504.79 - km 504.91 (vulcaanhaven)
B-HBA-BT-360a	Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherf km 512.51-512.59 (zuid), km 512.93 -513.26 (noord) Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherf km 513.03-513.3 (zuid), km 513.36-513.5 (noord)
B-HBA-BT-362a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Schiedam
B-HBA-BT-363a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Vlaardingen
B-HBA-BT-364a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Maassluis
B-HBA-BT-370a	Maassluis W. - Steendijkpolder (BH), geluidsscherf (noordzijde) km 514.12 - km 514.3

3 INVOER ALGEMEEN

3.1 Geometrie

Lengte

$$L_{\text{scherm}} := 200\text{m}$$

Hoogte = hoogte (scherm + betonplint)

$$H_{\text{scherm}} := 2.60\text{m}$$

Hart op hart afstand staanders

$$d := 2.5\text{m}$$

Eigen gewicht vulling

$$q_{\text{EG.vul}} := 4.27 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

3.2 Profieleigenschappen

Type profiel kolom

$$\text{HE180A}$$

Oppervlakte profiel

$$A_{\text{prof}} := 4525 \cdot \text{mm}^2$$

Oppervlakte afschuifvlakf

$$A_v := 1447 \text{mm}^2$$

Volumieke massa materiaal staal

$$\rho_{\text{mat}} := 7850 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Volumieke massa materiaal ballastbed

$$\rho_{\text{mat.ballast}} := 2200 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Elasticiteitsmodulus materiaal

$$E_d := 210000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Toelaatbare spanning staalprofiel

$$f_{\text{ud}} := 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Traagheidsmoment

$$I_{\text{prof}} := 1673 \cdot 10^4 \cdot \text{mm}^4$$

Weerstandsmoment

$$W_{\text{prof}} := 220 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$$

3.3 Eigenschappen fundering

Veerwaarde fundering k_y (translatie)

$$k_y := \frac{10\text{kN}}{4.4\text{mm}}$$

$$k_y = 2272.727 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Veerwaarde fundering ϕ_y (rotatie)

$$\phi_y := \frac{12.5\text{kNm}}{\left(\frac{1}{641}\right)\text{rad}}$$

$$\phi_y = 8012.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{rad}}$$

3.4 Belastingfactoren

Belastingfactor permanent

$$\gamma_G := 1.2$$

Belastingfactor variabel

$$\gamma_Q := 1.5$$

3.5 Uitgangspunten vermoeiing

Ontwerplevensduur in jaren

$$\text{levensduur} := 50$$

Partiële belastingfactor vermoeiing

$$\gamma_{Ff} := 1.0$$

Materiaalfactor vermoeiing: EN 1993-1-9:2003 (Tabel 3.1)

$$\gamma_{Mf} := 1.35$$

4 BEPALING BELASTINGEN

4.1 Windbelasting

Basiswaarden (4.2)

Windgebied

$$WG := 2$$

Terreincategorie

$$TC := 2$$

Referentiehoogte

$$z := 3\text{m}$$

Windrichtingsfactor

$$c_{\text{dir}} := 1.0$$

Seizoensfactor

$$c_{\text{season}} := 1.0$$

Fundamentele waarde van de basiswindsnelheid

$$V_{b0} := \begin{cases} 29.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{if } WG = 1 \\ 27 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{if } WG = 2 \\ 24.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$V_{b0} = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Basiswindsnelheid

$$v_b := c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot V_{b0}$$

$$v_b = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Gemiddelde wind 4.3

Terreincategorie

$$TC = 2$$

Ruwheidslengte

$$z_0 := \begin{cases} 0.005\text{m} & \text{if } TC = 0 \\ 0.2\text{m} & \text{if } TC = 2 \\ 0.5\text{m} & \text{if } TC = 3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad z_0 = 0.2\text{ m}$$

Minimale hoogte

$$z_{\min} := \begin{cases} 1\text{m} & \text{if } TC = 0 \\ 4\text{m} & \text{if } TC = 2 \\ 7\text{m} & \text{if } TC = 3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad z_{\min} = 4\text{ m}$$

Ruwheidslengte TCII (standaard parameter)

$$z_{0II} := 0.05\text{m}$$

Maximale hoogte (standaard parameter)

$$z_{\max} := 200\text{m}$$

Terreinfactor

$$k_T := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0II}} \right)^{0.07} \quad k_T = 0.209$$

Ruwheidsfactor C_{rz}

$$c_{rz} := \begin{cases} k_T \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ k_T \cdot \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right) & \text{if } z \leq z_{\min} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad c_{rz} = 0.627$$

Oreografiefactor:

Werkelijke lengte van de helling/het talud, loefzijde

$$L_u := 8 \cdot \text{m}$$

Hoogte van het talud/de heuvel

$$H_u := 2 \cdot \text{m}$$

Afstand top van de helling helling tot constructie
(let op het teken, zie afbeelding)

$$X := 0.5 \cdot \text{m}$$

Werkelijke lengte van de helling aan lijzijde in geval van een heuvel

$$L_d := 8 \cdot \text{m}$$

Helling, loefzijde

$$\phi := \frac{H_u}{L_u} \quad \phi = 0.25$$

Effectieve lengte van de helling

$$L_e := \begin{cases} L_u & \text{if } \phi < 0.3 \\ \frac{H_u}{0.3} & \text{if } \phi \geq 0.3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad L_e = 8\text{ m}$$

$$\frac{X}{L_u} = 0.063 \quad \frac{X}{L_e} = 0.063$$

Orografielocatiefactor

$$s_w := 0$$

Aflezen vanuit figuur

Orografiefactor

$$c_o := \begin{cases} 1 & \text{if } \phi < 0.05 \\ 1 + 2s \cdot \phi & \text{if } 0.05 \leq \phi < 0.3 \\ 1 + 0.6s & \text{if } \phi \geq 0.3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad c_o = 1$$

Windturbulentie 4.4

Turbulentiefactor k_I

$$k_I := 1$$

$$c_{o,z} := c_o$$

Turbulenteintensiteit

$$I_{vz} := \begin{cases} \frac{k_I}{c_{o,z} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ \frac{k_I}{c_{o,z} \cdot \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right)} & \text{if } z \leq z_{\min} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad I_{vz} = 0.334$$

Extreme stuwdruk 4.5

Bepaling van de stuwdruk op hoogte z boven maaiveld. De waarde van q_p correspondeert met Tabel NB4.

$$\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$v_{mz} := c_{rz} \cdot c_{o,z} \cdot v_b$$

$$v_{mz} = 16.9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_p := \left(1 + 7 \cdot I_{vz}\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{mz}^2$$

$$q_p = 0.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Bouwwerkfactor (H6)

$$C_s C_d := 1.0$$

Druk en krachtcoëfficiënten (H7)

Verhouding l/h

$$\frac{L_{\text{scherm}}}{H_{\text{scherm}}} = 76.923$$

Nettodrukcoëfficiënten
(zie tabel)

$$c_{p,\text{net},A} := 3.4$$

$$c_{p,\text{net},B} := 2.8$$

$$c_{p,\text{net},C} := 1.7$$

$$c_{p,\text{net},D} := 1.2$$

Beedte van zones

$$B_A := 0.3 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_A = 0.78 \text{ m}$$

$$B_B := 1.7 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_B = 4.42 \text{ m}$$

$$B_C := 2 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_C = 5.2 \text{ m}$$

$$B_D := L_{\text{scherm}} - B_A - B_B - B_C$$

$$B_D = 189.6 \text{ m}$$

Beschuttingsfactor

$$\psi_s := 1.0$$

$$p_{w,A} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},A} \cdot q_p$$

$$p_{w,A} = 2.033 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,B} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},B} \cdot q_p$$

$$p_{w,B} = 1.674 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,C} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},C} \cdot q_p$$

$$p_{w,C} = 1.017 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,D} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},D} \cdot q_p$$

$$p_{w,D} = 0.718 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Representatieve lijnlast op 1e staander

$$q_{w,1} := \begin{cases} p_{w,A} \cdot d \cdot 0.5 & \text{if } d \leq 2B_A \\ p_{w,A} \cdot B_A + p_{w,B} \cdot (0.5d - B_A) & \text{if } 2B_A < d \leq B_A + B_B + B_C \\ p_{w,A} \cdot B_A + p_{w,B} \cdot B_B + p_{w,C} \cdot (0.5d - B_A - B_B) & \text{if } B_A + B_B + B_C < d \leq 8 \cdot H_{\text{scherm}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$q_{w,1} = 2.373 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$q_{w,2} := \begin{cases} p_{w,A} \cdot d & \text{if } d \leq 0.5B_A \\ p_{w,A} \cdot (B_A - 0.5 \cdot d) + p_{w,B} \cdot (d - B_A) & \text{if } 0.5B_A < d < 2B_A \\ p_{w,B} \cdot d & \text{if } 2B_A \leq d \leq (B_B + B_A - 0.5 \cdot d) \\ p_{w,B} \cdot (B_A + B_B - 0.5 \cdot d) + [1.5 \cdot d - (B_A + B_B)] \cdot p_{w,C} & \text{if } (B_B + B_A - 0.5 \cdot d) \leq d \leq B_B + B_A \\ p_{w,C} \cdot (0.5d - B_C) + p_{w,D} \cdot (0.5 \cdot d - 0.5 \cdot B_C) + (0.5 \cdot d) \cdot p_{w,C} & \text{if } (B_B + B_A) \leq d \leq 1.5 \cdot B_C + B_D \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$q_{w,2} = 4.186 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Representatieve lijnlast op 2e staander

4.2 Belasting t.g.v. passerende treinen (NEN-EN 1991-2 par. 6.6)

Aantal treinen per jaar (voor vermoeiing)

$$n_T := 105120$$

Karakteristieke waarde van de belasting

$$q_{1k} := 0.15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Factor voor de vorm van de treinen (6.6.2)

$$k_1 := 1.0$$

Factor voor lokale toetsing (6.6.2)

$$k_2 := 1.0$$

Dynamische factor voor beeindiging (5m, vaste waarde)

$$C_{\text{dyn}} := 2$$

Representatieve vlakbelasting t.g.v. passerende treinen (excl C.dyn):

$$p_{\text{tr}} := q_{1k} \cdot k_1 \cdot k_2$$

$$p_{\text{tr}} = 0.15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Representatieve lijnbelasting t.g.v. passerende treinen (incl. C.dyn)

$$q_{\text{tr}} := \begin{cases} p_{\text{tr}} \cdot d \cdot C_{\text{dyn}} & \text{if } d \leq \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot d \cdot 0.5 + p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot (5 \cdot \text{m} - d) + p_{\text{tr}} \cdot [d \cdot 0.5 - (5 \cdot \text{m} - d)] & \text{if } \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \text{m} < d \leq 5 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot [d \cdot 0.5 - (d - 5 \text{m})] + p_{\text{tr}} \cdot (d - 5 \cdot \text{m}) + p_{\text{tr}} \cdot (d \cdot 0.5) & \text{if } 5 \text{m} < d \leq 10 \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot d & \text{if } d > 10 \cdot \text{m} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$q_{\text{tr}} = 0.75 \text{ m} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

4.3 Doorvalbeveiliging

Representatieve waarde van de lijnlast

$$q_{\text{dv.rep}} := 0.80 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Representatieve waarde van de puntlast

$$F_{\text{dv.rep}} := 1.0 \text{ kN}$$

Hoogte betonplint

$$h_p := 600 \text{ mm}$$

Hoogte van aangrijpen

$$h_{\text{dv}} := 1000 \text{ mm} + h_p = 1.6 \text{ m}$$

Representatieve dwarskracht door doorval

$$V_{\text{dv.rep}} := \max[(q_{\text{dv.rep}} \cdot d), F_{\text{dv.rep}}]$$

$$V_{\text{dv.rep}} = 2 \cdot \text{kN}$$

Representatief moment door doorval

$$M_{\text{dv.rep}} := \max(q_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}} \cdot d, F_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}})$$

$$M_{\text{dv.rep}} = 3.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

4.4 Horizontale belasting tgv ballastbed op betonplint

Horizontale gronddrukcoefficient:

$$k_h := 0.5$$

Dwarskracht tgv horizontale gronddruk (rep):

$$V_{gr_rep} := 0.5 \cdot k_h \cdot d \cdot h_p^2 \cdot \rho_{mat.ballast} \cdot g = 4.856 \cdot \text{kN}$$

Moment tgv horizontale gronddruk (rep):

$$M_{gr_rep} := V_{gr_rep} \cdot \frac{h_p}{3} = 0.971 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}$$

4.4 Bepaling maatgevende krachten

Maximale lijnlast representatief	$q_{\text{rep}} := \max(q_{w,1}, q_{w,2}, q_{tr})$	$q_{\text{rep}} = 4.186 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Rekenwaarde lijnlast	$q_d := \gamma_Q \cdot q_{\text{rep}}$	$q_d = 6.279 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
E.G. profiel	$q_{\text{EG,prof}} := A_{\text{prof}} \cdot \rho_{\text{mat}} \cdot g$	$q_{\text{EG,prof}} = 0.348 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Normaalkracht (representatieve waarde)		
	$N_{\text{rep}} := d \cdot H_{\text{scherm}} \cdot q_{\text{EG,vul}} + H_{\text{scherm}} \cdot q_{\text{EG,prof}}$	$N_{\text{rep}} = 28.661 \cdot \text{kN}$
Dwarskracht (representatieve waarde)		
	$V_{\text{rep}} := \max(q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}} + V_{\text{gr_rep}}, V_{\text{dv.rep}} + V_{\text{gr_rep}})$	$V_{\text{rep}} = 15.74 \cdot \text{kN}$
Moment (representatieve waarde)		
	$M_{\text{rep}} := \max\left(0.5 \cdot q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}}^2 + M_{\text{gr_rep}}, M_{\text{dv.rep}} + M_{\text{gr_rep}}\right)$	$M_{\text{rep}} = 15.121 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Normaalkracht (rekenwaarde)	$N_d := \gamma_G \cdot N_{\text{rep}}$	$N_d = 34.393 \cdot \text{kN}$
Dwarskracht (rekenwaarde)	$V_d := \gamma_Q \cdot V_{\text{rep}}$	$V_d = 23.61 \cdot \text{kN}$
Moment (rekenwaarde)	$M_d := \gamma_Q \cdot M_{\text{rep}}$	$M_d = 22.681 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

5. TOETSING

5.1 Controle doorbuiging

Translatie fundering	$\delta_{\text{fund}} := \frac{V_{\text{rep}}}{k_y}$	$\delta_{\text{fund}} = 6.926 \cdot \text{mm}$
Hoekverdraaiing fundering	$\phi_{\text{fund}} := \frac{M_{\text{rep}}}{\phi_y}$	$\phi_{\text{fund}} = 1.887 \cdot \text{mrad}$
	$\delta_{\text{LS}} := \phi_{\text{fund}} \cdot H_{\text{scherm}}$	$\delta_{\text{LS}} = 4.906 \cdot \text{mm}$
Doorbuiging profiel, qlast	$\delta_q := \frac{q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}}^4}{8 \cdot E_d \cdot I_{\text{prof}}}$	$\delta_q = 6.806 \cdot \text{mm}$
Doorbuiging profiel, doorval	$\delta_{\text{dv}} := \frac{V_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}}^3}{3 \cdot E_d \cdot I_{\text{prof}}}$	$\delta_{\text{dv}} = 0.777 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{prof}} := \max(\delta_{\text{dv}}, \delta_q)$	$\delta_{\text{prof}} = 6.81 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{prof.toelaatbaar}} := \frac{H_{\text{scherm}}}{150}$	$\delta_{\text{prof.toelaatbaar}} = 17.333 \cdot \text{mm}$
U.C. doorbuiging stijl	$UC1 := \frac{\delta_{\text{prof}}}{\delta_{\text{prof.toelaatbaar}}}$	$UC1 = 0.393$
Totale doorbuiging	$\delta_{\text{tot}} := \delta_{\text{prof}} + \delta_{\text{LS}}$	$\delta_{\text{tot}} = 11.713 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{tot.toelaatbaar}} := \frac{H_{\text{scherm}}}{75}$	$\delta_{\text{tot.toelaatbaar}} = 34.667 \cdot \text{mm}$
U.C. doorbuiging totaal	$UC2 := \frac{\delta_{\text{tot}}}{\delta_{\text{tot.toelaatbaar}}}$	$UC2 = 0.338$

5.2 Controle spanningen profiel (let op: stabiliteit zit niet in deze controle)

Normaalspanning	$\sigma_M := \frac{M_d}{W_{\text{prof}}}$	$\sigma_M = 103.094 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Afschuifspanning	$\tau := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_v}$	$\tau = 24.475 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Von mises spanning	$\sigma_d := \sqrt{\sigma_M^2 + 3 \cdot \tau^2}$	$\sigma_d = 111.47 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Toelaatbare spanning		$f_{ud} = 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
U.C. spanningen	$UC3 := \frac{\sigma_d}{f_{ud}} = 0.314$	$UC3 = 0.314$

5.3 Controle bouten (statisch)

Afstand anker tot drukzone (arm)	$e_{\text{ankers}} := 236 \cdot \text{mm}$
Aantal ankers in trekzone	$a_{\text{ankers}} := 3$
Oppervlakte boutdoorsnede $\phi 20$	$A_{\text{bs}} := 0.25 \cdot \pi \cdot (20\text{mm})^2 = 314.159 \cdot \text{mm}^2$
Kracht per anker	$F_{\text{anker.d}} := \frac{M_d}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}}$ $F_{\text{anker.d}} = 32.035 \cdot \text{kN}$
Maximale opneembare kracht in anker (B500B).	
	$F_{\text{tud}} := 435 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot A_{\text{bs}}$ $F_{\text{tud}} = 136.659 \cdot \text{kN}$
	$UC4 := \frac{F_{\text{anker.d}}}{F_{\text{tud}}}$ $UC4 = 0.234$
	$\sigma_{\text{anker}} := \frac{F_{\text{anker.d}}}{A_{\text{bs}}}$ $\sigma_{\text{anker}} = 101.97 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

5.4 Controle spanningen voetplaat (statisch, vereenvoudigd)

Kracht in ankers

$$F_{\text{anker.d}} = 32.035 \cdot \text{kN}$$

Dikte voetplaat

$$t_{\text{plaat}} := 25 \cdot \text{mm}$$

Diameter boutgat

$$\phi_{\text{boutgat}} := 23 \cdot \text{mm}$$

Maximale arm tot profiel

$$e_{\text{pl}} := 34.5 \cdot \text{mm}$$

Effectief meewerkende breedte kopplaat

$$l_{\text{eff}} := \phi_{\text{boutgat}} + 2 \cdot e_{\text{pl}} = 92 \cdot \text{mm}$$

Toelaatbare spanning

$$f_{\text{udplaat}} := 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Moment in plaat

$$M_{\text{plaat.d}} := F_{\text{anker.d}} \cdot e_{\text{pl}} \quad M_{\text{plaat.d}} = 1.105 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Weerstandmoment plaatdeel

$$W_{\text{plaat}} := \frac{1}{4} \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{plaat}}^2 \quad W_{\text{plaat}} = 14375 \cdot \text{mm}^3$$

Spanning in plaat

$$\sigma_{\text{plaat}} := \frac{M_{\text{plaat.d}}}{W_{\text{plaat}}} \quad \sigma_{\text{plaat}} = 76.884 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

U.C. spanningen

$$\text{UC5} := \frac{\sigma_{\text{plaat}}}{f_{\text{udplaat}}} = 0.217$$

5.5 Controle vermoeiing lasdetail profiel-voetplaat

Representatief moment door treinen $M_{tr} := 0.5 \cdot q_{tr} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{tr} = 2.535 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Dit moment werkt eerst de ene kant op en vervolgens de andere kant op (zie figuur 6.22 NEN-EN 1991-2), de spanningswisseling is derhalve 2 maal zo hoog als de representatieve wisseling.

Representatieve waarde van de spanningswisseling door treinen: $\Delta\sigma_{tr.rep} := \frac{2 \cdot M_{tr}}{W_{prof}}$ $\Delta\sigma_{tr.rep} = 23.045 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Representatief moment door wind: $M_{w,1} := 0.5 \cdot q_{w,1} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{w,1} = 8.021 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_{w,2} := 0.5 \cdot q_{w,2} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{w,2} = 14.149 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_w := \max(M_{w,1}, M_{w,2})$ $M_w = 14.149 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Dit moment werkt eerst de ene kant op en vervolgens de andere kant op (volgens GCW2012), de spanningswisseling is derhalve 2 maal zo hoog als de representatieve wisseling.

Representatieve waarde van de spanningswisseling door wind: $\Delta\sigma_{w.rep} := \frac{2 \cdot M_w}{W_{prof}}$ $\Delta\sigma_{w.rep} = 128.63 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$n := 9$

$i := 0, 1 \dots (n - 1)$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta\sigma_i :=$
$\Delta\sigma_{tr.rep}$
$\Delta\sigma_{w.rep}$
$0.85 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.73 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.6 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.48 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.26 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.12 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.03 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$

Rekenwaarde(n)
spanningswisselingen:

Totaal aantal(len)
spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$NA := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$\Delta\sigma_i =$$

23.0	$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$
128.6	
109.3	
93.9	
77.2	
61.7	
33.4	
15.4	
3.9	

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_C := 80 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (\text{detail 1 uit tabel 8.5})$$

Dikte van de beschouwde plaat (indien k_s van toepassing is), zo niet => kies 1 mm:

$$t := 1 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. plaatdikte:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{25 \cdot \text{mm}}{t} \right)^{0.2} & \text{if } t > 25 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 59.259 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 43.663 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 23.98 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

1·10 ³⁰⁷
195556
318430
502692
905350
1768262
18964305
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.001
0.003
0.003
0.000
0.000

Schade
openingen:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

$$D = 0.01$$

$$UC6 := \frac{D}{1.0} = 0.007$$

5.6 Controle vermoeiing lasdetail voetplaat op buiging

Kracht in ankers door treinpassage

$$\Delta F_{\text{anker.tr}} := \frac{M_{\text{tr}}}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}} \quad \Delta F_{\text{anker.tr}} = 3.581 \cdot \text{kN}$$

Moment in plaat t.g.v. treinpassage

$$\Delta M_{\text{plaat.tr}} := \Delta F_{\text{anker.tr}} \cdot e_{\text{pl}} \quad \Delta M_{\text{plaat.tr}} = 0.124 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elastisch weerstandsmoment voetplaat

$$W_{\text{plaat.el}} := \frac{1}{6} \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{plaat}}^2 \quad W_{\text{plaat.el}} = 9583.333 \cdot \text{mm}^3$$

Spanningwisseling in plaat t.g.v. treinpassage

$$\Delta \sigma_{\text{plaat.tr}} := \frac{\Delta M_{\text{plaat.tr}}}{W_{\text{plaat.el}}} \quad \Delta \sigma_{\text{plaat.tr}} = 12.89 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kracht in ankers door wind

$$\Delta F_{\text{anker.w}} := \frac{M_{\text{w}}}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}} \quad \Delta F_{\text{anker.w}} = 19.985 \cdot \text{kN}$$

Moment in plaat t.g.v. wind

$$\Delta M_{\text{plaat.w}} := \Delta F_{\text{anker.w}} \cdot e_{\text{pl}} \quad \Delta M_{\text{plaat.w}} = 0.689 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Spanningwisseling in plaat door wind

$$\Delta \sigma_{\text{plaat.w}} := \frac{\Delta M_{\text{plaat.w}}}{W_{\text{plaat.el}}} \quad \Delta \sigma_{\text{plaat.w}} = 71.946 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$i := 0, 1 \dots (n - 1)$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta \sigma_i :=$
$\Delta \sigma_{\text{plaat.tr}}$
$\Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.85 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.73 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.6 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.48 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.26 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.12 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.03 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$

Rekenwaarde(n)
spanningswisselingen:

Totaal aantal(len)
spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$NA := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$\Delta\sigma_i =$$

12.9	$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$
71.9	
61.2	
52.5	
43.2	
34.5	
18.7	
8.6	
2.2	

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_{CR} := 80 \cdot N \cdot \text{mm}^{-2} \quad (\text{detail 1 uit tabel 8.4})$$

Dikte van de beschouwde plaat (indien k_s van toepassing is), zo niet => kies 1 mm:

$$t := 1 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. plaatdikte:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{25 \cdot \text{mm}}{t} \right)^{0.2} & \text{if } t > 25 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 59.259 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 43.663 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 23.98 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

1·10 ³⁰⁷
1117595
1819817
2872869
5293437
16154289
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000

Schade:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

D = 0

$$UC7 := \frac{D}{1.0} = 0.001$$

5.8 Controle vermoeiing bouten

Voorspankracht anker bij handvast aandraaien

$$F_{vs} := 0 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{vs} := \frac{F_{vs}}{A_{bs}}$$

$$\sigma_{vs} = 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Representatieve waarde van de spanningswisseling door treinen:

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} := \frac{\Delta F_{\text{anker.tr}}}{A_{bs}}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} = 11.397 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Representatieve waarde van de spanningswisseling door wind:

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} := \frac{\Delta F_{\text{anker.w}}}{A_{bs}}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} = 63.614 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} := \begin{cases} 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & \text{if } \sigma_{vs} \geq \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} \\ \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} - \sigma_{vs} & \text{if } \sigma_{vs} < \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} := \begin{cases} 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & \text{if } \sigma_{vs} \geq \Delta\sigma_{\text{anker.w}} \\ \Delta\sigma_{\text{anker.w}} - \sigma_{vs} & \text{if } \sigma_{vs} < \Delta\sigma_{\text{anker.w}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$n := 9$$

$$i := 0, 1 \dots (n - 1)$$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta\sigma_i :=$
$\Delta\sigma_{tr.rep}$
$\Delta\sigma_{w.rep}$
$0.85 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.73 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.6 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.48 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.26 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.12 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.03 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$

Rekenwaarde(n) spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma_i =$$

11.4	$\cdot \frac{N}{mm^2}$
63.6	
54.1	
46.4	
38.2	
30.5	
16.5	
7.6	
1.9	

$$NA_i := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_C := 50 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Boutdiameter

$$O := 24 \cdot mm$$

Reductiefactor i.v.m. boutmaat:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{30 \cdot mm}{O} \right)^{0.25} & \text{if } O > 30 \cdot mm \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 37.037 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 27.289 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 14.99 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

1·10 ³⁰⁷
394713
642724
1014642
1827376
3569093
61134906
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.002
0.001
0.000
0.000

Schade:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

D = 0

$$UC8 := \frac{D}{1.0} = 0.003$$

5.9 Controle verankeringlengte

De verankeringlengte voor op trek belaste wapeningsstaaf conform NEN-EN 1992-1-1 vgl 8.4

Type verankering

staaf := "rechte staaf"

Type aanhechting

aanhechting := "goede aanhechting"

Betondekking

$c_d := 50 \cdot \text{mm}$

Diameter verankering

$\phi := 20 \cdot \text{mm}$

Staalspanning in de verankering

$$\sigma_{sd} := \frac{F_{\text{anker.d}}}{A_{bs}} \quad \sigma_{sd} = 101.97 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Rekenwaarde betontreksterkte C30/37

$$f_{ctd} := 1.35 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\eta_1 := \begin{cases} 1 & \text{if } \text{aanhechting} = \text{"goede aanhechting"} \wedge \phi \leq 32\text{mm} \\ 0.7 & \text{if } \text{aanhechting} = \text{"slechte aanhechting"} \wedge \phi \leq 32\text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 := \begin{cases} 1 & \text{if } \phi \leq 32\text{mm} \\ \frac{132 - \frac{\phi}{\text{mm}}}{100} & \text{if } \phi > 32\text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\eta_2 = 1$$

Uiterste opneembare aanhechtspanning

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$$f_{bd} = 3.038 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

De vereiste basisverankeringlengte

$$l_{b.rqd} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$l_{b.rqd} = 167.853 \cdot \text{mm}$$

$$\alpha_1 := \begin{cases} 1 & \text{if } \text{staaf} = \text{"rechte staaf"} \\ 0.7 & \text{if } \text{staaf} = \text{"gebogen staaf"} \wedge c_d > 3 \cdot \phi \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 := \begin{cases} 1 - \frac{0.15 \cdot (c_d - \phi)}{\phi} & \text{if } \text{staaf} = \text{"rechte staaf"} \wedge 0.7 \leq \alpha_2 \leq 1.0 \\ \left[1 - \frac{0.15 \cdot (c_d - 3\phi)}{\phi} \right] & \text{if } \text{staaf} = \text{"gebogen staaf"} \wedge 0.7 \leq \alpha_2 \leq 1.0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 := 1$$

$\alpha_4 := 1$ deze factoren verdisconteren invloed opsluiting dwarswapening, gelaste dwarswapening of dwarsdruk

$\alpha_5 := 1$

Rekenwaarde verankeringslengte

$$l_{bd} := \max\left[\left(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b.rqd}\right), 0.3 \cdot l_{b.rqd}, 10 \cdot \phi, 100\text{mm}\right]$$

$$l_{bd} = 200 \cdot \text{mm}$$

Toegepaste verankeringslengte

$$l_{bd.prov} := 900\text{mm}$$

$$UC9 := \frac{l_{bd}}{l_{bd.prov}}$$

$$UC9 = 0.222$$

Bijlage 4 Berekening kolom geluidscherm type 4

Standaardberekening geluidsschermen type 4

volgens NEN-EN 1991-1-4 en GCW 2012

1 INLEIDING

In deze sheet worden geluidsschermen met een staander worden berekend overeenkomstig de NEN-EN 1991-1-4 en de GCW 2012

2 UITGANGSPUNTEN en/of RANDVOORWAARDEN

De volgende richtlijnen en/of normen zijn van toepassing:

- GCW 2012;
- NEN-EN 1991-1-4;
- NEN-EN1991-2;
- NEN-EN1992-1;
- NEN-EN1993-2;
- NEN-EN 1993-1-9.

Referentie tekeningen:

Tekeningnummer	Naam
S-HHB-BT-291a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en leuning/looproosters en details geluidsschermen
S-HHB-BT-292a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en details leuningwerk en geluidsschermen
B-HBA-BT-301a	Detailblad type geluidsschermen
B-HBA-BT-310a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherm km 500.792 - km 501.122 (zuidzijde)
B-HBA-BT-311a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherm km 501.32 - km 501.42 (zuidzijde)
B-HBA-BT-312a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherm km 501.62 - km 501.76 (zuidzijde)
B-HBA-BT-320a	Aansluiting NL-Vlaardingen O.(BC), geluidsscherm km 502.4 - km 502.6, km 502.6 - km 502.83 (zuidzijde)
B-HBA-BT-330a	Vlaardingen O. - Vld Cent. (BD), geluidsscherm km 505.01- km 505.18 (noordzijde), km 504.79 - km 504.91 (vulcaanhaven)
B-HBA-BT-360a	Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherm km 512.51-512.59 (zuid), km 512.93 -513.26 (noord) Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherm km 513.03-513.3 (zuid), km 513.36-513.5 (noord)
B-HBA-BT-362a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Schiedam
B-HBA-BT-363a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Vlaardingen
B-HBA-BT-364a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Maassluis
B-HBA-BT-370a	Maassluis W. - Steendijkpolder (BH), geluidsscherm (noordzijde) km 514.12 - km 514.3

3 INVOER ALGEMEEN

3.1 Geometrie

Lengte

$$L_{\text{scherm}} := 200\text{m}$$

Hoogte = hoogte (scherm + betonplint)

$$H_{\text{scherm}} := 3.10\text{m}$$

Hart op hart afstand staanders

$$d := 2.5\text{m}$$

Eigen gewicht vulling

$$q_{\text{EG.vul}} := 4.01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

3.2 Profieleigenschappen

Type profiel kolom

$$\text{HE180A}$$

Oppervlakte profiel

$$A_{\text{prof}} := 4525 \cdot \text{mm}^2$$

Oppervlakte afschuifvlakf

$$A_v := 1447 \text{mm}^2$$

Volumieke massa materiaal staal

$$\rho_{\text{mat}} := 7850 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Volumieke massa materiaal ballastbed

$$\rho_{\text{mat.ballast}} := 2200 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Elasticiteitsmodulus materiaal

$$E_d := 210000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Toelaatbare spanning staalprofiel

$$f_{\text{ud}} := 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Traagheidsmoment

$$I_{\text{prof}} := 1673 \cdot 10^4 \cdot \text{mm}^4$$

Weerstandsmoment

$$W_{\text{prof}} := 220 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^3$$

3.3 Eigenschappen fundering

Veerwaarde fundering k_y (translatie)

$$k_y := \frac{10\text{kN}}{4.4\text{mm}}$$

$$k_y = 2272.727 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Veerwaarde fundering ϕ_y (rotatie)

$$\phi_y := \frac{12.5\text{kNm}}{\left(\frac{1}{641}\right)\text{rad}}$$

$$\phi_y = 8012.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{rad}}$$

3.4 Belastingfactoren

Belastingfactor permanent

$$\gamma_G := 1.2$$

Belastingfactor variabel

$$\gamma_Q := 1.5$$

3.5 Uitgangspunten vermoeiing

Ontwerplevensduur in jaren

$$\text{levensduur} := 50$$

Partiële belastingfactor vermoeiing

$$\gamma_{Ff} := 1.0$$

Materiaalfactor vermoeiing: EN 1993-1-9:2003 (Tabel 3.1)

$$\gamma_{Mf} := 1.35$$

4 BEPALING BELASTINGEN

4.1 Windbelasting

Basiswaarden (4.2)

Windgebied

$$WG := 2$$

Terreincategorie

$$TC := 2$$

Referentiehoogte

$$z := 3\text{m}$$

Windrichtingsfactor

$$c_{\text{dir}} := 1.0$$

Seizoensfactor

$$c_{\text{season}} := 1.0$$

Fundamentele waarde van de basiswindsnelheid

$$V_{b0} := \begin{cases} 29.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{if } WG = 1 \\ 27 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{if } WG = 2 \\ 24.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$V_{b0} = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Basiswindsnelheid

$$v_b := c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot V_{b0}$$

$$v_b = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Gemiddelde wind 4.3

Terreincategorie

$$TC = 2$$

Ruwheidslengte

$$z_0 := \begin{cases} 0.005\text{m} & \text{if } TC = 0 \\ 0.2\text{m} & \text{if } TC = 2 \\ 0.5\text{m} & \text{if } TC = 3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad z_0 = 0.2\text{ m}$$

Minimale hoogte

$$z_{\min} := \begin{cases} 1\text{m} & \text{if } TC = 0 \\ 4\text{m} & \text{if } TC = 2 \\ 7\text{m} & \text{if } TC = 3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad z_{\min} = 4\text{ m}$$

Ruwheidslengte TCII (standaard parameter)

$$z_{0II} := 0.05\text{m}$$

Maximale hoogte (standaard parameter)

$$z_{\max} := 200\text{m}$$

Terreinfactor

$$k_T := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0II}} \right)^{0.07} \quad k_T = 0.209$$

Ruwheidsfactor C_{rz}

$$c_{rz} := \begin{cases} k_T \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ k_T \cdot \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right) & \text{if } z \leq z_{\min} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad c_{rz} = 0.627$$

Oreografiefactor:

Werkelijke lengte van de helling/het talud, loefzijde

$$L_u := 8 \cdot \text{m}$$

Hoogte van het talud/de heuvel

$$H_u := 2 \cdot \text{m}$$

Afstand top van de helling helling tot constructie
(let op het teken, zie afbeelding)

$$X := 0.5 \cdot \text{m}$$

Werkelijke lengte van de helling aan lijzijde in geval van een heuvel

$$L_d := 8 \cdot \text{m}$$

Helling, loefzijde

$$\phi := \frac{H_u}{L_u} \quad \phi = 0.25$$

Effectieve lengte van de helling

$$L_e := \begin{cases} L_u & \text{if } \phi < 0.3 \\ \frac{H_u}{0.3} & \text{if } \phi \geq 0.3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad L_e = 8\text{ m}$$

$$\frac{X}{L_u} = 0.063 \quad \frac{X}{L_e} = 0.063$$

Orografielocatiefactor

$$s_w := 0$$

Aflezen vanuit figuur

Orografiefactor

$$c_o := \begin{cases} 1 & \text{if } \phi < 0.05 \\ 1 + 2s \cdot \phi & \text{if } 0.05 \leq \phi < 0.3 \\ 1 + 0.6s & \text{if } \phi \geq 0.3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad c_o = 1$$

Windturbulentie 4.4

Turbulentiefactor k_I

$$k_I := 1$$

$$c_{o,z} := c_o$$

Turbulenteintensiteit

$$I_{vz} := \begin{cases} \frac{k_I}{c_{o,z} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ \frac{k_I}{c_{o,z} \cdot \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right)} & \text{if } z \leq z_{\min} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad I_{vz} = 0.334$$

Extreme stuwdruk 4.5

Bepaling van de stuwdruk op hoogte z boven maaiveld. De waarde van q_p correspondeert met Tabel NB4.

$$\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$v_{mz} := c_{rz} \cdot c_{o,z} \cdot v_b$$

$$v_{mz} = 16.9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_p := \left(1 + 7 \cdot I_{vz}\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{mz}^2$$

$$q_p = 0.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Bouwwerkfactor (H6)

$$C_s C_d := 1.0$$

Druk en krachtcoëfficiënten (H7)

Verhouding l/h

$$\frac{L_{\text{scherm}}}{H_{\text{scherm}}} = 64.516$$

Nettodrukcoëfficiënten
(zie tabel)

$$c_{p,\text{net},A} := 3.4$$

$$c_{p,\text{net},B} := 2.8$$

$$c_{p,\text{net},C} := 1.7$$

$$c_{p,\text{net},D} := 1.2$$

Beedte van zones

$$B_A := 0.3 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_A = 0.93 \text{ m}$$

$$B_B := 1.7 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_B = 5.27 \text{ m}$$

$$B_C := 2 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_C = 6.2 \text{ m}$$

$$B_D := L_{\text{scherm}} - B_A - B_B - B_C$$

$$B_D = 187.6 \text{ m}$$

Beschuttingsfactor

$$\psi_s := 1.0$$

$$p_{w,A} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},A} \cdot q_p$$

$$p_{w,A} = 2.033 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,B} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},B} \cdot q_p$$

$$p_{w,B} = 1.674 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,C} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},C} \cdot q_p$$

$$p_{w,C} = 1.017 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,D} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},D} \cdot q_p$$

$$p_{w,D} = 0.718 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Representatieve lijnlast op 1e staander

$$q_{w,1} := \begin{cases} p_{w,A} \cdot d \cdot 0.5 & \text{if } d \leq 2B_A \\ p_{w,A} \cdot B_A + p_{w,B} \cdot (0.5d - B_A) & \text{if } 2B_A < d \leq B_A + B_B + B_C \\ p_{w,A} \cdot B_A + p_{w,B} \cdot B_B + p_{w,C} \cdot (0.5d - B_A - B_B) & \text{if } B_A + B_B + B_C < d \leq 8 \cdot H_{\text{scherm}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$q_{w,1} = 2.427 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$q_{w,2} := \begin{cases} p_{w,A} \cdot d & \text{if } d \leq 0.5B_A \\ p_{w,A} \cdot (B_A - 0.5 \cdot d) + p_{w,B} \cdot (d - B_A) & \text{if } 0.5B_A < d < 2B_A \\ p_{w,B} \cdot d & \text{if } 2B_A \leq d \leq (B_B + B_A - 0.5 \cdot d) \\ p_{w,B} \cdot (B_A + B_B - 0.5 \cdot d) + [1.5 \cdot d - (B_A + B_B)] \cdot p_{w,C} & \text{if } (B_B + B_A - 0.5 \cdot d) \leq d \leq B_B + B_A \\ p_{w,C} \cdot (0.5d - B_C) + p_{w,D} \cdot (0.5 \cdot d - 0.5 \cdot B_C) + (0.5 \cdot d) \cdot p_{w,C} & \text{if } (B_B + B_A) \leq d \leq 1.5 \cdot B_C + B_D \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$q_{w,2} = 4.186 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Representatieve lijnlast op 2e staander

4.2 Belasting t.g.v. passerende treinen (NEN-EN 1991-2 par. 6.6)

Aantal treinen per jaar (voor vermoeiing)

$$n_T := 105120$$

Karakteristieke waarde van de belasting

$$q_{1k} := 0.15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Factor voor de vorm van de treinen (6.6.2)

$$k_1 := 1.0$$

Factor voor lokale toetsing (6.6.2)

$$k_2 := 1.0$$

Dynamische factor voor beeindiging (5m, vaste waarde)

$$C_{\text{dyn}} := 2$$

Representatieve vlakbelasting t.g.v. passerende treinen (excl C.dyn):

$$p_{\text{tr}} := q_{1k} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad p_{\text{tr}} = 0.15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Representatieve lijnbelasting t.g.v. passerende treinen (incl. C.dyn)

$$q_{\text{tr}} := \begin{cases} p_{\text{tr}} \cdot d \cdot C_{\text{dyn}} & \text{if } d \leq \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot d \cdot 0.5 + p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot (5 \cdot \text{m} - d) + p_{\text{tr}} \cdot [d \cdot 0.5 - (5 \cdot \text{m} - d)] & \text{if } \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \text{m} < d \leq 5 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot [d \cdot 0.5 - (d - 5 \text{m})] + p_{\text{tr}} \cdot (d - 5 \cdot \text{m}) + p_{\text{tr}} \cdot (d \cdot 0.5) & \text{if } 5 \text{m} < d \leq 10 \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot d & \text{if } d > 10 \cdot \text{m} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$q_{\text{tr}} = 0.75 \text{ m} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

4.3 Doorvalbeveiliging

Representatieve waarde van de lijnlast

$$q_{\text{dv.rep}} := 0.80 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Hoogte betonplint

$$h_p := 600 \text{mm}$$

Representatieve waarde van de puntlast

$$F_{\text{dv.rep}} := 1.0 \text{kN}$$

Hoogte van aangrijpen

$$h_{\text{dv}} := 1000 \cdot \text{mm} + h_p = 1600 \cdot \text{mm}$$

Representatieve dwarskracht door doorval

$$V_{\text{dv.rep}} := \max[(q_{\text{dv.rep}} \cdot d), F_{\text{dv.rep}}]$$

$$V_{\text{dv.rep}} = 2 \cdot \text{kN}$$

Representatief moment door doorval

$$M_{\text{dv.rep}} := \max(q_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}} \cdot d, F_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}})$$

$$M_{\text{dv.rep}} = 3.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

4.4 Horizontale belasting tgv ballastbed op betonplint

Horizontale gronddrukcoefficient:

$$k_h := 0.5$$

Dwarskracht tgv horizontale gronddruk (rep): $V_{gr_rep} := 0.5 \cdot k_h \cdot d \cdot h_p^2 \cdot \rho_{mat.ballast} \cdot g = 4.856 \text{ kN}$

Moment tgv horizontale gronddruk (rep): $M_{gr_rep} := V_{gr_rep} \cdot \frac{h_p}{3} = 0.971 \text{ m} \cdot \text{kN}$

4.4 Bepaling maatgevende krachten

Maximale lijnlast representatief	$q_{\text{rep}} := \max(q_{w,1}, q_{w,2}, q_{tr})$	$q_{\text{rep}} = 4.186 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Rekenwaarde lijnlast	$q_d := \gamma_Q \cdot q_{\text{rep}}$	$q_d = 6.279 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
E.G. profiel	$q_{\text{EG,prof}} := A_{\text{prof}} \cdot \rho_{\text{mat}} \cdot g$	$q_{\text{EG,prof}} = 0.348 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Normaalkracht (representatieve waarde)		
	$N_{\text{rep}} := d \cdot H_{\text{scherm}} \cdot q_{\text{EG,vul}} + H_{\text{scherm}} \cdot q_{\text{EG,prof}}$	$N_{\text{rep}} = 32.158 \cdot \text{kN}$
Dwarskracht (representatieve waarde)		
	$V_{\text{rep}} := \max(q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}} + V_{\text{gr_rep}}, V_{\text{dv.rep}} + V_{\text{gr_rep}})$	$V_{\text{rep}} = 17.833 \cdot \text{kN}$
Moment (representatieve waarde)		
	$M_{\text{rep}} := \max\left(0.5 \cdot q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}}^2 + M_{\text{gr_rep}}, M_{\text{dv.rep}} + M_{\text{gr_rep}}\right)$	$M_{\text{rep}} = 21.086 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Normaalkracht (rekenwaarde)	$N_d := \gamma_G \cdot N_{\text{rep}}$	$N_d = 38.589 \cdot \text{kN}$
Dwarskracht (rekenwaarde)	$V_d := \gamma_Q \cdot V_{\text{rep}}$	$V_d = 26.75 \cdot \text{kN}$
Moment (rekenwaarde)	$M_d := \gamma_Q \cdot M_{\text{rep}}$	$M_d = 31.629 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

5. TOETSING

5.1 Controle doorbuiging

Translatie fundering	$\delta_{\text{fund}} := \frac{V_{\text{rep}}}{k_y}$	$\delta_{\text{fund}} = 7.847 \cdot \text{mm}$
Hoekverdraaiing fundering	$\phi_{\text{fund}} := \frac{M_{\text{rep}}}{\phi_y}$	$\phi_{\text{fund}} = 2.632 \cdot \text{mrad}$
	$\delta_{\text{LS}} := \phi_{\text{fund}} \cdot H_{\text{scherm}}$	$\delta_{\text{LS}} = 8.158 \cdot \text{mm}$
Doorbuiging profiel, qlast	$\delta_q := \frac{q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}}^4}{8 \cdot E_d \cdot I_{\text{prof}}}$	$\delta_q = 13.755 \cdot \text{mm}$
Doorbuiging profiel, doorval	$\delta_{\text{dv}} := \frac{V_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}}^3}{3 \cdot E_d \cdot I_{\text{prof}}}$	$\delta_{\text{dv}} = 0.777 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{prof}} := \max(\delta_{\text{dv}}, \delta_q)$	$\delta_{\text{prof}} = 13.75 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{prof.toelaatbaar}} := \frac{H_{\text{scherm}}}{150}$	$\delta_{\text{prof.toelaatbaar}} = 20.667 \cdot \text{mm}$
U.C. doorbuiging stijl	$\text{UC1} := \frac{\delta_{\text{prof}}}{\delta_{\text{prof.toelaatbaar}}}$	$\text{UC1} = 0.666$
Totale doorbuiging	$\delta_{\text{tot}} := \delta_{\text{prof}} + \delta_{\text{LS}}$	$\delta_{\text{tot}} = 21.913 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{tot.toelaatbaar}} := \frac{H_{\text{scherm}}}{75}$	$\delta_{\text{tot.toelaatbaar}} = 41.333 \cdot \text{mm}$
U.C. doorbuiging totaal	$\text{UC2} := \frac{\delta_{\text{tot}}}{\delta_{\text{tot.toelaatbaar}}}$	$\text{UC2} = 0.53$

5.2 Controle spanningen profiel (let op: stabiliteit zit niet in deze controle)

Normaalspanning

$$\sigma_M := \frac{M_d}{W_{\text{prof}}}$$

$$\sigma_M = 143.767 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Afschuifspanning

$$\tau := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_v}$$

$$\tau = 27.729 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Von mises spanning

$$\sigma_d := \sqrt{\sigma_M^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\sigma_d = 151.577 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Toelaatbare spanning

$$f_{ud} = 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

U.C. spanningen

$$UC3 := \frac{\sigma_d}{f_{ud}} = 0.427$$

$$UC3 = 0.427$$

5.3 Controle bouten (statisch)

Afstand anker tot drukzone (arm)

$$e_{\text{ankers}} := 236 \cdot \text{mm}$$

Aantal ankers in trekzone

$$a_{\text{ankers}} := 3$$

Oppervlakte boutdoorsnede $\phi 20$

$$A_{bs} := 0.25 \cdot \pi \cdot (20 \text{ mm})^2 = 314.159 \cdot \text{mm}^2$$

Kracht per anker

$$F_{\text{anker.d}} := \frac{M_d}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}}$$

$$F_{\text{anker.d}} = 44.673 \cdot \text{kN}$$

Maximale opneembare kracht in anker (B500B).

$$F_{\text{tud}} := 435 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot A_{bs}$$

$$F_{\text{tud}} = 136.659 \cdot \text{kN}$$

$$UC4 := \frac{F_{\text{anker.d}}}{F_{\text{tud}}}$$

$$UC4 = 0.327$$

$$\sigma_{\text{anker}} := \frac{F_{\text{anker.d}}}{A_{bs}}$$

$$\sigma_{\text{anker}} = 142.2 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

5.4 Controle spanningen voetplaat (statisch, vereenvoudigd)

Kracht in ankers

$$F_{\text{anker.d}} = 44.673 \cdot \text{kN}$$

Dikte voetplaat

$$t_{\text{plaat}} := 25 \cdot \text{mm}$$

Diameter boutgat

$$\phi_{\text{boutgat}} := 23 \cdot \text{mm}$$

Maximale arm tot profiel

$$e_{\text{pl}} := 34.5 \cdot \text{mm}$$

Effectief meewerkende breedte kopplaat

$$l_{\text{eff}} := \phi_{\text{boutgat}} + 2 \cdot e_{\text{pl}} = 92 \cdot \text{mm}$$

Toelaatbare spanning

$$f_{\text{udplaat}} := 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Moment in plaat

$$M_{\text{plaat.d}} := F_{\text{anker.d}} \cdot e_{\text{pl}} \quad M_{\text{plaat.d}} = 1.541 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Weerstandmoment plaatdeel

$$W_{\text{plaat}} := \frac{1}{4} \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{plaat}}^2 \quad W_{\text{plaat}} = 14375 \cdot \text{mm}^3$$

Spanning in plaat

$$\sigma_{\text{plaat}} := \frac{M_{\text{plaat.d}}}{W_{\text{plaat}}} \quad \sigma_{\text{plaat}} = 107.216 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

U.C. spanningen

$$\text{UC5} := \frac{\sigma_{\text{plaat}}}{f_{\text{udplaat}}} = 0.302$$

5.5 Controle vermoeiing lasdetail profiel-voetplaat

Representatief moment door treinen $M_{tr} := 0.5 \cdot q_{tr} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{tr} = 3.604 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Dit moment werkt eerst de ene kant op en vervolgens de andere kant op (zie figuur 6.22 NEN-EN 1991-2), de spanningswisseling is derhalve 2 maal zo hoog als de representatieve wisseling.

Representatieve waarde van de spanningswisseling door treinen: $\Delta\sigma_{tr.rep} := \frac{2 \cdot M_{tr}}{W_{prof}}$ $\Delta\sigma_{tr.rep} = 32.761 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Representatief moment door wind: $M_{w,1} := 0.5 \cdot q_{w,1} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{w,1} = 11.661 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_{w,2} := 0.5 \cdot q_{w,2} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{w,2} = 20.115 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_w := \max(M_{w,1}, M_{w,2})$ $M_w = 20.115 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Dit moment werkt eerst de ene kant op en vervolgens de andere kant op (volgens GCW2012), de spanningswisseling is derhalve 2 maal zo hoog als de representatieve wisseling.

Representatieve waarde van de spanningswisseling door wind: $\Delta\sigma_{w.rep} := \frac{2 \cdot M_w}{W_{prof}}$ $\Delta\sigma_{w.rep} = 182.86 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$n := 9$

$i := 0, 1 \dots (n - 1)$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta\sigma_i :=$
$\Delta\sigma_{tr.rep}$
$\Delta\sigma_{w.rep}$
$0.85 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.73 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.6 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.48 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.26 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.12 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.03 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$

Rekenwaarde(n)
spanningswisselingen:

Totaal aantal(len)
spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$NA := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$\Delta\sigma_i =$$

32.8	$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$
182.9	
155.4	
133.5	
109.7	
87.8	
47.5	
21.9	
5.5	

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_C := 80 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (\text{detail 1 uit tabel 8.5})$$

Dikte van de beschouwde plaat (indien k_s van toepassing is), zo niet => kies 1 mm:

$$t := 1 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. plaatdikte:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{25 \cdot \text{mm}}{t} \right)^{0.2} & \text{if } t > 25 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 59.259 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 43.663 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 23.98 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

21023639
68068
110837
174973
315128
615484
3872756
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.250
0.000
0.000
0.000
0.002
0.010
0.015
0.000
0.000

Schade
openingen:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

D = 0.28

$$UC6 := \frac{D}{1.0} = 0.278$$

5.6 Controle vermoeiing lasdetail voetplaat op buiging

Kracht in ankers door treinpassage

$$\Delta F_{\text{anker.tr}} := \frac{M_{\text{tr}}}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}} \quad \Delta F_{\text{anker.tr}} = 5.09 \cdot \text{kN}$$

Moment in plaat t.g.v. treinpassage

$$\Delta M_{\text{plaat.tr}} := \Delta F_{\text{anker.tr}} \cdot e_{\text{pl}} \quad \Delta M_{\text{plaat.tr}} = 0.176 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elastisch weerstandsmoment voetplaat

$$W_{\text{plaat.el}} := \frac{1}{6} \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{plaat}}^2 \quad W_{\text{plaat.el}} = 9583.333 \cdot \text{mm}^3$$

Spanningwisseling in plaat t.g.v. treinpassage

$$\Delta \sigma_{\text{plaat.tr}} := \frac{\Delta M_{\text{plaat.tr}}}{W_{\text{plaat.el}}} \quad \Delta \sigma_{\text{plaat.tr}} = 18.324 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kracht in ankers door wind

$$\Delta F_{\text{anker.w}} := \frac{M_{\text{w}}}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}} \quad \Delta F_{\text{anker.w}} = 28.411 \cdot \text{kN}$$

Moment in plaat t.g.v. wind

$$\Delta M_{\text{plaat.w}} := \Delta F_{\text{anker.w}} \cdot e_{\text{pl}} \quad \Delta M_{\text{plaat.w}} = 0.98 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Spanningwisseling in plaat door wind

$$\Delta \sigma_{\text{plaat.w}} := \frac{\Delta M_{\text{plaat.w}}}{W_{\text{plaat.el}}} \quad \Delta \sigma_{\text{plaat.w}} = 102.278 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$i := 0, 1 \dots (n - 1)$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta \sigma_i :=$
$\Delta \sigma_{\text{plaat.tr}}$
$\Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.85 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.73 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.6 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.48 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.26 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.12 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.03 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$

Rekenwaarde(n)
spanningswisselingen:

Totaal aantal(len)
spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$NA := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$\Delta\sigma_i =$$

18.3	$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$
102.3	
86.9	
74.7	
61.4	
49.1	
26.6	
12.3	
3.1	

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_{CR} := 80 \cdot N \cdot \text{mm}^{-2} \quad (\text{detail 1 uit tabel 8.4})$$

Dikte van de beschouwde plaat (indien ks van toepassing is), zo niet => kies 1 mm:

$$t := 1 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. plaatdikte:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{25 \cdot \text{mm}}{t} \right)^{0.2} & \text{if } t > 25 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 59.259 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 43.663 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 23.98 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

1·10 ³⁰⁷
389004
633428
999967
1800946
3517472
59668323
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.002
0.001
0.000
0.000

Schade:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

D = 0

$$UC7 := \frac{D}{1.0} = 0.003$$

5.8 Controle vermoeiing bouten

Voorspankracht anker bij handvast aandraaien

$$F_{vs} := 0 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{vs} := \frac{F_{vs}}{A_{bs}}$$

$$\sigma_{vs} = 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Representatieve waarde van de spanningswisseling door treinen:

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} := \frac{\Delta F_{\text{anker.tr}}}{A_{bs}}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} = 16.202 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Representatieve waarde van de spanningswisseling door wind:

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} := \frac{\Delta F_{\text{anker.w}}}{A_{bs}}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} = 90.433 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} := \begin{cases} 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & \text{if } \sigma_{vs} \geq \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} \\ \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} - \sigma_{vs} & \text{if } \sigma_{vs} < \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} := \begin{cases} 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & \text{if } \sigma_{vs} \geq \Delta\sigma_{\text{anker.w}} \\ \Delta\sigma_{\text{anker.w}} - \sigma_{vs} & \text{if } \sigma_{vs} < \Delta\sigma_{\text{anker.w}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$n := 9$$

$$i := 0, 1 \dots (n - 1)$$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta\sigma_i :=$
$\Delta\sigma_{tr.rep}$
$\Delta\sigma_{w.rep}$
$0.85 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.73 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.6 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.48 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.26 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.12 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.03 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$

Rekenwaarde(n) spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma_i =$$

16.2	$\cdot \frac{N}{mm^2}$
90.4	
76.9	
66.0	
54.3	
43.4	
23.5	
10.9	
2.7	

$$NA_i := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_C := 50 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Boutdiameter

$$O := 24 \cdot mm$$

Reductiefactor i.v.m. boutmaat:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{30 \cdot mm}{O} \right)^{0.25} & \text{if } O > 30 \cdot mm \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 37.037 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 27.289 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 14.99 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

67773546
137389
223715
353169
636060
1242304
10529452
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.078
0.000
0.000
0.000
0.000
0.001
0.005
0.006
0.000
0.000

Schade:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

D = 0.09

$$UC8 := \frac{D}{1.0} = 0.089$$

5.9 Controle verankeringlengte

De verankeringlengte voor op trek belaste wapeningsstaaf conform NEN-EN 1992-1-1 vgl 8.4

Type verankering

staaf := "rechte staaf"

Type aanhechting

aanhechting := "goede aanhechting"

Betondekking

$c_d := 50 \cdot \text{mm}$

Diameter verankering

$\phi := 20 \cdot \text{mm}$

Staalspanning in de verankering

$$\sigma_{sd} := \frac{F_{\text{anker.d}}}{A_{bs}} \quad \sigma_{sd} = 142.2 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Rekenwaarde betontreksterkte C30/37

$$f_{ctd} := 1.35 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\eta_1 := \begin{cases} 1 & \text{if } \text{aanhechting} = \text{"goede aanhechting"} \wedge \phi \leq 32\text{mm} \\ 0.7 & \text{if } \text{aanhechting} = \text{"slechte aanhechting"} \wedge \phi \leq 32\text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 := \begin{cases} 1 & \text{if } \phi \leq 32\text{mm} \\ \frac{132 - \frac{\phi}{\text{mm}}}{100} & \text{if } \phi > 32\text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\eta_2 = 1$$

Uiterste opneembare aanhechtspanning

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad f_{bd} = 3.038 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

De vereiste basisverankeringlengte

$$l_{b.rqd} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \quad l_{b.rqd} = 234.074 \cdot \text{mm}$$

$$\alpha_1 := \begin{cases} 1 & \text{if } \text{staaf} = \text{"rechte staaf"} \\ 0.7 & \text{if } \text{staaf} = \text{"gebogen staaf"} \wedge c_d > 3 \cdot \phi \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 := \begin{cases} 1 - \frac{0.15 \cdot (c_d - \phi)}{\phi} & \text{if } \text{staaf} = \text{"rechte staaf"} \wedge 0.7 \leq \alpha_2 \leq 1.0 \\ \left[1 - \frac{0.15 \cdot (c_d - 3\phi)}{\phi} \right] & \text{if } \text{staaf} = \text{"gebogen staaf"} \wedge 0.7 \leq \alpha_2 \leq 1.0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 := 1$$

$\alpha_4 := 1$ deze factoren verdisconteren invloed opsluiting dwarswapening, gelaste dwarswapening of dwarsdruk

$\alpha_5 := 1$

Rekenwaarde verankeringslengte

$$l_{bd} := \max\left[(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b.rqd}), 0.3 \cdot l_{b.rqd}, 10 \cdot \phi, 100\text{mm}\right] \quad l_{bd} = 234.074 \cdot \text{mm}$$

Toegepaste verankeringslengte

$$l_{bd,prov} := 900\text{mm}$$

$$UC10 := \frac{l_{bd}}{l_{bd,prov}}$$

$$UC10 = 0.26$$

Bijlage 5 Berekening kolom geluidscherm type 5

Standaardberekening geluidsschermen type 5

volgens NEN-EN 1991-1-4 en GCW 2012

1 INLEIDING

In deze sheet worden geluidsschermen met een staander worden berekend overeenkomstig de NEN-EN 1991-1-4 en de GCW 2012

2 UITGANGSPUNTEN en/of RANDVOORWAARDEN

De volgende richtlijnen en/of normen zijn van toepassing:

- GCW 2012;
- NEN-EN 1991-1-4;
- NEN-EN1991-2;
- NEN-EN1992-1;
- NEN-EN1993-2;
- NEN-EN 1993-1-9.

Referentie tekeningen:

Tekeningnummer	Naam
S-HHB-BT-291a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en leuning/looproosters en details geluidsschermen
S-HHB-BT-292a	Aansluiting Schiedam (HB) Verlenging viaduct, overzicht en details leuningwerk en geluidsschermen
B-HBA-BT-301a	Detailblad type geluidsschermen
B-HBA-BT-310a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 500.792 - km 501.122 (zuidzijde)
B-HBA-BT-311a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 501.32 - km 501.42 (zuidzijde)
B-HBA-BT-312a	Aansluiting Schiedam-Nieuwland, geluidsscherf km 501.62 - km 501.76 (zuidzijde)
B-HBA-BT-320a	Aansluiting NL-Vlaardingen O.(BC), geluidsscherf km 502.4 - km 502.6, km 502.6 - km 502.83 (zuidzijde)
B-HBA-BT-330a	Vlaardingen O. - Vld Cent. (BD), geluidsscherf km 505.01- km 505.18 (noordzijde), km 504.79 - km 504.91 (vulcaanhaven)
B-HBA-BT-360a	Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherf km 512.51-512.59 (zuid), km 512.93 -513.26 (noord) Maassluis C.- Maassluis W.(BG), geluidsscherf km 513.03-513.3 (zuid), km 513.36-513.5 (noord)
B-HBA-BT-362a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Schiedam
B-HBA-BT-363a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Vlaardingen
B-HBA-BT-364a	Algemeen overzicht geluidsschermen gemeente Maassluis
B-HBA-BT-370a	Maassluis W. - Steendijkpolder (BH), geluidsscherf (noordzijde) km 514.12 - km 514.3

3 INVOER ALGEMEEN

3.1 Geometrie

Lengte

$$L_{\text{scherm}} := 230\text{m}$$

Hoogte = hoogte (scherm + betonplint)

$$H_{\text{scherm}} := 1.1\text{m}$$

Hart op hart afstand staanders

$$d := 2.0\text{m}$$

Eigen gewicht vulling

$$q_{\text{EG.vul}} := 2.78 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

3.2 Profieigenschappen

Type samengestelde kolom

$$\text{K140x80x10} + \\ \text{2xPL160x10}$$

Oppervlakte profiel

$$A_{\text{prof}} := 7090 \cdot \text{mm}^2$$

Oppervlakte afschuifvlak

$$A_v := 2800 \cdot \text{mm}^2$$

Volumieke massa materiaal staal

$$\rho_{\text{mat}} := 7850 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Volumieke massa materiaal ballastbed

$$\rho_{\text{mat.ballast}} := 2200 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Elasticiteitsmodulus materiaal

$$E_d := 210000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Toelaatbare spanning staalprofiel

$$f_{\text{ud}} := 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Traagheidsmoment

$$I_{\text{prof}} := 2.75 \cdot 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

Weerstandsmoment

$$W_{\text{prof}} := 3.44 \cdot 10^5 \cdot \text{mm}^3$$

3.3 Eigenschappen fundering

Veerwaarde fundering k_y (translatie)

$$k_y := \frac{12.7\text{kN}}{5.9\text{mm}}$$

$$k_y = 2152.542 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Veerwaarde fundering ϕ_y (rotatie)

$$\phi_y := \frac{10\text{kNm}}{\left(\frac{1}{500}\right)\text{rad}}$$

$$\phi_y = 5000 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{rad}}$$

3.4 Belastingfactoren

Belastingfactor permanent

$$\gamma_G := 1.2$$

Belastingfactor variabel

$$\gamma_Q := 1.5$$

3.5 Uitgangspunten vermoeiing

Ontwerplevensduur in jaren

$$\text{levensduur} := 50$$

Partiële belastingfactor vermoeiing

$$\gamma_{Ff} := 1.0$$

Materiaalfactor vermoeiing: EN 1993-1-9:2003 (Tabel 3.1)

$$\gamma_{Mf} := 1.35$$

4 BEPALING BELASTINGEN

4.1 Windbelasting

Basiswaarden (4.2)

Windgebied

$$WG := 2$$

Terreincategorie

$$TC := 2$$

Referentiehoogte

$$z := 10\text{m}$$

Windrichtingsfactor

$$c_{\text{dir}} := 1.0$$

Seizoensfactor

$$c_{\text{season}} := 1.0$$

Fundamentele waarde van de basiswindsnelheid

$$V_{b0} := \begin{cases} 29.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{if } WG = 1 \\ 27 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{if } WG = 2 \\ 24.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$V_{b0} = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Basiswindsnelheid

$$v_b := c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot V_{b0}$$

$$v_b = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Gemiddelde wind 4.3

Terreincategorie

$$TC = 2$$

Ruwheidslengte

$$z_0 := \begin{cases} 0.005\text{m} & \text{if } TC = 0 \\ 0.2\text{m} & \text{if } TC = 2 \\ 0.5\text{m} & \text{if } TC = 3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad z_0 = 0.2\text{ m}$$

Minimale hoogte

$$z_{\min} := \begin{cases} 1\text{m} & \text{if } TC = 0 \\ 4\text{m} & \text{if } TC = 2 \\ 7\text{m} & \text{if } TC = 3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad z_{\min} = 4\text{ m}$$

Ruwheidslengte TCII (standaard parameter)

$$z_{0II} := 0.05\text{m}$$

Maximale hoogte (standaard parameter)

$$z_{\max} := 200\text{m}$$

Terreinfactor

$$k_T := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0II}} \right)^{0.07} \quad k_T = 0.209$$

Ruwheidsfactor C_{rz}

$$c_{rz} := \begin{cases} k_T \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ k_T \cdot \ln \left(\frac{z_{\min}}{z_0} \right) & \text{if } z \leq z_{\min} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad c_{rz} = 0.819$$

Oreografiefactor:

Werkelijke lengte van de helling/het talud, loefzijde

$$L_u := 8 \cdot \text{m}$$

Hoogte van het talud/de heuvel

$$H_u := 2 \cdot \text{m}$$

Afstand top van de helling helling tot constructie
(let op het teken, zie afbeelding)

$$X := 0.5 \cdot \text{m}$$

Werkelijke lengte van de helling aan lijzijde in geval van een heuvel

$$L_d := 8 \cdot \text{m}$$

Helling, loefzijde

$$\phi := \frac{H_u}{L_u} \quad \phi = 0.25$$

Effectieve lengte van de helling

$$L_e := \begin{cases} L_u & \text{if } \phi < 0.3 \\ \frac{H_u}{0.3} & \text{if } \phi \geq 0.3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad L_e = 8\text{ m}$$

$$\frac{X}{L_u} = 0.063 \quad \frac{X}{L_e} = 0.063$$

Orografielocatiefactor

$$s_w := 0$$

Aflezen vanuit figuur

Orografiefactor

$$c_o := \begin{cases} 1 & \text{if } \phi < 0.05 \\ 1 + 2s \cdot \phi & \text{if } 0.05 \leq \phi < 0.3 \\ 1 + 0.6s & \text{if } \phi \geq 0.3 \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad c_o = 1$$

Windturbulentie 4.4

Turbulentiefactor k_I

$$k_I := 1$$

$$c_{o,z} := c_o$$

Turbulenteintensiteit

$$I_{vz} := \begin{cases} \frac{k_I}{c_{o,z} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \\ \frac{k_I}{c_{o,z} \cdot \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right)} & \text{if } z \leq z_{\min} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad I_{vz} = 0.256$$

Extreme stuwdruk 4.5

Bepaling van de stuwdruk op hoogte z boven maaiveld. De waarde van q_p correspondeert met Tabel NB4.

$$\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$v_{mz} := c_{rz} \cdot c_{o,z} \cdot v_b$$

$$v_{mz} = 22.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_p := \left(1 + 7 \cdot I_{vz}\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{mz}^2$$

$$q_p = 0.85 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Bouwwerkfactor (H6)

$$C_s C_d := 1.0$$

Druk en krachtcoëfficiënten (H7)

Verhouding l/h

$$\frac{L_{\text{scherm}}}{H_{\text{scherm}}} = 209.091$$

Nettodrukcoëfficiënten
(zie tabel)

$$c_{p,\text{net},A} := 3.4$$

$$c_{p,\text{net},B} := 2.8$$

$$c_{p,\text{net},C} := 1.7$$

$$c_{p,\text{net},D} := 1.2$$

Beedte van zones

$$B_A := 0.3 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_A = 0.33 \text{ m}$$

$$B_B := 1.7 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_B = 1.87 \text{ m}$$

$$B_C := 2 \cdot H_{\text{scherm}}$$

$$B_C = 2.2 \text{ m}$$

$$B_D := L_{\text{scherm}} - B_A - B_B - B_C$$

$$B_D = 225.6 \text{ m}$$

Beschuttingsfactor

$$\psi_s := 1.0$$

$$p_{w,A} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},A} \cdot q_p$$

$$p_{w,A} = 2.899 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,B} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},B} \cdot q_p$$

$$p_{w,B} = 2.387 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,C} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},C} \cdot q_p$$

$$p_{w,C} = 1.449 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{w,D} := C_s C_d \cdot c_{p,\text{net},D} \cdot q_p$$

$$p_{w,D} = 1.023 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Representatieve lijnlast op 1e staander

$$q_{w,1} := \begin{cases} p_{w,A} \cdot d \cdot 0.5 & \text{if } d \leq 2B_A \\ p_{w,A} \cdot B_A + p_{w,B} \cdot (0.5d - B_A) & \text{if } 2B_A < d \leq B_A + B_B + B_C \\ p_{w,A} \cdot B_A + p_{w,B} \cdot B_B + p_{w,C} \cdot (0.5d - B_A - B_B) & \text{if } B_A + B_B + B_C < d \leq 8 \cdot H_{\text{scherm}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$q_{w,1} = 2.556 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$q_{w,2} := \begin{cases} p_{w,A} \cdot d & \text{if } d \leq 0.5B_A \\ p_{w,A} \cdot (B_A - 0.5 \cdot d) + p_{w,B} \cdot (d - B_A) & \text{if } 0.5B_A < d < 2B_A \\ p_{w,B} \cdot d & \text{if } 2B_A \leq d \leq (B_B + B_A - 0.5 \cdot d) \\ p_{w,B} \cdot (B_A + B_B - 0.5 \cdot d) + [1.5 \cdot d - (B_A + B_B)] \cdot p_{w,C} & \text{if } (B_B + B_A - 0.5 \cdot d) \leq d \leq B_B + B_A \\ p_{w,C} \cdot (0.5d - B_C) + p_{w,D} \cdot (0.5 \cdot d - 0.5 \cdot B_C) + (0.5 \cdot d) \cdot p_{w,C} & \text{if } (B_B + B_A) \leq d \leq 1.5 \cdot B_C + B_D \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$q_{w,2} = 4.024 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Representatieve lijnlast op 2e staander

4.2 Belasting t.g.v. passerende treinen (NEN-EN 1991-2 par. 6.6)

Aantal treinen per jaar (voor vermoeiing)

$$n_T := 105120$$

Karakteristieke waarde van de belasting

$$q_{1k} := 0.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Factor voor de vorm van de treinen (6.6.2)

$$k_1 := 1.0$$

Factor voor lokale toetsing (6.6.2)

$$k_2 := 1.0$$

Dynamische factor voor beeindiging (5m, vaste waarde)

$$C_{\text{dyn}} := 2$$

Representatieve vlakbelasting t.g.v. passerende treinen (excl C.dyn):

$$p_{\text{tr}} := q_{1k} \cdot k_1 \cdot k_2$$

$$p_{\text{tr}} = 0.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Representatieve lijnbelasting t.g.v. passerende treinen (incl. C.dyn)

$$q_{\text{tr}} := \begin{cases} p_{\text{tr}} \cdot d \cdot C_{\text{dyn}} & \text{if } d \leq \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot d \cdot 0.5 + p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot (5 \cdot \text{m} - d) + p_{\text{tr}} \cdot [d \cdot 0.5 - (5 \cdot \text{m} - d)] & \text{if } \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \text{m} < d \leq 5 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot C_{\text{dyn}} \cdot [d \cdot 0.5 - (d - 5 \cdot \text{m})] + p_{\text{tr}} \cdot (d - 5 \cdot \text{m}) + p_{\text{tr}} \cdot (d \cdot 0.5) & \text{if } 5 \cdot \text{m} < d \leq 10 \cdot \text{m} \\ p_{\text{tr}} \cdot d & \text{if } d > 10 \cdot \text{m} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$q_{\text{tr}} = 0.8 \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

4.3 Doorvalbeveiliging

Representatieve waarde van de lijnlast

$$q_{\text{dv.rep}} := 3.00 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Representatieve waarde van de puntlast

$$F_{\text{dv.rep}} := 1.0 \text{ kN}$$

Hoogte van aangrijpen

$$h_{\text{dv}} := 1020 \cdot \text{mm}$$

Representatieve dwarskracht door doorval

$$V_{\text{dv.rep}} := \max[(q_{\text{dv.rep}} \cdot d), F_{\text{dv.rep}}]$$

$$V_{\text{dv.rep}} = 6 \cdot \text{kN}$$

Representatief moment door doorval

$$M_{\text{dv.rep}} := \max(q_{\text{dv.rep}} \cdot H_{\text{scherm}} \cdot d, F_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}})$$

$$M_{\text{dv.rep}} = 6.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

4.4 Horizontale belasting tgv ballastbed op betonplint

Hoogte betonplint

$$h_p := 0\text{mm}$$

Horizontale gronddrukcoefficient:

$$k_h := 0.5$$

Dwarskracht tgv horizontale gronddruk (rep):

$$V_{\text{gr_rep}} := 0.5 \cdot k_h \cdot d \cdot h_p^2 \cdot \rho_{\text{mat.ballast}} \cdot g = 0 \cdot \text{kN}$$

Moment tgv horizontale gronddruk (rep):

$$M_{\text{gr_rep}} := V_{\text{gr_rep}} \cdot \frac{h_p}{3} = 0 \cdot \text{kN}$$

4.4 Bepaling maatgevende krachten

Maximale lijnlast representatief	$q_{\text{rep}} := \max(q_{w,1}, q_{w,2}, q_{tr})$	$q_{\text{rep}} = 4.024 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Rekenwaarde lijnlast	$q_d := \gamma_Q \cdot q_{\text{rep}}$	$q_d = 6.036 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
E.G. profiel	$q_{\text{EG,prof}} := A_{\text{prof}} \cdot \rho_{\text{mat}} \cdot g$	$q_{\text{EG,prof}} = 0.546 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Normaalkracht (representatieve waarde)		
	$N_{\text{rep}} := d \cdot H_{\text{scherm}} \cdot q_{\text{EG,vul}} + H_{\text{scherm}} \cdot q_{\text{EG,prof}}$	$N_{\text{rep}} = 6.717 \cdot \text{kN}$
Dwarskracht (representatieve waarde)		
	$V_{\text{rep}} := \max(q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}} + V_{\text{gr_rep}}, V_{\text{dv.rep}} + V_{\text{gr_rep}})$	$V_{\text{rep}} = 6 \cdot \text{kN}$
Moment (representatieve waarde)		
	$M_{\text{rep}} := \max\left(0.5 \cdot q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}}^2 + M_{\text{gr_rep}}, M_{\text{dv.rep}} + M_{\text{gr_rep}}\right)$	$M_{\text{rep}} = 6.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Normaalkracht (rekenwaarde)	$N_d := \gamma_G \cdot N_{\text{rep}}$	$N_d = 8.06 \cdot \text{kN}$
Dwarskracht (rekenwaarde)	$V_d := \gamma_Q \cdot V_{\text{rep}}$	$V_d = 9 \cdot \text{kN}$
Moment (rekenwaarde)	$M_d := \gamma_Q \cdot M_{\text{rep}}$	$M_d = 9.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

5. TOETSING

5.1 Controle doorbuiging

Translatie fundering	$\delta_{\text{fund}} := \frac{V_{\text{rep}}}{k_y}$	$\delta_{\text{fund}} = 2.787 \cdot \text{mm}$
Hoekverdraaiing fundering	$\phi_{\text{fund}} := \frac{M_{\text{rep}}}{\phi_y}$	$\phi_{\text{fund}} = 1.32 \cdot \text{mrad}$
	$\delta_{\text{LS}} := \phi_{\text{fund}} \cdot H_{\text{scherm}}$	$\delta_{\text{LS}} = 1.452 \cdot \text{mm}$
Doorbuiging profiel, qlast	$\delta_q := \frac{q_{\text{rep}} \cdot H_{\text{scherm}}^4}{8 \cdot E_d \cdot I_{\text{prof}}}$	$\delta_q = 0.128 \cdot \text{mm}$
Doorbuiging profiel, doorval	$\delta_{\text{dv}} := \frac{V_{\text{dv.rep}} \cdot h_{\text{dv}}^3}{3 \cdot E_d \cdot I_{\text{prof}}}$	$\delta_{\text{dv}} = 0.368 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{prof}} := \max(\delta_{\text{dv}}, \delta_q)$	$\delta_{\text{prof}} = 0.37 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{prof.toelaatbaar}} := \frac{H_{\text{scherm}}}{150}$	$\delta_{\text{prof.toelaatbaar}} = 7.333 \cdot \text{mm}$
U.C. doorbuiging stijl	$\text{UC1} := \frac{\delta_{\text{prof}}}{\delta_{\text{prof.toelaatbaar}}}$	$\text{UC1} = 0.05$
Totale doorbuiging	$\delta_{\text{tot}} := \delta_{\text{prof}} + \delta_{\text{LS}}$	$\delta_{\text{tot}} = 1.82 \cdot \text{mm}$
	$\delta_{\text{tot.toelaatbaar}} := \frac{H_{\text{scherm}}}{75}$	$\delta_{\text{tot.toelaatbaar}} = 14.667 \cdot \text{mm}$
U.C. doorbuiging totaal	$\text{UC2} := \frac{\delta_{\text{tot}}}{\delta_{\text{tot.toelaatbaar}}}$	$\text{UC2} = 0.124$

5.2 Controle spanningen profiel (let op: stabiliteit zit niet in deze controle)

Normaalspanning

$$\sigma_M := \frac{M_d}{W_{\text{prof}}}$$

$$\sigma_M = 28.779 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Afschuifspanning

$$\tau := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_v}$$

$$\tau = 4.821 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Von mises spanning

$$\sigma_d := \sqrt{\sigma_M^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\sigma_d = 29.966 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Toelaatbare spanning

$$f_{ud} = 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

U.C. spanningen

$$UC3 := \frac{\sigma_d}{f_{ud}} = 0.084$$

$$UC3 = 0.084$$

5.3 Controle bouten (statisch)

Afstand anker tot drukzone (arm)

$$e_{\text{ankers}} := 120 \cdot \text{mm}$$

Aantal ankers in trekzone

$$a_{\text{ankers}} := 2$$

Oppervlakte boutdoorsnede $\phi 20$

$$A_{bs} := 0.25 \cdot \pi \cdot (20 \text{ mm})^2 = 314.159 \cdot \text{mm}^2$$

Kracht per anker

$$F_{\text{anker.d}} := \frac{M_d}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}}$$

$$F_{\text{anker.d}} = 41.25 \cdot \text{kN}$$

Maximale opneembare kracht in anker (B500B).

$$F_{\text{tud}} := 435 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot A_{bs}$$

$$F_{\text{tud}} = 136.659 \cdot \text{kN}$$

$$UC4 := \frac{F_{\text{anker.d}}}{F_{\text{tud}}}$$

$$UC4 = 0.302$$

$$\sigma_{\text{anker}} := \frac{F_{\text{anker.d}}}{A_{bs}}$$

$$\sigma_{\text{anker}} = 131.303 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

5.4 Controle spanningen voetplaat (statisch, vereenvoudigd)

Kracht in ankers

$$F_{\text{anker.d}} = 41.25 \cdot \text{kN}$$

Dikte voetplaat

$$t_{\text{plaat}} := 25 \cdot \text{mm}$$

Diameter boutgat

$$\phi_{\text{boutgat}} := 23 \cdot \text{mm}$$

Maximale arm tot profiel

$$e_{\text{pl}} := 50 \cdot \text{mm}$$

Effectief meewerkende breedte kopplaat

$$l_{\text{eff}} := \phi_{\text{boutgat}} + 2 \cdot e_{\text{pl}} = 123 \cdot \text{mm}$$

Toelaatbare spanning

$$f_{\text{udplaat}} := 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Moment in plaat

$$M_{\text{plaat.d}} := F_{\text{anker.d}} \cdot e_{\text{pl}} \quad M_{\text{plaat.d}} = 2.063 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Weerstandmoment plaatdeel

$$W_{\text{plaat}} := \frac{1}{4} \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{plaat}}^2 \quad W_{\text{plaat}} = 19218.75 \cdot \text{mm}^3$$

Spanning in plaat

$$\sigma_{\text{plaat}} := \frac{M_{\text{plaat.d}}}{W_{\text{plaat}}} \quad \sigma_{\text{plaat}} = 107.317 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

U.C. spanningen

$$\text{UC5} := \frac{\sigma_{\text{plaat}}}{f_{\text{udplaat}}} = 0.302$$

5.5 Controle vermoeiing lasdetail profiel-voetplaat

Representatief moment door treinen $M_{tr} := 0.5 \cdot q_{tr} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{tr} = 0.484 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Dit moment werkt eerst de ene kant op en vervolgens de andere kant op (zie figuur 6.22 NEN-EN 1991-2), de spanningswisseling is derhalve 2 maal zo hoog als de representatieve wisseling.

Representatieve waarde van de spanningswisseling door treinen: $\Delta\sigma_{tr.rep} := \frac{2 \cdot M_{tr}}{W_{prof}}$ $\Delta\sigma_{tr.rep} = 2.814 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Representatief moment door wind: $M_{w,1} := 0.5 \cdot q_{w,1} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{w,1} = 1.546 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_{w,2} := 0.5 \cdot q_{w,2} \cdot H_{scherm}^2$ $M_{w,2} = 2.434 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$M_w := \max(M_{w,1}, M_{w,2})$ $M_w = 2.434 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Dit moment werkt eerst de ene kant op en vervolgens de andere kant op (volgens GCW2012), de spanningswisseling is derhalve 2 maal zo hoog als de representatieve wisseling.

Representatieve waarde van de spanningswisseling door wind: $\Delta\sigma_{w.rep} := \frac{2 \cdot M_w}{W_{prof}}$ $\Delta\sigma_{w.rep} = 14.154 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$n := 9$

$i := 0, 1 \dots (n - 1)$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta\sigma_i :=$
$\Delta\sigma_{tr.rep}$
$\Delta\sigma_{w.rep}$
$0.85 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.73 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.6 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.48 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.26 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.12 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.03 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$

Rekenwaarde(n)
spanningswisselingen:

Totaal aantal(len)
spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$NA := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$\Delta\sigma_i =$$

2.8	$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$
14.2	
12.0	
10.3	
8.5	
6.8	
3.7	
1.7	
0.4	

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_C := 80 \cdot N \cdot \text{mm}^{-2}$$

(detail 1 uit tabel 8.5)

Dikte van de beschouwde plaat (indien k_s van toepassing is), zo niet => kies 1 mm:

$$t := 1 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. plaatdikte:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{25 \cdot \text{mm}}{t} \right)^{0.2} & \text{if } t > 25 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 59.259 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 43.663 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 23.98 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000

Schade
openingen:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

D = 0

UC6 := $\frac{D}{1.0} = 0$

5.6 Controle vermoeiing lasdetail voetplaat op buiging

Kracht in ankers door treinpassage

$$\Delta F_{\text{anker.tr}} := \frac{M_{\text{tr}}}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}} \quad \Delta F_{\text{anker.tr}} = 2.017 \cdot \text{kN}$$

Moment in plaat t.g.v. treinpassage

$$\Delta M_{\text{plaat.tr}} := \Delta F_{\text{anker.tr}} \cdot e_{\text{pl}} \quad \Delta M_{\text{plaat.tr}} = 0.101 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Elastisch weerstandsmoment voetplaat

$$W_{\text{plaat.el}} := \frac{1}{6} \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{\text{plaat}}^2 \quad W_{\text{plaat.el}} = 12812.5 \cdot \text{mm}^3$$

Spanningwisseling in plaat t.g.v. treinpassage

$$\Delta \sigma_{\text{plaat.tr}} := \frac{\Delta M_{\text{plaat.tr}}}{W_{\text{plaat.el}}} \quad \Delta \sigma_{\text{plaat.tr}} = 7.87 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kracht in ankers door wind

$$\Delta F_{\text{anker.w}} := \frac{M_{\text{w}}}{e_{\text{ankers}} \cdot a_{\text{ankers}}} \quad \Delta F_{\text{anker.w}} = 10.144 \cdot \text{kN}$$

Moment in plaat t.g.v. wind

$$\Delta M_{\text{plaat.w}} := \Delta F_{\text{anker.w}} \cdot e_{\text{pl}} \quad \Delta M_{\text{plaat.w}} = 0.507 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Spanningwisseling in plaat door wind

$$\Delta \sigma_{\text{plaat.w}} := \frac{\Delta M_{\text{plaat.w}}}{W_{\text{plaat.el}}} \quad \Delta \sigma_{\text{plaat.w}} = 39.585 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$i := 0, 1 \dots (n - 1)$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta \sigma_i :=$
$\Delta \sigma_{\text{plaat.tr}}$
$\Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.85 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.73 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.6 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.48 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.26 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.12 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$
$0.03 \cdot \Delta \sigma_{\text{plaat.w}}$

Rekenwaarde(n)
spanningswisselingen:

Totaal aantal(len)
spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$NA := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$\Delta\sigma_i =$$

7.9	$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$
39.6	
33.6	
28.9	
23.8	
19.0	
10.3	
4.8	
1.2	

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_{CR} := 80 \cdot N \cdot \text{mm}^{-2}$$

(detail 1 uit tabel 8.4)

Dikte van de beschouwde plaat (indien k_s van toepassing is), zo niet => kies 1 mm:

$$t := 1 \cdot \text{mm}$$

Reductiefactor i.v.m. plaatdikte:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{25 \cdot \text{mm}}{t} \right)^{0.2} & \text{if } t > 25 \cdot \text{mm} \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 59.259 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constate amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 43.663 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 23.98 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

1·10 ³⁰⁷
8163142
18397666
39377040
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000

Schade:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

D = 0

$$UC7 := \frac{D}{1.0} = 0$$

5.8 Controle vermoeiing bouten

Voorspankracht anker (handvast aandraaien)

$$F_{vs} := 0 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{vs} := \frac{F_{vs}}{A_{bs}}$$

$$\sigma_{vs} = 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Representatieve waarde van de spanningswisseling door treinen:

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} := \frac{\Delta F_{\text{anker.tr}}}{A_{bs}}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} = 6.419 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Representatieve waarde van de spanningswisseling door wind:

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} := \frac{\Delta F_{\text{anker.w}}}{A_{bs}}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} = 32.288 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.tr}} := \begin{cases} 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & \text{if } \sigma_{vs} \geq \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} \\ \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} - \sigma_{vs} & \text{if } \sigma_{vs} < \Delta\sigma_{\text{anker.tr}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta\sigma_{\text{anker.w}} := \begin{cases} 0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} & \text{if } \sigma_{vs} \geq \Delta\sigma_{\text{anker.w}} \\ \Delta\sigma_{\text{anker.w}} - \sigma_{vs} & \text{if } \sigma_{vs} < \Delta\sigma_{\text{anker.w}} \\ \text{"foutieve invoer"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$n := 9$$

$$i := 0, 1 \dots (n - 1)$$

Aantal(len) spanningswisselingen

$A_i :=$
$n_T \cdot 50$
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde(n) van de spanningswisselingen:

$\Delta\sigma_i :=$
$\Delta\sigma_{tr.rep}$
$\Delta\sigma_{w.rep}$
$0.85 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.73 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.6 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.48 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.26 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.12 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$
$0.03 \cdot \Delta\sigma_{w.rep}$

Rekenwaarde(n) spanningswisselingen:

$$\Delta\sigma := \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma_i =$$

6.4	$\cdot \frac{N}{mm^2}$
32.3	
27.4	
23.6	
19.4	
15.5	
8.4	
3.9	
1.0	

$$NA_i := \text{levensduur} \cdot \frac{A}{50}$$

$$NA_i =$$

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

Representatieve waarde van de classificatie volgens NEN-EN1993-1-9:

$$\Delta\sigma_C := 50 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Boutdiameter

$$O := 24 \cdot mm$$

Reductiefactor i.v.m. boutmaat:

$$k_s := \begin{cases} \left(\frac{30 \cdot mm}{O} \right)^{0.25} & \text{if } O > 30 \cdot mm \\ 1.00 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_s = 1$$

Rekenwaarde van de classificatie:

$$\Delta\sigma_{C.red} := k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{C.red} = 37.037 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Constance amplitude limiet:

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_{C.red}$$

$$\Delta\sigma_D = 27.289 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

Cut off limit vermoeingssterkte:

$$\Delta\sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta\sigma_D$$

$$\Delta\sigma_L = 14.99 \cdot N \cdot mm^{-2}$$

$$NN_i := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{C.red}}{\Delta\sigma_i}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_D \\ \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6 & \text{if } \Delta\sigma_D > \Delta\sigma_i \geq \Delta\sigma_L \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases}$$

NA_i =

5256000
1
6
60
600
6000
60000
600000
6000000

NN_i =

1·10 ³⁰⁷
3018565
4915228
10400953
27728807
84621605
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷
1·10 ³⁰⁷

$\frac{NA_i}{NN_i} =$

0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000

Schade:

$$D := \sum_i \frac{NA_i}{NN_i}$$

D = 0

$$UC8 := \frac{D}{1.0} = 0$$

5.9 Controle verankeringlengte

De verankeringlengte voor op trek belaste wapeningsstaaf conform NEN-EN 1992-1-1 vgl 8.4

Type verankering

staaf := "rechte staaf"

Type aanhechting

aanhechting := "goede aanhechting"

Betondekking

$c_d := 50 \cdot \text{mm}$

Diameter verankering

$\phi := 20 \cdot \text{mm}$

Staalspanning in de verankering

$$\sigma_{sd} := \frac{F_{\text{anker}} \cdot d}{A_{bs}} \quad \sigma_{sd} = 131.303 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Rekenwaarde betontreksterkte C30/37

$$f_{ctd} := 1.35 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\eta_1 := \begin{cases} 1 & \text{if } \text{aanhechting} = \text{"goede aanhechting"} \wedge \phi \leq 32 \text{mm} \\ 0.7 & \text{if } \text{aanhechting} = \text{"slechte aanhechting"} \wedge \phi \leq 32 \text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 := \begin{cases} 1 & \text{if } \phi \leq 32 \text{mm} \\ \frac{132 - \frac{\phi}{\text{mm}}}{100} & \text{if } \phi > 32 \text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\eta_2 = 1$$

Uiterste opneembare aanhechtspanning

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad f_{bd} = 3.038 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

De vereiste basisverankeringlengte

$$l_{b.rqd} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \quad l_{b.rqd} = 216.136 \cdot \text{mm}$$

$$\alpha_1 := \begin{cases} 1 & \text{if } \text{staaf} = \text{"rechte staaf"} \\ 0.7 & \text{if } \text{staaf} = \text{"gebogen staaf"} \wedge c_d > 3 \cdot \phi \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 := \begin{cases} 1 - \frac{0.15 \cdot (c_d - \phi)}{\phi} & \text{if } \text{staaf} = \text{"rechte staaf"} \wedge 0.7 \leq \alpha_2 \leq 1.0 \\ \left[1 - \frac{0.15 \cdot (c_d - 3\phi)}{\phi} \right] & \text{if } \text{staaf} = \text{"gebogen staaf"} \wedge 0.7 \leq \alpha_2 \leq 1.0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 := 1$$

$\alpha_4 := 1$ deze factoren verdisconteren invloed opsluiting dwarswapening, gelaste dwarswapening of dwarsdruk

$\alpha_5 := 1$

Rekenwaarde verankeringslengte

$$l_{bd} := \max\left[(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b.rqd}), 0.3 \cdot l_{b.rqd}, 10 \cdot \phi, 100\text{mm}\right] \quad l_{bd} = 216.136 \cdot \text{mm}$$

Toegepaste verankeringslengte

$$l_{bd.prov} := 300\text{mm}$$

$$UC9 := \frac{l_{bd}}{l_{bd.prov}}$$

$$UC9 = 0.72$$

Bijlage 6 Berekening fundering



Hoekselijn

Geotechnische aspecten geluidsschermen

Documentnummer

R.2015.064.HL

BIS-nummer

2009-049-V

Datum

11 december 2015

Opdrachtgever

Projectbureau Hoekselijn

Opsteller

Ir. D. Wilschut

Autorisatie

B. Bul



Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Lage schermen	4
2.1	Geometrie en belastingen	4
2.2	Berekening Type 1 Poerfundering	5
2.3	Type 2 Buispaalfundering	6
3	Hoge schermen	8
3.1	Geometrie en belastingen.	8
3.2	Berekening horizontaal evenwicht	9
3.3	Verticaal draagvermogen	11
	Bijlage 1 Geometrie lage schermen	12
	Bijlage 2 Berekening laag scherm type 1	14
	Bijlage 3 Berekening Laagscherm type 2	15



1 Inleiding

Het project Hoekse Lijn betreft de ombouw van de spoorlijn Schiedam - Hoek van Holland tot een lightrail verbinding die wordt aangesloten op het metronetwerk van Rotterdam. Voor dit project zijn ook geluidsschermen benodigd.

Dit rapport bevat de geotechnische adviezen van de fundering van de geluidsschermen.

2 Lage schermen

2.1 Geometrie en belastingen

De fundering van het de lagen schermen type 1 en 2 zijn doorerekend, naar aanleiding van de gewijzigde geometrie, waarbij een extra plint is toegevoegd. Zie ook bijlage 1.

Type 1 is gefundeerd op een betonpoer, terwijl type 2 wordt gemonteerd op een buispaal.

Tabel 2.1 Geometrie scherm

	Referentiepeil	BS
Maaiveld links	-0,68	m ref
Maaiveld rechts	-0,18	m ref
BK scherm	1	m ref
BK poer	-0,54	m ref
OK poer	-1,44	m ref
H.O.H, poeren	6	m
Mobiel rechts	4	kPa
Mobiel links	4	kPa

Voor de mobiele belasting is alleen de belasting van voetgangers dicht langs het scherm meegenomen. De treinbelasting op de sporen hebben een te grote afstand tot de plint van het scherm en zijn daarom niet maatgevend.

Tabel 2.2 Belastingen BK poer/paal

	BGT	UGT hoog	
Eigen gewicht scherm	5,6	8,4	kN/m
Wind belasting	0,84	1,26	kPa
Toevallige lijnlast	0	0	kN/m
$F_{c,v}$	33,6	50,4	kN
$F_{c,h}$ naar rechts	7,8	11,6	kN
Grond hor tegen plint	7,9	9,4	kN
Totaal $F_{c,hor}$	15,6	21,1	kN
M_x bk poer wind of lijnlast	6,0	9,0	kNm
M_x bk poer gronddruk plint	1,4	2,1	kNm
Totaal M_x	7,4	11,1	kNm



2.2 Berekening Type 1 Poerfundering

Uit enkele oriënterende berekeningen volgt de geometrie zoals opgenomen in Tabel 2.3. De poer is dus groter dan weergegeven in bijlage 1.

Tabel 2.3 Gegevens poer

Dikte funderingsplaat	0,35	m
Breedte	1,50	m
Lengte	1,50	m
Totale hoogte poer	0,90	m
Schacht breedte	0,45	m
Schacht lengte	0,35	m
VG beton	25	kN/m ³
VG grond op plaat	18	kN/m ³

Tabel 2.4 Verticale belastingen

	BGT	UGT laag	UGT hoog	
Eigen gewicht poer	21,9	19,7	29,5	kN
Grond vert op plaat	24,9	22,4	33,6	kN
Verticaal op poer	33,6	30,2	50,4	kN
Verticaal totaal	80,3	72,3	113,5	kN

Tabel 2.5 Horizontale belastingen

	BGT	UGT hoog	
Grond hor tegen plint	7,9	9,4	kN
Kracht uit stijl	13,9	20,8	kN
Totaal	21,7	30,2	kN

Tabel 2.6 Momenten tov ok poer

	BGT	UGT hoog	
Uit stijl	13,0	19,5	kNm
Uit grond tegen plint	8,5	12,7	kNm
Totaal	21,5	32,2	kNm

De stabiliteit en de veiligheid tegen groundbreuk is doorgerekend met methode Prandtl conform NEN 9997-1. Daaruit volgt dat de windbelasting maatgevend is. De gekozen constructie blijkt te voldoen.

Voor de poeren die op de EPS constructie staan zijn de contactspanningen onder de poer berekend:

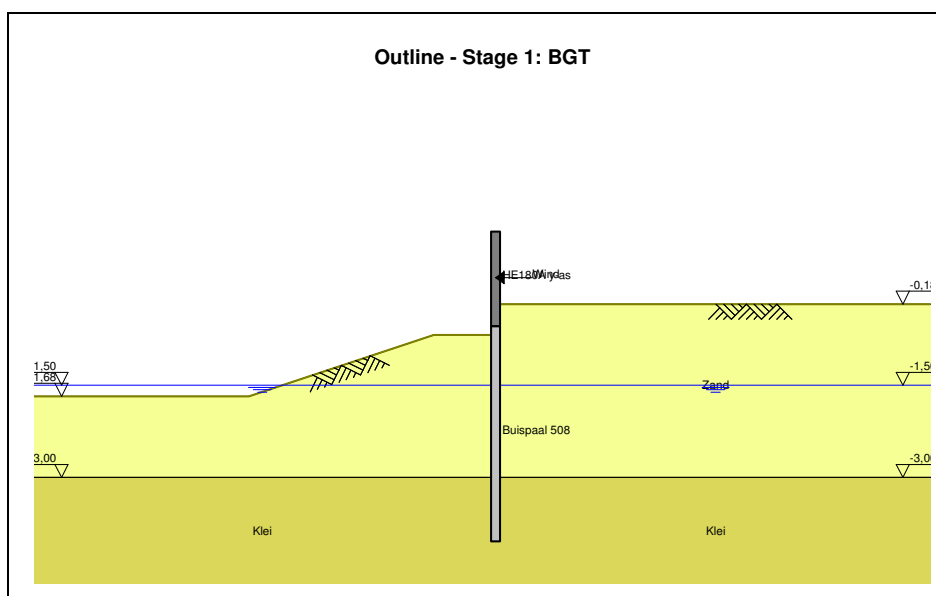
Langdurend 35,7 kPa

Kortdurend 81,4 kPa

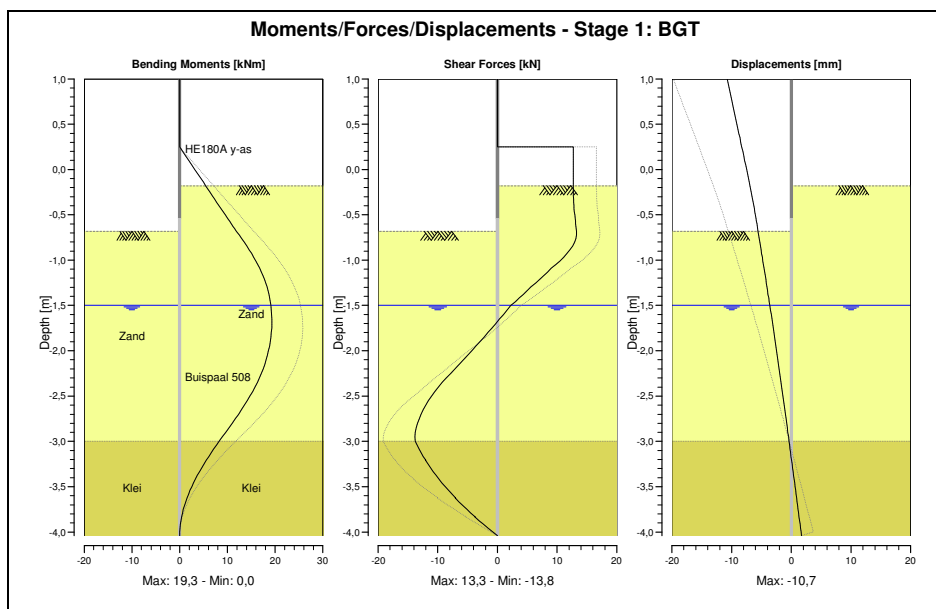
Dit is toelaatbaar voor EPS150.

2.3 Type 2 Buispaalfundering

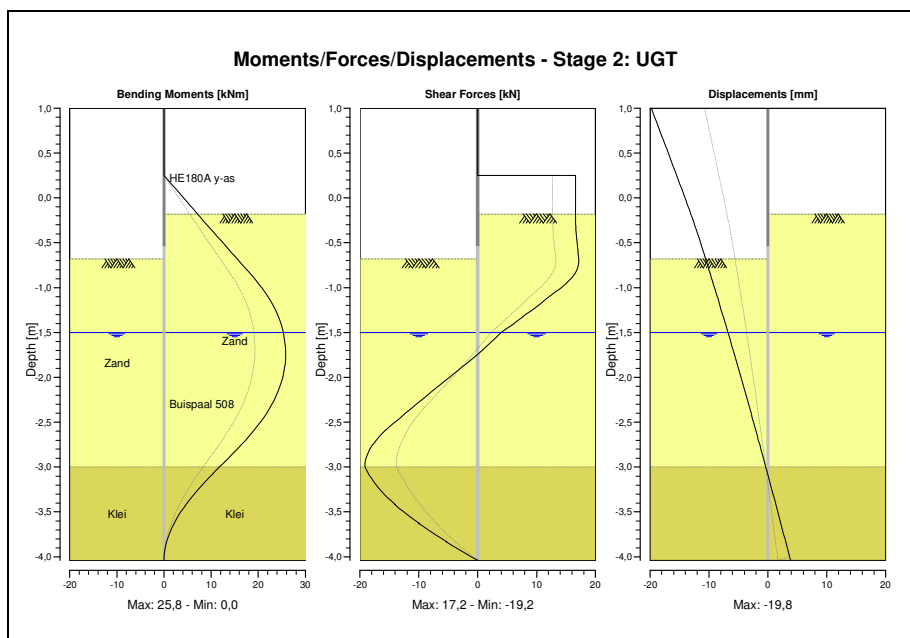
Uit enkele oriënterende berekeningen volgt dat een buispaal met een diameter 508 mm met een lengte van 3,5 m voldoet. In de berekening is uitgegaan van een wanddikte van 10 mm. De funderingsbuis is dus langer dan aangegeven in bijlage 1. De belastingen volgen uit tabel 2.



Figuur 2.1 Schema berekening



Figuur 2.2 Resultaten BGT



Figuur 2.3 Resultaten UGT

Tabel 2.7 Resultaten laag scherm

Situatie	Verplaatsing [mm]	Moment [kNm]	Dwarskracht [kN]	Mobilisatie [%]
BGT	-10,7	19,3	-13,8	41,5
UGT		25,8	-19,2	47,5
Max	-10,7	25,8	-19,2	47,5

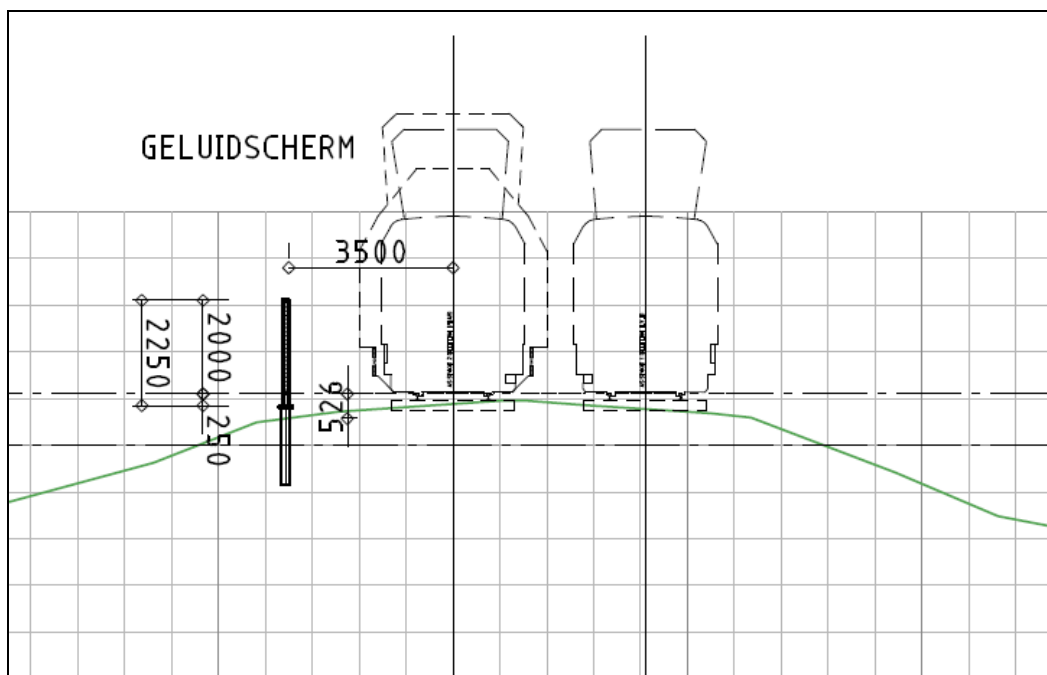
Als indicatie van de stijfheid zijn op het niveau van de koppeling op de fundering: BS -0,54 m de krachten en vervormingen in de BGT opgegeven in onderstaande tabel.

Tabel 2.8 Stijfheid fundering hoog scherm op BS -0,54 m

Hor. belasting	12,7 kN
Moment uit belasting	10,0 kNm
Verplaatsing	5,9 mm
Rotatie	1:500

3 Hoge schermen

3.1 Geometrie en belastingen.



Figuur 1 Plaats hoge scherm

Bovenste deel van stijl: HE180A

Hierbij de reactiekrachten voor het scherm op +1,500 vanuit hart spoor op 3500mm.
Schermhoogte 2000mm en hart-op-hart stijlen 2500mm

Tabel 3.1 Plaats van schermen

Locatie	Zijde van het spoor	Km van	Km tot	Hoogte tov BS [m]	Hoogte tov MV [m]	Afstand spooras [m]	Lengte [m]
Schiedam	Zuid	1,32	1,42	2	2,25	3,5	100
Vlaardingen	Noord	4,83	5,25	2	2,25	3,5	270 of 420

Uitgangspunt voor de berekeningen zijn de volgende belastingen:

Tabel 3.2: Belastingen

	BGT	UGT hoog	
EG bovenbouw	13,3	20	kN
F_h	10	15	kN
M_x bk poer	10	15	kNm
Aangrijpingspunt wind tov bk poer	1,0	1,0	m

De aangehouden peilen zijn:

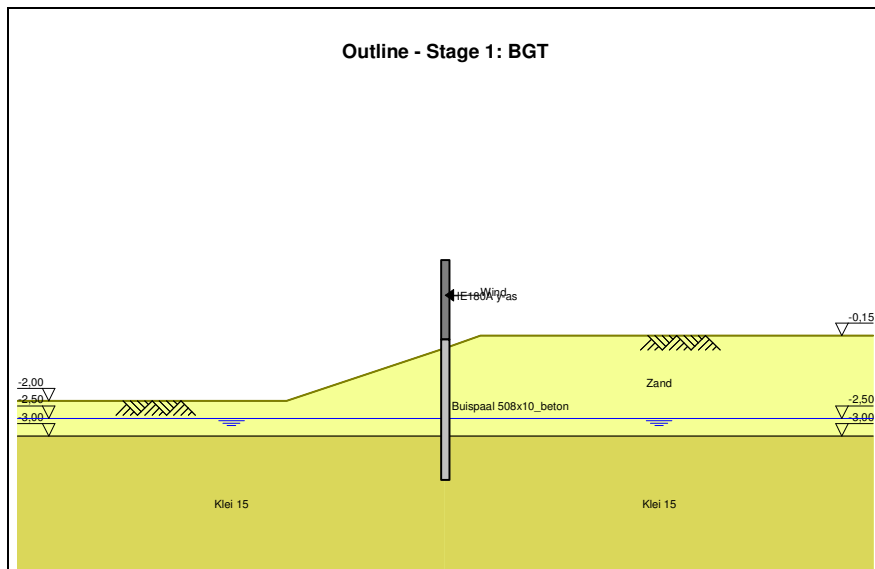
Tabel 3.3: Peilen tov BS

BK paal	-0,25
BK scherm	2,00
Aangrijpingspunt wind	+1,00
Maaiveld rond funderingspaal	-0.53
OK paal	-4,25

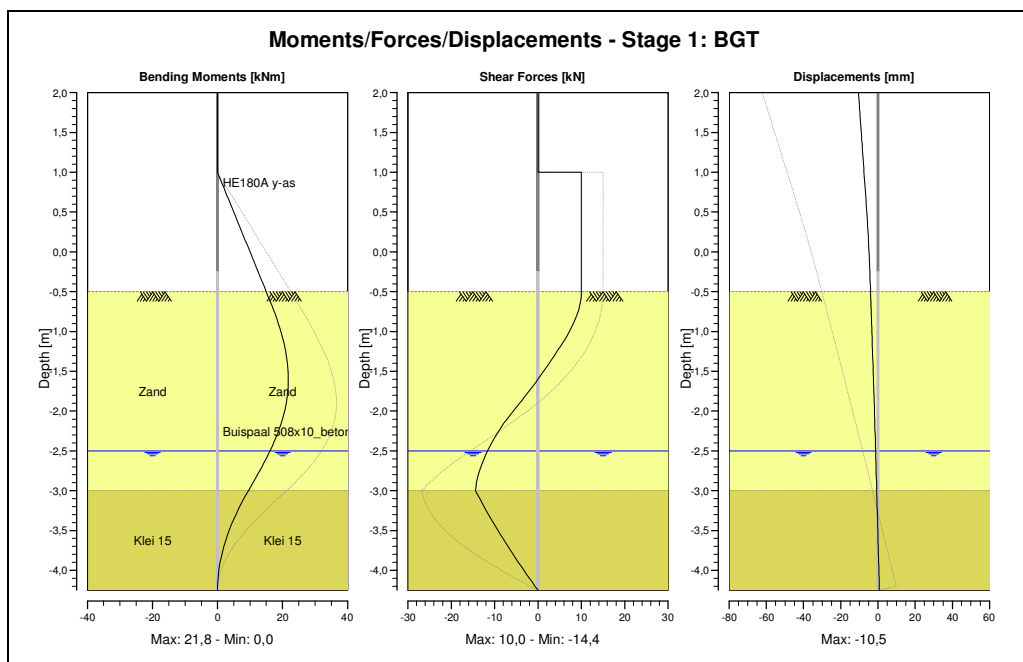
Voor de fundering is uitgegaan van een stalen paal met uitwendige diameter van 508 mm en een wanddikte van 10 mm, gevuld met beton. Hiervoor geldt een stijfheid EI van $1,478 \cdot 10^5 \text{ kNm}^2$.

3.2 Berekening horizontaal evenwicht

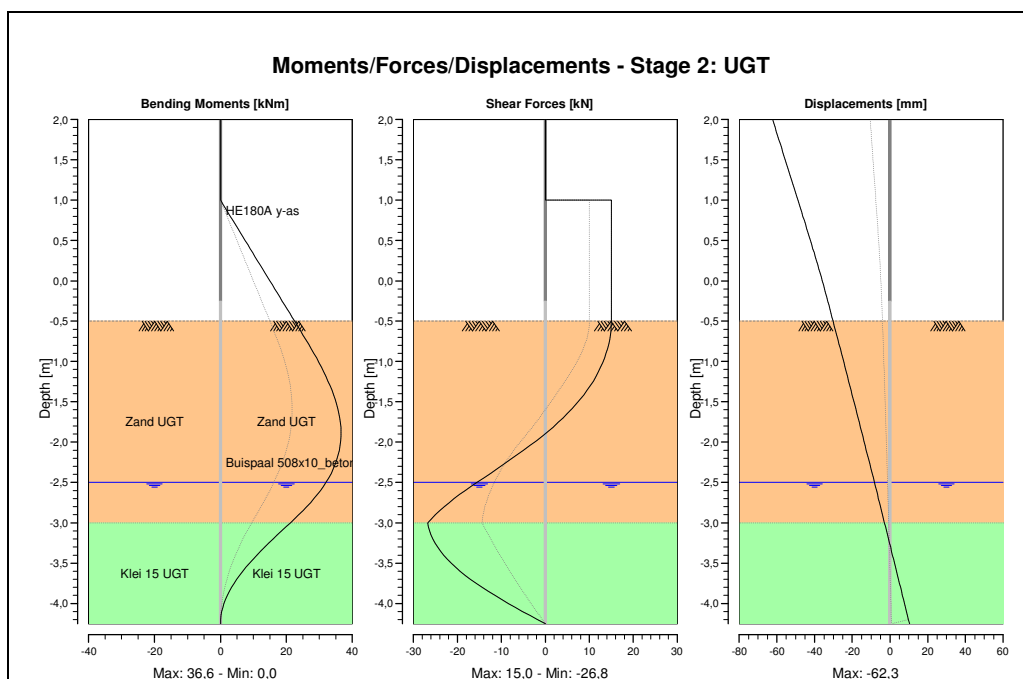
De horizontale stabiliteit van het scherm is doorgerekend met D-Sheetpiling. De constructie wordt beschouwd als elastisch ondersteunde ligger.



Figuur 3.1 Schematisering constructie



Figuur 3.2 Resultaten hoog scherm BGT



Figuur 3.3 Resultaten hoog scherm UGT

Tabel 3.4 Resultaten hoog scherm

Situatie	Verplaatsing [mm]	Moment [kNm]	Dwarskracht [kN]	Mobilisatie [%]
BGT	-10,5	21,8	-14,4	30,9
UGT		36,6	-26,8	46,8
Max	-10,5	38,2	-26,8	46,8

Als indicatie van de stijfheid zijn op het niveau van de koppeling op de fundering: BS -0,25 m de krachten en vervormingen in de BGT opgegeven in onderstaande tabel.

Tabel 3.5 Stijfheid fundering hoog scherm op BS -0,25 m

Wind belasting	10 kN
Moment uit windbelasting	12,5 kNm
Verplaatsing	4,4 mm
Rotatie	1:641

3.3 Verticaal draagvermogen

Omdat een korte paal wordt toegepast moeten de verticale belastingen worden opgenomen door kleef langs de paalschacht. Het benodigde draagvermogen is berekend met de slibformule, waarbij de kleef langs de paalschacht is bepaald.

Tabel 3.6 Draagvermogen buispaal

Bk laag m tov BS	Grondsoort	Yeff	Sk kPa	Sk;gem kPa	Kleef kN
-0,5	zand	18	0,0		
-2,5	zand	10	36,0	18,0	14,4
-3	klei	5	41,0	38,5	7,6
-4,25	klei	5	47,3	44,1	22,2
Totaal	Fr;max				44,2

De maximale kleef aan de buitenzijde van de paal is : $R_{c,max} = 44,2$ kN

De rekenwaarde van de kleef aan de buitenzijde van de paal is $R_{v;d} = 44,2/1,2/1,32 = 27,9$ kN

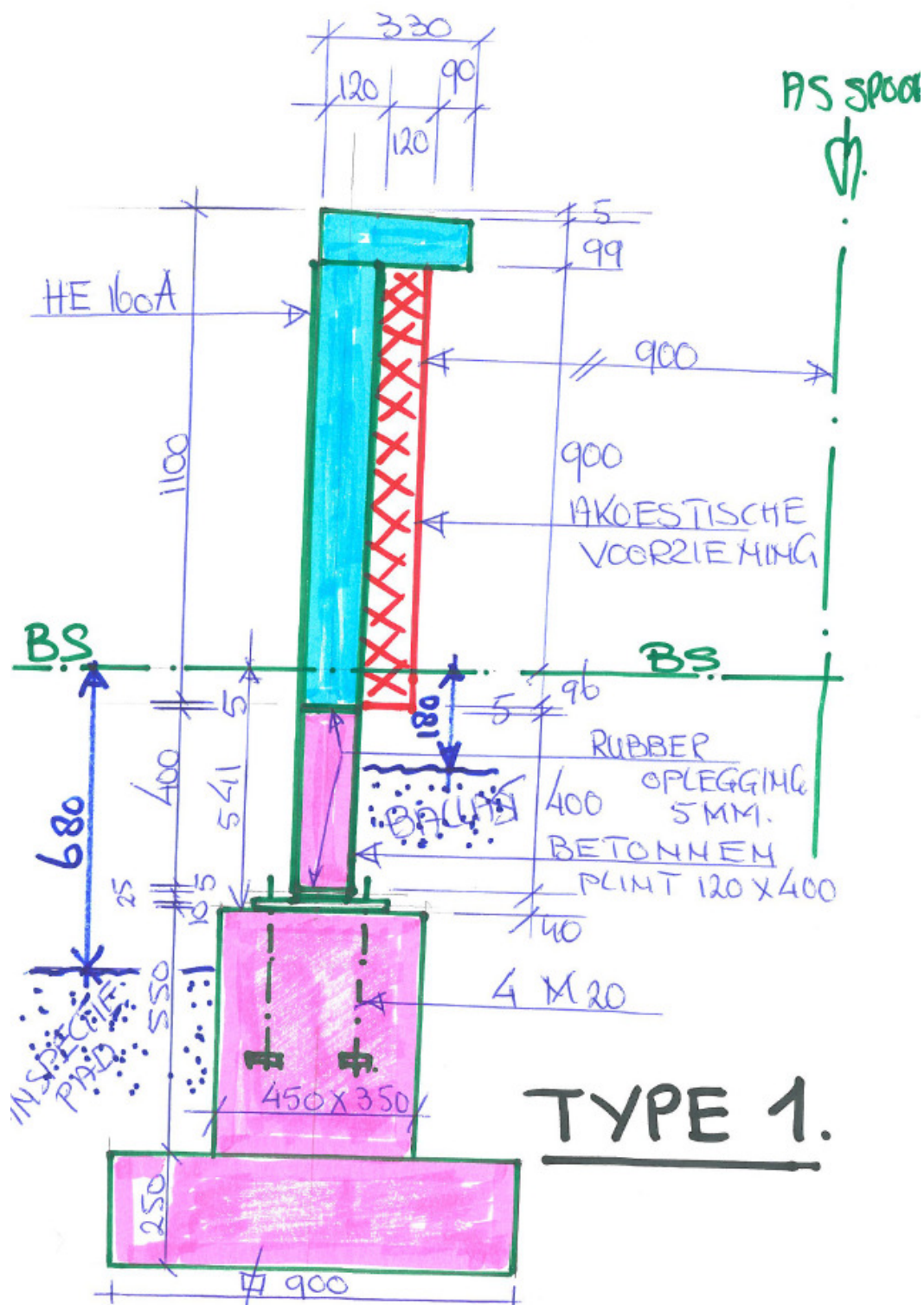
De puntweerstand is hierbij verwaarloosd.

De verticale belasting is $V_d = 20$ kN.

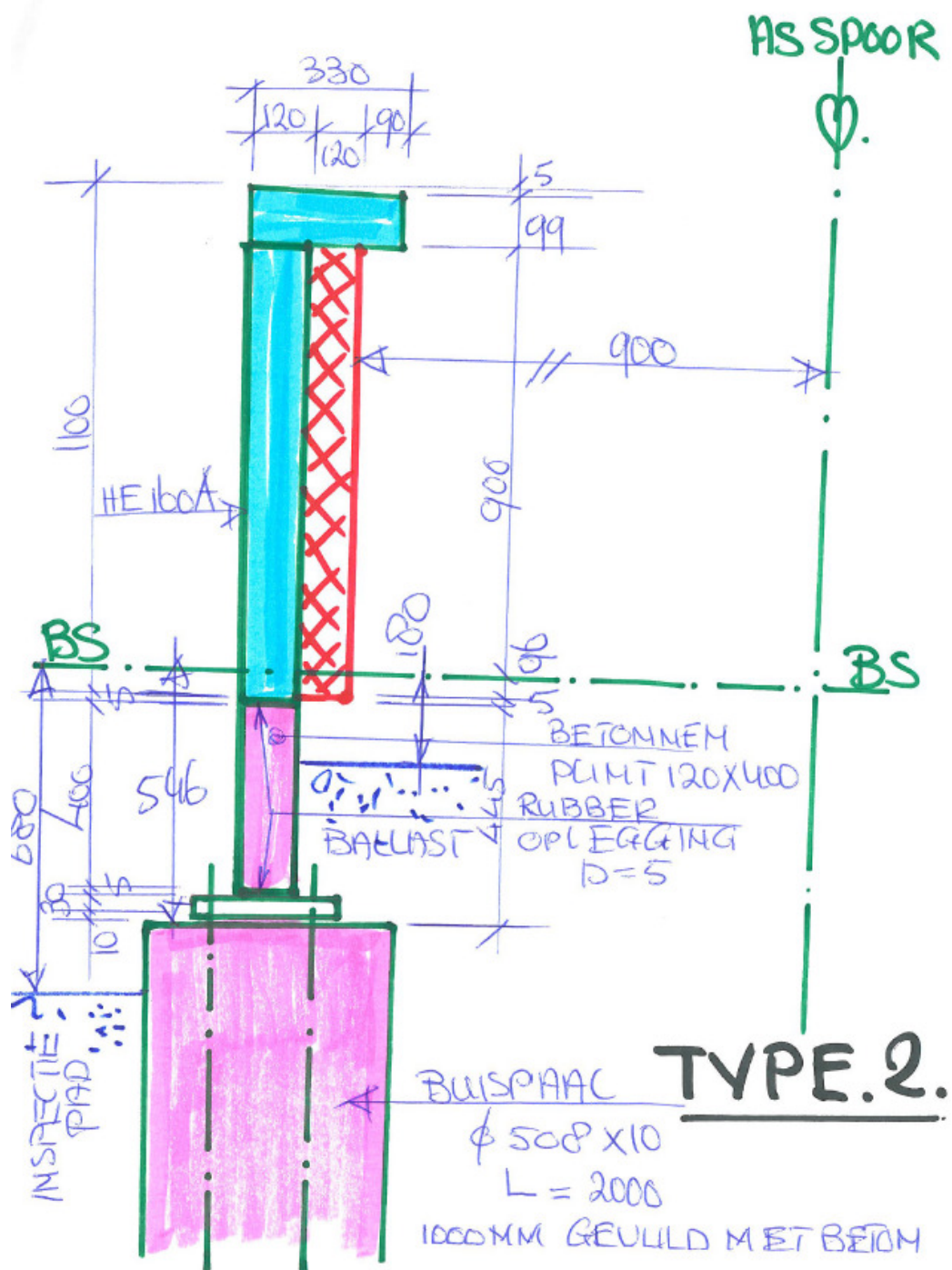
$$R_{v;d} > V_d$$

Conclusie: De voorgestelde constructie voldoet.

Bijlage 1 Geometrie lage schermen



TYPE 1.





Bijlage 2 Berekening laag scherm type 1

Fundering op staal NEN 9997-1 gedraineerd Prandtl				Ingenieursbureau		
Project HL geluidsscherm wind Dossier 2009-049 Adviseur DW				Datum en tijd: 13-05-15 10:16 Versie nov13		
GEGEVENS FUNDERING						
Maaiveld	-0,68	m tov NAP				
Grondwater	-2,5	m tov NAP				
Taludhoek B	0	DEG				
Aanlegpeil	-1,44	m tov NAP				
B	1,5	m				
L	1,5	m				
MATERIAAL FACTOREN						
$Y_{m,fi}$	1,15					
$Y_{m,coh}$	1,6					
$Y_{m,y}$	1,1					
BELASTINGEN						
V_d	72,3	kN	$e_{v,B}$	0,00	m	
			$e_{v,L}$	0,00	m	
$H_{B,d}$	21,1	kN	$e_{h,B}$	0,00	m	
$H_{L,d}$	0,0	kN	$e_{h,d}$	0,00	m	
$M_{S,B,d}$	32,2	kNm	$M_{S,B,d,totaal}$	32,2	kNm	
$M_{S,L,d}$	0,0	kNm	$M_{S,L,d,totaal}$	0,0	kNm	
Invloedsdiepte			Fundering voldoet			
Zeb' geschat	1,41	[-] Ingevoerd	Bef	0,61	m	
Zeb' vlg norm	1,41	[-] vlg. 6.5.2.2.d	Lef	1,50	m	
Parameters meerlagen systeem volgens 6.5.2.2.n						
BK laag m tov NAP	Grond soort	Y kN/m ³	Fi rep DEG	Coh rep kPa	Fi d DEG	Coh d kPa
-0,68	Zand	17	30,0	0,0	26,7	0,0
-1,70	Zand	20	30,0	0,0	26,7	0,0
-2,50	Klei	15	20,0	5,0	17,6	3,1
-6,00	Veen	11	15,0	10,0	13,1	6,3
-10,00	-	10	20,0	5,0	17,6	3,1
-10,00	-	10	20,0	5,0	17,6	3,1
-10,00	-	10	20,0	5,0	17,6	3,1
-10,00	-	10	0,0	0,0	0,0	0,0
-10,00	-	10	0,0	0,0	0,0	0,0
-10,00	-	10	0,0	0,0	0,0	0,0
-10,00	-	10	0,0	0,0	0,0	0,0
-10,00	-	10	0,0	0,0	0,0	0,0
-10,00	-	10	0,0	0,0	0,0	0,0
-10,00	-	10	0,0	0,0	0,0	0,0
-10,00	-	10	0,0	0,0	0,0	0,0
-10,00	Onderzijde grondprofiel					
Equivalente waarden			30,7	0,0	26,7	0,0
Formule van Prandtl volgens NEN 9997-6.5.2.2						
Draagkracht-factoren		Helling-belasting-factoren				
Nq	12,72	lq	0,50			
Nc	23,35	lc	0,46			
Ng	11,77	lg	0,36			
Vorm-factoren		Talud-factoren				
Sq	1,18	Lq	1,00			
Sc	1,20	Lc	1,00			
Sg	0,88	Lg	1,00			
				$Y_{eff,d}$ 16,9 kN/m ³ $Q_{eff,d}$ 12,9 kPa Draagkracht $Q_{r,strook,d}$ 117 kPa $R_{strook,d}$ 71 kN/m $R_{v,d}$ 107 kN Controles $F_{r,v,d} \geq F_{s,v,x}$ Voldoet $F_{r,h,d} \geq F_{s,h,x}$ Voldoet Fundering voldoet		



Bijlage 3 Berekening Laagscherm type 2