STATISCHE BEREKENINGEN

Beoordeling Staalconstructie dek brug 80

Hoofdberekening

Projectnummer	:	184096
Revisie	:	00
Datum	:	13 augustus 2009

Opdrachtgever

Gemeente Amsterdam, Stadsdeel Centrum
Sector Openbare Ruimte
Postbus 202
1000 AE Amsterdam

datum vrijgave	Beschrijving revisie	Berekening	Controle	vrijgave
13-08-2009	00: Definitief			

Inhoud

		Blz.
1	**Inleiding**	**1**
1.1	Algemeen	1
1.2	Uitgangspunten	1
1.3	Gebruikte computerprogrammatuur	2
1.4	Aangehouden voorschriften en richtlijnen	2
2	**Constructieve opbouw**	**3**
2.1	Algemeen	3
2.2	Materiaalkwaliteiten	3
2.3	Belastingen	4
2.4	Belastingsfactoren	4
2.5	Overzicht constructie	4
3	**Conclusie**	**7**
4	**Hoofdberekening**	**8**
4.1	Langsliggers brugdek	8
4.2	Oplegbalk landhoofd	8
4.3	Toelaatbare aslast	8
4.4	Handberekeningen	8
	Bijlagen	**27**
1	Profiel eigenschappen	
2	Foto's aangetroffen constructie	

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In het kader van de veranderde wetgeving en normen is door de Gemeente Amsterdam, stadsdeel centrum, een aanzet gegeven aan een beoordeling van bestaande bruggen in de binnenstad. Deze beoordeling heeft als doel te kunnen vaststellen in welke mate de brug 80 in de Hoogte Kadijk, over de Entrepotdoksluis, voldoet aan de huidige eisen van de verkeernorm NEN 6706. De berekening is uitgevoerd door Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. te Almere in opdracht van de gemeente Amsterdam, stadsdeel centrum.

Voor de berekening is alleen gekeken naar de buiging van de langsprofielen (langsliggers) en de oplegbalken in het landhoofd. Hierbij is gekeken of deze voldoen bij de huidige verkeersbelasting en vervolgens welke verkeerslast toegestaan is.. Er is aangenomen dat de brug niet meer als ophaalbrug fungeert. De berekende verkeerslast dient ter indicatie.

1.2 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd:

Bouwjaar:	1903
Model:	Ophaalbrug
Aandrijving:	Kwadrant met tandwieloverbrenging
Verkeersbelasting:	Conform NEN 6706
Veiligheidsklasse	3
Belasting	LM_1 (excl. temperatuur en wind en LM_4)
Breedte brugdek staal:	3,00 m
Breedte brugdek totaal:	5,10 m
Lente brugdek:	15,40 m
Dikte brugdek*):	12 mm
Brugafwerking*):	2 mm (slijtlaag)

*) Indicatief, is hierdoor ook niet in rekening gebracht

Langsprofielen dek en oplegbalken:	NP50 (zie bijlage 1)
Dwarsprofielen dek:	NP40 (zie bijlage 1)

Als basis voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Rapport Brug 80 te Amsterdam (Beoordeling staalconstructie dek) projectnr. 184096 d.d. 31-03-09 (door Oranjewoud).

In onderstaande tabel is te zien wat meegenomen wordt in deze berekening:

Meegenomen in deze berekening:	**Niet meegenomen in deze berekening:**
Permanente belastingen	Rustende belasting op langsliggers
Rustende belastingen op oplegbalk	Wind, sneeuw, temperatuur, LM_2, LM_3 en LM_4
Verkeersbelasting NEN 6706 LM_1	Horizontale belastingen en mensenmassa's
Momenten en dwarskrachten	Doorbuiging
Toetsing op toelaatbare spanning en afschuiving	Toetsing op toelaatbare doorbuiging en kip stabiliteit

1.3 Gebruikte computerprogrammatuur

Voor de berekeningen is geen gebruik gemaakt van computerprogrammatuur.
Alle berekeningen zijn handberekeningen.

1.4 Aangehouden voorschriften en richtlijnen

De berekeningen zijn uitgevoerd conform de onderstaande voorschriften en richtlijnen:

NEN 6700	Algemene basiseisen	TGB 1990
NEN 6702	Belastingen en vervormingen	TGB 1990
NEN 6706	Verkeersbelastingen op bruggen	TGB 1990
NEN 6770	Staalconstructies	TGB 1990
NEN 6772	Tech. grondslagen voor staalconstructies verbindingen	TGB 1990
NEN 6788	Het ontwerpen van stalen bruggen	VOSB 2005

2 Constructieve opbouw

2.1 Algemeen

De in 1903 gebouwde Brug 80 is de eerste stalen ophaalbrug van Nederland. Om na te gaan of de brug voldoet aan de huidige verkeersnormen is deze herberekening gemaakt.

Voor de berekening is uitgegaan van de NEN 6706. Voor de belastingcombinaties is alleen gekeken naar LM1 (primair belastingsysteem TS en UDL) en niet in combinatie met de temperatuur, mensenmenigte en de wind, zoals voorgeschreven in de NEN 6706. De toelaatbare aslast wordt hierdoor een indicatie en is ondervoorbehoud.

Voor de berekening van het dek is uitgegaan van langsliggers NP50 profielen (gelijkwaardig aan de huidige INP-profielen). Deze profielen zijn getoetst op buiging.
De reactiekrachten uit de langsliggers zijn als bovenbelasting op de oplegbalk gezet, zodat deze ook op buiging is doorgerekend. Gezien de geringe informatie uit de ontwerpfase van de brug zijn aannames gedaan omtrent staaleigenschappen, welke uit oude tabellen en documentatie zijn gehaald (zie bijlage 1).

De status van de opleg(draag)balk is deels onbekend. Het profiel is opgebouwd uit 2 NP50 profielen, verbonden met 2 platen boven en onder. De verbinding wordt verkregen met klinknagels. Gezien de status van de oplegbalk (zware roestvorming of deels niet inspecteerbaar) zijn 3 scenario's aangenomen:

- Volledige werking van 2 profielen (beide profielen meegenomen).
- Werking van 1,5 profiel (achterste profiel deels meegenomen)
- Werking van maar 1 profiel (achterste profiel niet meegenomen).

Gezien de geringe informatie van de staat van de klinknagels zijn deze niet meegenomen in de berekening, waardoor de 2 platen, boven en onder de profielen buiten beschouwing zijn gelaten. Tevens is de verankering van de balk niet meegenomen in de beschouwing omdat deze niet waarneembaar of zwaar gecorrodeerd is.

Voor het dek zijn de NP50 profielen berekend in de bovengrens van de belasting en in een ondergrens. Bovengrens betekend dat de volledige belasting op 1 profiel werkt. Ondergrens betekend dat de volledige belasting verdeeld wordt over meerdere profielen. Bij deze brug is het rijdek 3 meter breed en wordt ondersteund door 5 profielen, waardoor de bandlast (de helft van de aslast) over 2,5 profielen gaat werken. Dit wordt mede veroorzaakt door de dwarsbalken, het dek is te dun om aan te nemen dat de belasting via het dek spreidt over de 2,5 profielen. Dit is een afwijking op de huidige norm. Dit is een aanname, op detail niveau moet de spreiding wel conform de norm meegenomen worden en kan deze niet verspreid worden over de 2,5 profiel.
Omdat de dikte van het stalen dek niet bekend is en er onbekende versteviging aangebracht is, wordt deze niet in rekening gebracht en getoetst.

Voor de krachtswerking van de buitenste profielen van het val, welke met het houten dek zijn verbonden, is de helft van de ondergrens belasting aangenomen als reactiekracht, welke werkt op de oplegbalk.

2.2 Materiaalkwaliteiten

Voor de materiaaleigenschappen van de verschillende constructie-onderdelen zijn de onderstaande gegevens aangehouden:

Staal:	vloeistaal*

*) Ten aanzien van de constructie uit de periode van oprichting (1903) is de staalkwaliteit bepaald op staal dat in deze periode gemaakt werd Zie bijlage 1 voor staaleigenschappen. De tabel "Veroorloofde spanning" geeft de rekenwaarde weer en de grens der elasticiteit geeft de vloeigrens weer.

De profieleigenschappen zijn terug te vinden in bijlage 1

2.3 Belastingen

Algemene permanente belastingen

Eigengewicht NP50:	141,3 kg/m;
Eigengewicht NP40:	115,4 kg/m.

Algemene veranderlijke belastingen

verkeersbelasting conform NEN 6706:
1 rijstrook op de brug (b=3,00 m)
(uitgegaan is dat het verkeer niet op het houten dek komt, dit wijkt af conform de NEN 6706).

Q_1:	300 kN/as
q_{mobiel}:	9,0 kN/m^2
Reducties:	0,8 (frequentie aslasten ≤ 200 /jaar) (opgegeven door opdrachtgever).

2.4 Belastingsfactoren

Veiligheidsklasse 3, factoren conform NEN 6706:

$\gamma_{f;g}$ = voor alle berekeningen
$\gamma_{f;q}$ = voor alle berekeningen

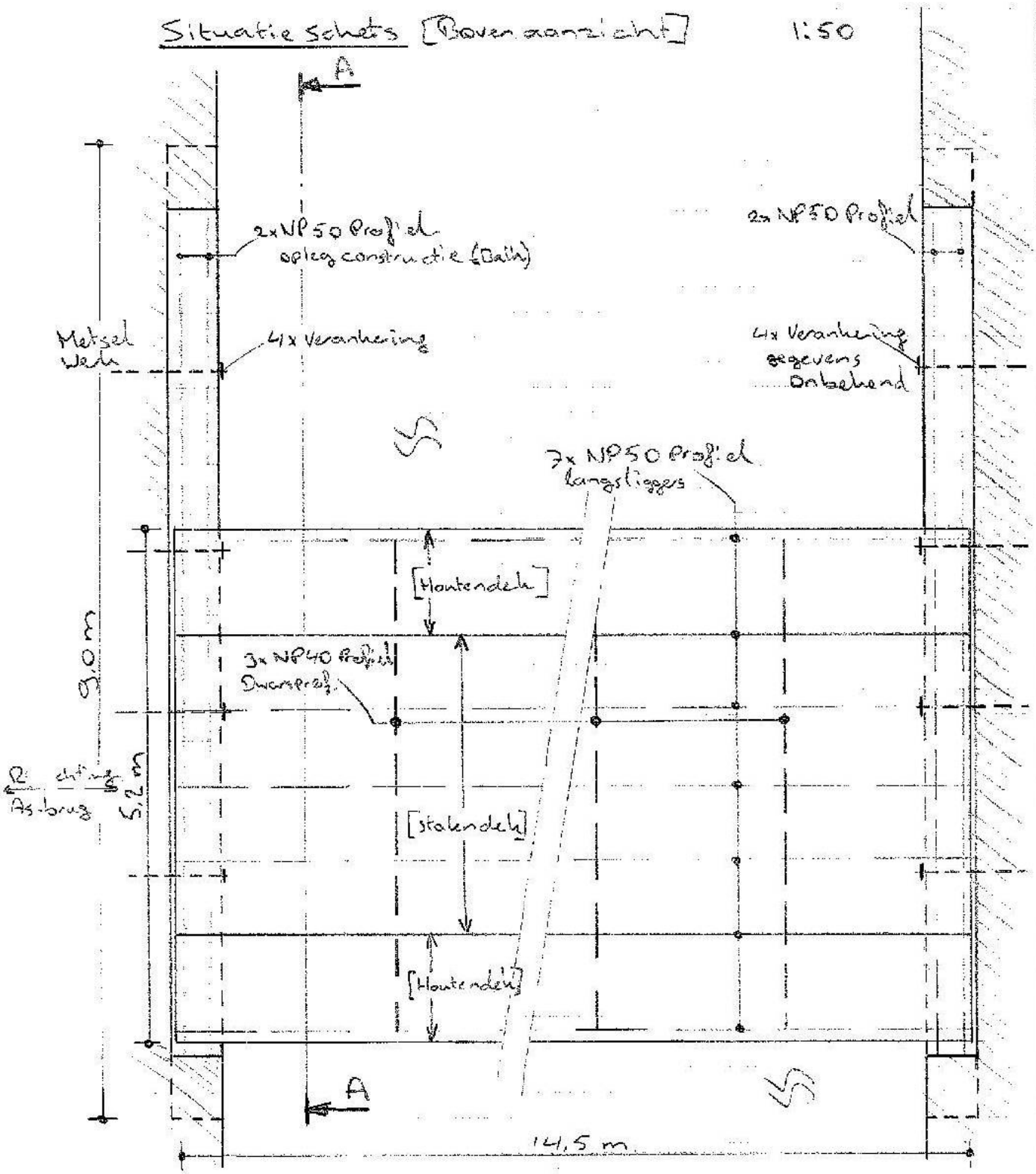
2.5 Overzicht constructie

Zie volgende bladzijde(n)

blad 1

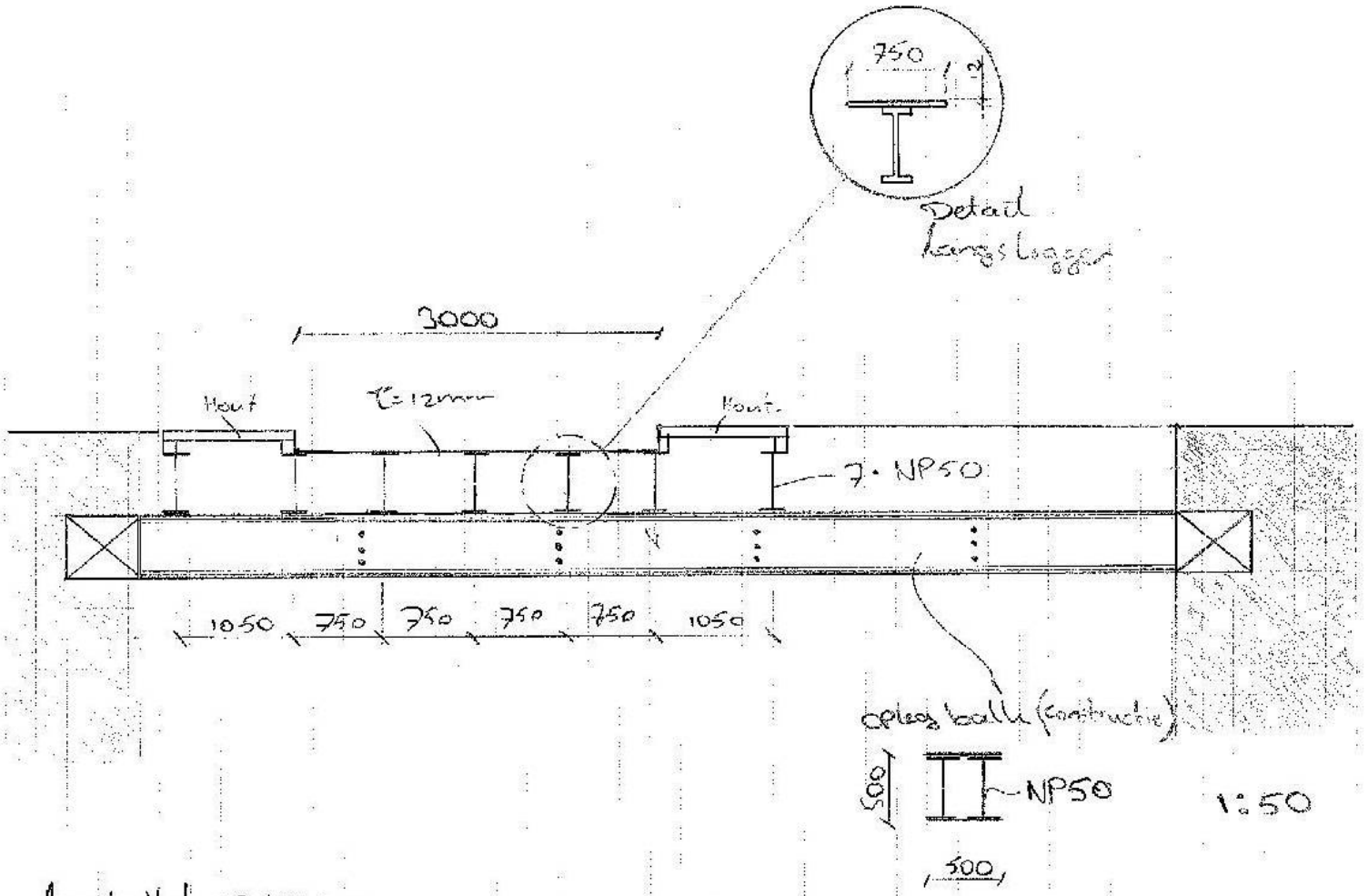
project nr. 184096

Situatie schets [Boven aanzicht] 1:50



ber.	gec.	dat.	wijz.	bl. van	5

Situatie schets (zonder A-A)



lengte Val 15,40 m.

ber	gec.	dat.	wijz.	bl.	van
					6

3 Conclusie en aanbevelingen

3.1 Conclusie

Uit de toetsing van deze brug wordt gesteld dat deze, met de huidig beschikbare informatie, niet voldoet aan de huidige verkeersklasse (NEN 6706).

Resultaten overzicht:
Langsliggers:

	Dwars-kracht	Buigend moment	Optredende staalspanning	Opneembare spanning	Toetsing staalspanning (U.C.)
Bovengrens	361,0 kN	1292,0 kNm	471,0 N/mm²	120,0 N/mm²	3,90 (Voldoet niet)
Ondergrens	162,8 kN	597,0 kNm	217,0 N/mm²	120,0 N/mm²	1,81 (Voldoet niet)

*) bovengrens berekend op 1 profiel, ondergrens berekend op 2,5 profiel

Oplegbalk:

	Dwars-kracht	Buigend moment	Optredende staalspanning	Opneembare spanning	Toetsing staalspanning
Max. waarde	983,0 kN	2069,6 kNm	376,8 N/mm² *)	120,0 N/mm²	3,14 (Voldoet niet) *)

*) Uitgaande van de 2 NP50 profielen (positieve benadering).

Indicatieve aslasten (onder voorbehoud):

- Bovengrens: 48,7 kN/as (gelijk aan 4,9 ton)
- Ondergrens: 82,1 kN/as (gelijk aan 8,2 ton)
- Oplegbalk: 55,8 kN/as (gelijk aan 5,6 ton)

Bovengrens is maatgevend voor toelaatbare aslast.

Voor het val kan gezegd worden, vanuit deze berekening, dat er een aslast van 4,9 ton/as toegestaan is (toegankelijk voor kleine vrachtwagens tot 10 ton totaal (voor 2 assen)). Maar gezien de toestand van de oplegbalken met zijn verankering wordt geadviseerd om deze te vervangen, zodat deze de volledige belasting kunnen opnemen. Ook voor het val dienen aanpassingen gedaan te worden om de brug voor de huidige verkeersklasse toegankelijk te houden. Tevens moet gekeken worden of de huidige verankering en de belastingen op kunnen nemen. Voor optimalisatie dient er een 3 dimensionaal model opgezet te worden, welke getoetst dient te worden. Tevens dient er meer informatie beschikbaar te komen zoals, de exacte materiaal- en bouwkundige eigenschappen.

3.2 Aanbevelingen

Vanuit deze conclusie geeft Oranjewoud het volgende advies:

- Voor optimalisatie van de berekening dient een 3 dimensionaal model doorgerekend te worden op het niveau van detailengineering.
- De oplegbalk geeft veel onzekerheden en is in slechte staat, geadviseerd wordt om deze te vervangen. Tevens dit naar de verankering gekeken te worden.
- De langsliggers voldoen volgens berekening niet bij de huidige verkeersklasse, slechts 17% van de belasting uit de NEN 6706 is toegestaan over de liggers
- Voor het opzetten van het 3D model zijn gegevens nodig als de exacte materiaal- en bouwkundige eigenschappen Deze dienen nagegaan te worden
- Uit de resultaten van deze berekening wordt geadviseerd om de doorgang van de brug te beperken tot 5 ton aslast, zodat zwaar verkeer geen doorgang krijgt
- De brug wordt getoetst op buiging, in een volgende fase zullen details ook doorgerekend moeten worden om een volledig beeld van de situatie te creëren.

4 Hoofdberekening

4.1 Langsliggers brugdek

De langsliggers worden beschouwd als zijnde een scharnierende oplegging. Hierbij zijn de dwarsliggers niet meegerekend Voor het eigengewicht is alleen de langsligger beschouwd

Resultaten:

	Dwars-kracht	Buigend moment	Optredende staalspanning	Opneembare spanning	Toetsing staalspanning (U.C.)
Bovengrens	361,0 kN	1292,0 kNm	471,0 N/mm²	120,0 N/mm²	3,90 (Voldoet niet)
Ondergrens	162,8 kN	597,0 kNm	217,0 N/mm²	120,0 N/mm²	1,81 (Voldoet niet)

4.2 Oplegbalk landhoofd

Voor de oplegbalk (draagbalk) is gesteld dat deze scharnierend is opgelegd, omdat niet bekend is hoe de verbindingsconstructie aan het landhoofd gedefinieerd is. De 4 stuks verankering en die zichtbaar zijn aan voorzijde (3 bouten per verankering) zijn ook niet meegerekend, omdat deze of niet waarneembaar of zwaar gecorrodeerd zijn.

De reactiekrachten zijn voor beide zijden van de balk verschillend omdat het val niet centrisch is opgelegd Het moment grijpt hierdoor niet in het midden van de balk aan, maar bij de 5e langsligger (zie rekenmodel in de berekening).

Resultaten:

	Dwars-kracht	Buigend moment	Optredende staalspanning	Opneembare spanning	Toetsing staalspanning
Max waarde	983,0 kN	2069,6 kNm	376,8 N/mm² *)	120,0 N/mm²	3,14 (Voldoet niet) *)

*) Uitgaande van de 2 NP50 profielen (positieve benadering).

4.3 Toelaatbare aslast

Voor de langsliggers van het dek is gekeken naar welke aslast toelaatbaar is. Bij deze toetsing is gekeken naar de bovengrens en ondergrens. Ofwel, welke aslast kan totaal worden opgenomen door 1 NP50 profiel en welke aslast is er mogelijk verdeeld over 2,5 profiel. De uitkomst blijft een indicatie en is ondervoorbehoud Om hier een exacte conclusie over te geven dient een detail berekening noodzakelijk.
De gelijkmatig verdeelde bovenbelasting van 9,0 kN/m² blijft in de berekening als standaard.

Resultaat:

- Bovengrens: 48,7 kN/as (gelijk aan 4,9 ton)
- Ondergrens: 82,1 kN/as (gelijk aan 8,2 ton)
- Oplegbalk: 55,8 kN/as (gelijk aan 5,6 ton)

Bovengrens is maatgevend voor toelaatbare aslast.

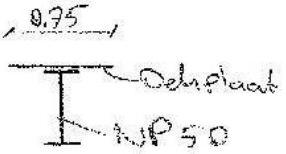
4.4 Handberekeningen

Zie volgende bladzijde(n)

Langsliggers [Belasting op 1 profiel]

① schema





Doorsnede profiel

② Belastingen

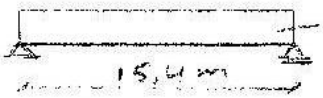
1. Permanent belasting $\psi = 1,00$

eigengewicht NP50 (uittabel) = 1,4 kN/m'

2. Rustende belasting $\psi = 1,00$

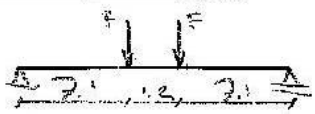
slijtlaag = NB

3. Mensenmassa $\psi = 0,40$



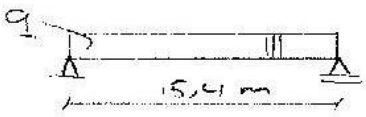
= NB

4. LM_1 TS (1) $\psi = 0,80$



$F = 300/2$ kN · 0,8 [x] = 120 kN

5. LM_1 UDL (1) $\psi = 0,40$



$q = 9 \cdot 0,8 \cdot 0,75$ [kN/m'] = 5,4 kN/m'

6. wind $\psi = 0,30$

Niet beschouwd. = NB

7. sneeuw $\psi = 0,50$

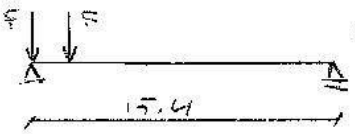
Niet beschouwd. = NB

8. Horizontale belasting. $\psi = 0,50$

Zoals Rembelasting = NB

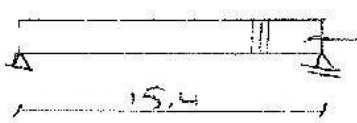
9. Temperatuur $\psi = 0.00$ = NB

10. (M1 TS(2)) $\psi = 0.80$



$F_k = (300/2) \cdot 2 \cdot 0.8$ [x] = 240 kN

11. (M1 UDL(2)) $\psi = 0.40$



$q \rightarrow q \; 0.8 \; 0,75$ [x] = 5,4 kN/m'

(3) Krachtsverdeling

1. Permanent belasting

$M_{rep} = 1/8 \cdot Q_{rep} \cdot l^2 \rightarrow 1/8 \cdot 1,4 \cdot 15,4^2$ = 41,5 kNm

$V_{rep} = 1/2 \cdot Q_{rep} \; l \rightarrow 1/2 \cdot 1,4 \cdot 15,4$ = 10,8 kN

2. Rustende belasting

Niet Beschouwd.

3. Mensen massa

Niet Beschouwd.

4. (M1 TS(1))

$M_{rep} = 120 \cdot 7,7 - 120 \cdot 0,6$ = 852 kNm

$V_{rep} = (120 + 120)/2$ = 120 kN

5. (M1 UDL(1))

$M_{rep} = 1/8 \cdot Q_{rep} \cdot l^2 \rightarrow 1/8 \cdot 5,4 \cdot 15,4^2$ = 160 kNm

$V_{rep} = 1/2 \cdot Q_{rep} \cdot l \rightarrow 1/2 \cdot 5,4 \cdot 15,4$ = 41,6 kN

6. wind

Niet Beschouwd.

7. Sneeuw

Niet Beschouwd.

8. Horizontale belasting

Niet Beschouwd.

9. Temperatuur

Niet Beschouwd.

10. LM1 TS(1)

$M_{rep} = ((120+120) \cdot 0,6 \cdot 14,8) / 15,4$ = 138 kNm.

$V_{rep} = 120 + 120$ = 240 kN.

11. LM1 UDL(1)

$M_{rep} = 1/8 \cdot Q_{rep} \cdot l^2 \rightarrow 1/8 \cdot 5,4 \cdot 15,4^2$ = 160 kN

$V_{rep} = 1/2 \cdot Q_{rep} \cdot l \rightarrow 1/2 \cdot 5,4 \cdot 15,4$ = 41,6 kN

(4) Belastingcombinaties *

BC 1 = 1,35 EG + 1,35 · TS(1) + 1,35 · 0,4 · UDL(1)

BC 2 = 1,35 EG + 1,35 · 0,8 · TS(1) + 1,35 · UDL(1)

BC 3 = 1,35 EG + 1,35 · TS(2) + 1,35 · 0,4 · UDL(2)

BC 4 = 1,35 EG + 1,35 · 0,8 TS(2) + 1,35 · UDL(2)

*) Overige Belastingscombinaties niet maatgevend doordat de overige verdelingen niet beschouwd zijn in dit rapport.

⑤ Uitwerking belasting combinaties

*Berekening Md

BC1 = (1,35 · 41,5) + (1,35 · 852) + (1,35 · 0,4 · 160) = 1292 kNm

BC2 = (1,35 · 41,5) + (1,35 · 0,8 · 852) + (1,35 · 160) = 1192 kNm

BC3 = (1,35 · 41,5) + (1,35 · 138) + (1,35 · 0,4 · 160) = 328 kNm

BC4 = (1,35 · 41,5) + (1,35 · 0,8 · 138) + (1,35 · 160) = 421 kNm

BC1 is maatgevend

*Berekening Vd.

BC1 = (1,35 · 10,8) + (1,35 · 120) + (1,35 · 0,4 · 41,6) = 195 kN

BC2 = (1,35 · 10,8) + (1,35 · 0,8 · 120) + (1,35 · 41,6) = 200 kN

BC3 = (1,35 · 10,8) + (1,35 · 240) + (1,35 · 0,4 · 41,5) = 361 kN

BC4 = (1,35 · 10,8) + (1,35 · 0,4 · 240) + (1,35 · 41,6) = 330 kN

BC3 is maatgevend

*Berekening Vd (doorbuiging)

Niet beschouwd.

⑥ Toetsingen. Max toelaatbare spanning

$\sigma_{s,d} \leq f_{s;d}$

$\sigma_{s;d} = \frac{M_d}{W_y}$ $\quad f_{s;d} = 120\ N/mm^2$ [NP50]

$M_d = 1292 \cdot 10^6\ Nmm$

$W_y = 2746 \cdot 10^3\ mm^3$ [NP50]

$\sigma_{s;d} = \frac{1292 \cdot 10^6}{2746 \cdot 10^3} = 471\ N/mm^2 \not\leq 120\ N/mm^2$ Voldoet niet.

[redacted]

⑦ Toetsing 2

Toelaatbare dwarskracht (afschuiving)

$$V_{z;pl;d} = A_w \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$A_w = A - 2(b_f - t_w - 2r)t_f$$

$$= 180 \cdot 10^2 - 2(185 - 18 - 2 \cdot 18)27 = 10926 \text{ mm}^2$$

$$V_{z;s;d} \leq 0{,}5\, V_{z;pl;d}.$$

$$361\,kN \leq 0{,}5 \cdot \left(10926 \cdot \frac{330}{\sqrt{3}} \cdot 10^{-3}\right)$$

$$361\,kN \leq 378\,kN$$ Voldoet.

⑧ Toetsing 3

Toelaatbare doorbuiging

Niet beschouwd.

⑨ Toetsing 4

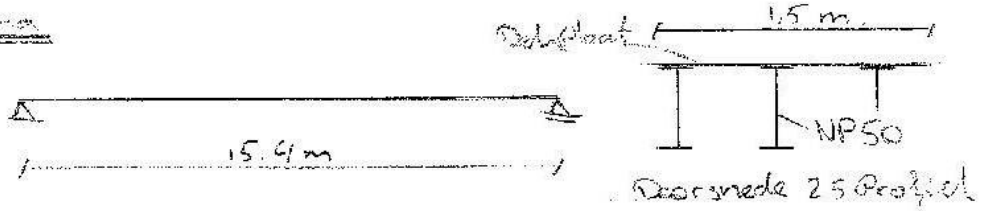
Kiepstabiliteit volgens NEN 6770

Niet beschouwd.

[redacted]

Langsliggers [Belasting op 2 Profiel]

① Schema



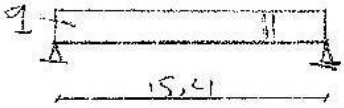
Doorsnede 2 Profiel

② Belastingen

Gelijk aan Langsliggers [Belasting op 1 Profiel]

Behalve:

5. Lm. UDL (1) & (2) $\psi = 0,40$



$q = g \rightarrow g \cdot 0,8 \cdot 1,5$ [Qa] $= 10,8$ kN/m'

③ Krachtsverdeling

1. Permanent belasting:

$M_{rep} = 1/8 \cdot Q_{rep} \cdot l^2 \rightarrow (1/8 \cdot (1,4 - 2,5) \cdot 15,4^2)/2,5 = 41,5$ kNm

$V_{rep} = 1/2 \cdot Q_{rep} \cdot l \rightarrow (1/2 \cdot (1,4 \cdot 2,5) \cdot 15,4)/2,5 = 10,8$ kN

2. Rustende belasting:

Niet beschouwd.

3 Mensenmassa

Niet beschouwd

4. LM1 TS (1)

$M_{rep} = 48 \cdot 7,7 - 48 \cdot 0,6 = 340,8$ kNm

$V_{rep} = ((120 + 120)/2)/2,5 = 48$ kN

5. Lm. UDL (1)

$M_{rep} = 1/8 \cdot Q_{rep} \cdot l^2 \rightarrow (1/8 \cdot 10.8 \cdot 15.4^2)/2,5 = 128$ kNm

$V_{rep} = 1/2 \cdot Q_{rep} \cdot l \rightarrow (1/2 \cdot 10.8 \cdot 15.4)/2,5 = 33$ kN

6. Wind

Niet beschouwd.

7. Sneeuw

Niet beschouwd.

8. Horizontale belasting

Niet beschouwd.

9. Temperatuur:

Niet beschouwd.

10. Lm. $T_5(2)$

$M_{rep} = (96 \cdot 0,6 \cdot 14,8)/15,4 = 55$ kNm

$V_{rep} = (120 + 120)/2,5 = 96$ kN

11. Lm. UDL (2)

Gelijk aan 5 Lm. UDL (1)

⑫ Belastingcombinaties *

BC 1 = 1,35 · EG + 1,35 · $T_5(1)$ + 1,35 · 0,4 · UDL (1)

BC 2 = 1,35 · EG + 1,35 · 0,8 · $T_5(1)$ + 1,35 UDL (1)

BC 3 = 1,35 · EG + 1,35 · $T_5(2)$ + 1,35 · 0,4 · UDL (2)

BC 4 = 1,35 · EG + 1,35 · 0,8 · $T_5(2)$ + 1,35 · UDL (2)

*) Overige belastingscombinaties niet maatgevend doordat de overige verdelingen niet beschouwd zijn in dit Rapport.

⑤ Uitwerking belasting combinaties

*Berekening Md

BC1 = (1,35 · 41,5) + (1,35 · 340,8) + (1,35 · 0,4 · 128) = 585 kNm

BC2 = (1,35 · 41,5) + (1,35 · 0,8 · 340,8) + (1,35 · 128) = 597 kNm

BC3 = (1,35 · 41,5) + (1,35 · 55) + (1,35 · 0,4 · 128) = 199 kNm

BC4 = (1,35 · 41,5) + (1,35 · 0,8 · 55) + (1,35 · 128) = 288 kNm

BC2 is maatgevend

*Berekening Vd

BC1 = (1,35 · 10,8) + (1,35 · 48) + (1,35 · 0,4 · 33) = 92,2 kN

BC2 = (1,35 · 10,8) + (1,35 · 0,8 · 48) + (1,35 · 33) = 110,9 kN

BC3 = (1,35 · 10,8) + (1,35 · 96) + (1,35 · 0,4 · 33) = 162,0 kN

BC4 = (1,35 · 10,8) + (1,35 · 0,8 · 96) + (1,35 · 33) = 162,8 kN

BC4 is maatgevend

*Berekening Ud (doorbuiging)

Niet Beschouwd.

⑥ Toetsing 1

Max toelaatbare spanning

$\sigma_{s;d} \leq f_{s;d}$

$\sigma_{s;d} = \frac{M_d}{W_y}$ $\qquad f_{s;d} = 120\ N/mm^2$ [NP50]

$M_d = 597 \cdot 10^6$ Nmm

$W_y = 2746 \cdot 10^3\ mm^3$ [NP50]

$\sigma_{s;d} = \frac{597 \cdot 10^6}{2746 \cdot 10^3} = 217\ N/mm^2 \not\leq 120\ N/mm^2$ Voldoet Niet

[redacted]

⑦ Toetsing 2

Toelaatbare dwarskracht (afschuiving)

$$V_{z,pl;d} = A_w \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$A_w = A - 2(b_f - t_w - 2r)t_f$$

$$= 18 \cdot 10^2 - 2(185 - 18 - 2 \cdot 18)27 = 1092{,}6\ mm^2$$

$$V_{z;s;d} \leq 0{,}5\, V_{z,pl;d}$$

$$162{,}8\ kN \leq 0{,}5 \left(1092{,}6 \cdot \frac{120}{\sqrt{3}} \cdot 10^{-3}\right)$$

$$162{,}8\ kN \leq 378\ kN$$ Voldoet

⑧ Toetsing 3

Toelaatbare doorbuiging

Niet beschouwd

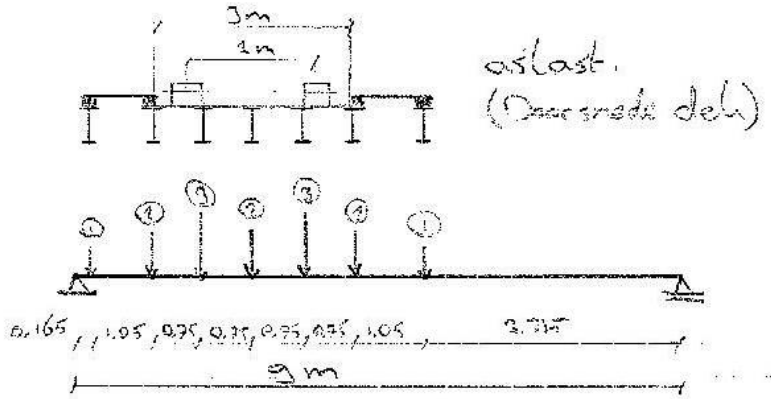
⑨ Toetsing 4

Kip stabiliteit volgens NEN 6770

Niet Beschouwd.

Dwarsbalk (Draagconstructie)

① Schema



as last.
(Doorsnede dek)

Uitgangspunten.

F_1 → Belast op helft van [2,5 profiel belasting]. (F_2) ①

F_2 → Belast op 2,5 Profiel belasting ②

F_3 → Belast op 1 profiel belasting ③

- De Balk wordt beschouwd als 2 · NP50 Profiel.

W_y = 2 · NP50 profiel ⇒ $2 \cdot 2746 \cdot 10^3 = 5492 \cdot 10^3$ mm³

② Belastingen

1. Permanent belasting $\Psi = 1,00$

eigengewicht 2·NP (uit tabel) 2·1,4 = 2,8 kN/m'

2. Rustende belasting $\Psi = 1,00$

Vloer (Permanent) Doorsnede dek = 10,8 kN/profiel

3. Mensenmassa $\Psi = 0,40$

Niet beschouwd. = NB

4. Lm: Ts (1) $\psi = 0.8$

N.v.t. Maatgevend Lm: Ts (2) is maatgevend = NB

5. Lm: VDL (1) $\psi = 0.4$

(F_3) Vrep (Lm: VDL (1)) uit Doorsnede deln (1 Prof) = 41.6 kN/Prof.

(F_2) " " " (2,5 Prof) = 33 kN/Prof

(F_1) " " " (2,5 Prof)/2 = 16,5 kN/Prof

6. wind $\psi = 0.30$

N.v.t. beschouwd = NB

7. Sneeuw $\psi = 0.50$

N.v.t. beschouwd = NB

8. Horizontale belasting $\psi = 0.50$

Niet Beschouwd = NB

9. Temperatuur $\psi = 0.00$

N.v.t. Beschouwd = NB

10. LM: Ts (2) $\psi = 0.8$

(F_3) Vrep (Lm: Ts (2)) uit Doorsnede Deln (1 Prof) = 240 kN/Prof

(F_2) " " " (2,5 Prof) = 96 kN/Prof

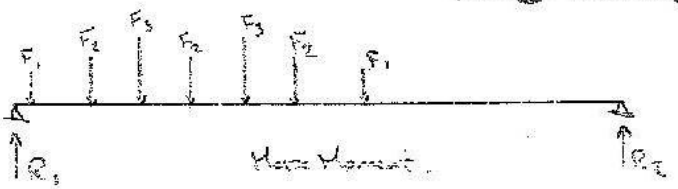
(F_1) " " " (2,5 Prof)/2 = 48 kN/Prof

11. Lm: VDL (2) $\psi = 0.4$

Gelijk aan 5 Lm: VDL (1).

ber.	gec.	dat.	wijz.	bl van	19

Rekenmodel (voorbepaling V_{rep} 1,2 en M_{rep} in ③ krachtsverdeling).



0,165 ; 1,05 ; 0,75 ; 0,75 ; 0,75 ; 0,75 ; 1,05 ; 3,735

9 m

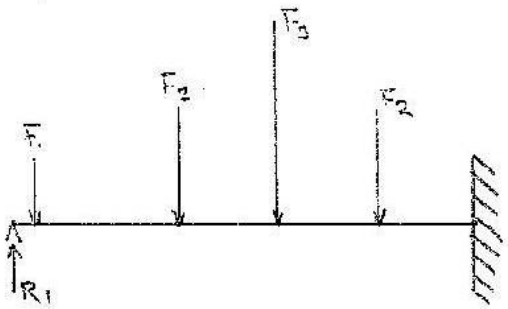
$\Sigma R_1 = 0$

$R_2 = ((F_1 \cdot 0,165) + (F_2 \cdot 1,215) + (F_3 \cdot 1,965) + (F_2 \cdot 2,715) + (F_3 \cdot 3,465) + (F_2 \cdot 4,215) + (F_1 \cdot 5,265)) / 9$

$\Sigma R_2 = 0$

$R_1 = ((F_1 \cdot 8,835) + (F_2 \cdot 7,785) + (F_3 \cdot 7,035) + (F_2 \cdot 6,285) + (F_3 \cdot 5,535) + (F_2 \cdot 4,785) + (F_1 \cdot 3,735)) / 9$

R_1 = Maatgevend!



0,165 ; 1,05 ; 0,75 ; 0,75 ; 0,75 ;

Max moment:

$(R_1 \cdot 3,465) - (F_1 \cdot 3,3) - (F_2 \cdot 2,25) - (F_3 \cdot 1,5) - (F_2 \cdot 0,75)$

② Krachts verdeling.

1. Permanent belasting.

$M_{rep} = 1/8 \cdot Q_{rep} \cdot l^2 \rightarrow 1/8 \cdot 2{,}8 \cdot 9^2$ = 28,35 kNm

$V_{rep} = 1/2 \cdot Q_{rep} \cdot l \rightarrow 1/2 \cdot 2.8 \cdot 9$ = 12.6 kN

2. Rustende belasting

$V_{rep\,1}$ = Zie rekenmodel ($F_{1,2\,en\,3}$ = 10 8 kN) = 52,8 kN

$V_{rep\,2}$ = " " = 22,8 kN

M_{rep} = " " = 98,7 kNm.

3. Mensenmassa

Niet Beschouwd.

4. Lm 1 TS (1)

Niet Bepaalt

5. Lm 1 UDL (1)

$V_{rep\,1}$ = Zie rekenmodel = 150 kN

$V_{rep\,2}$ = " = 65 kN

M_{rep} = " = 305 kN

6. wind

Niet Beschouwd.

7. Sneeuw

Niet Beschouwd.

8. Horizontale belasting

Niet Beschouwd.

[redacted]

9. Temperatuur

Niet beschouwd.

10. LM1 TS(2)

Vref1 = zie rekenmodel = 603 kN

Vref2 = " = 260 kN

Mref = " = 1284 kNm

11. LM1 UDL(2)

Gelijk aan LM1 UDL(1)

④ Belasting combinaties *

BC1 = 1,35 · EG + 1,35 · RB + 1,35 · TS(2) + 1,35 · 0,4 · UDL(1)

BC2 = 1,35 · EG + 1,35 · RB + 1,35 · 0,8 · TS(2) + 1,35 · UDL(1)

*) Overige belastingscombinaties niet maatgevend of opgenomen doordat de overige verdiepingen niet beschouwd zijn in dit rapport

⑤ Uitwerkingen belasting combinaties

* Berekening Md

BC1 = (1,35 · 28,35) + (1,35 · 38,7) + (1,35 · 1284) + (1,35 · 0,4 · 305) = 2069,6 kNm

BC2 = (1,35 · 28,35) + (1,35 · 38,7) + (1,35 · 0,8 · 1284) + (1,35 · 305) = 1969,9 kNm

BC1 is maatgevend

* Berekening Vd

BC1 = (1,35 · 12,6) + (1,35 · 52,8) + (1,35 · 603) + (1,35 · 0,4 · 150) = 983 kN

BC2 = (1,35 · 12,6) + (1,35 · 52,8) + (1,35 · 0,8 · 603) + (1,35 · 150) = 942 kN

BC1 is maatgevend

[redacted]

* Berekening 4d (doorbuiging)

Niet beschouwd.

⑥ Toetsing 1

Max toelaatbare spanning

$\sigma_{s;d} \leq f_{s;d}$.

$\sigma_{s;d} = \frac{M_d}{W_y}$ $\quad f_{s;d} = 120\ N/mm^2$ [NP50]

$M_d = 2069{,}6 \cdot 10^6\ Nmm$

$W_y = 5492 \cdot 10^3\ mm^3$ [NP50]

$\sigma_{s;d} = \frac{2069{,}6 \cdot 10^6}{5492 \cdot 10^3} = 376{,}8\ N/mm^2 \not\leq 120\ N/mm^2$ Voldoet Niet

⑦ Toetsing 2

Toelaatbare dwarskracht (afschuiving)

$V_{z;pl;d} = A_w \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}}$

$A_w = 2 \cdot (A - 2(b_f - t_w - 2r)t_f)$

$= 2 \cdot (180 \cdot 10^2 - 2(185 - 18 - 2 \cdot 18)27 = 21852$

$V_{z;s;d} \leq 0{,}5\ V_{z;pl;d}$

$983\ kN \leq 0{,}5 \cdot (21852 \cdot \frac{120}{\sqrt{3}} \cdot 10^{-3})$

$983\ kN \not\leq 757\ kN$ Voldoet Niet

[redacted]

[redacted]

⑧ Toetsing 3

Toelaatbare doorbuiging

Niet beschouwd.

⑨ Toetsing 4

Kipstabiliteit volgens NEN 6770

Niet beschouwd.

[redacted]

Toelaatbare aslast

In huidige staat, op langsliggers

Uitgaande van aannames uit berekening.

M_b toelaatbaar $= 120 \cdot 10^{-6} \cdot 2746 \cdot 10^{3} = 329.5$ kNm

- Uitgaande van 1 Profiel NP50

- $q_{i,k}$ = 9 kN/m²
- $q_{e,g}$ = 1,4 kN/m²

BC1 → $329,5 - (1,35 \cdot 41,5) - (1,35 \cdot 0,4 \cdot 160) = 187,0$ kNm

$M_{rep} = 187/1,35 = 138,6$ kNm

$V_{rep} = 138,6/(7,7 - 0,6) = 19,5$ kN

Aslast $= \frac{19,5}{0,8} \cdot 2 = 48,7$ kN

≈ 5 ton

- Uitgaande van 2,5 Profiel NP50

BC2 → $(329,5) - (1,35 \cdot 41,5) - (1,35 \cdot 128) = 100,7$ kNm

$M_{rep} = 100,7/(1,35 \cdot 0,8) = 93,2$ kNm

$V_{rep} = 93,2/(7,7 - 0,6) = 13,1$ kNm

Aslast $= ((13,1 \cdot 2,5)/0,8) \cdot 2 = 82,1$ kN

≈ 8,2 Ton.

[redacted]

Toelaatbare aslast

In huidige staat, OP oplegbalk, incl. langsliggers.

Uitgaande van aannames uit berekening

M_b toelaatbaar $= 120 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 2746.10^3 = 659$ kNm

BC1 $\Rightarrow 659 - (1{,}35 \cdot 28{,}35) - (1{,}35 \cdot 98{,}7) - (1{,}35 \cdot 0{,}4 \cdot 305) = 322{,}8$ kNm

$M_{rep}^{*} = 322.8 / 1{,}35 = 239$ kNm

$V_{rep} \rightarrow F_1$ (uit reken model) [18.6% van 48] $= 8{,}9$ kN

F_2 (" ") [18.6% van 96] $= 17{,}9$ kN

F_3 (" ") [18.6% van 240] $= 44{,}7$ kN

*) $M_{max} = 1284$, $M_{rep} = 239$ } 18.6 %

Uitgaande van 1 Profiel

$V_{rep} = 44{,}7$ kN

Aslast $= \left(\frac{44{,}7}{2 \cdot 0{,}8}\right) \cdot 2 = 55{,}8$ kN

≈ 56 Ton

Uitgaande van 2,5 Profiel

$V_{rep} = 17{,}9$ kN

Aslast $= \left(\frac{17{,}9 - 2{,}5}{2 \cdot 0{,}8}\right) \cdot 2 = 55{,}9$ kN

$\approx 5{,}6$ Ton

5 ton voor de langsliggers is maatgevend!

Bijlagen

Bijlagen 1

Profiel en materiaal eigenschappen.

Brongegevens:
Ijzerconstructies door H J. van der Veen, vierde druk 1914.
Blz 19, 20 en 400.

Zoodra de kracht ophoudt te werken, wordt de spanning nul en de staaf herneemt haren ouden vorm. Wordt de kracht G en dus eveneens de spanning k steeds grooter, dan bereikt de spanning k eindelijk eene grens, waar de staaf bij het wegnemen van G haren ouden vorm niet meer herneemt, zij blijft uitgerekt. Deze grens noemt men de „grens der elasticiteit $= k_e$".

Men mag eene staaf nooit zoo hoog belasten, dat de spanning de grens der elasticiteit k_e bereikt.

Wordt het gewicht G voortdurend grooter genomen, zoo is de uitrekking niet meer evenredig aan G en de spanning k; de spanning wordt eindelijk zoo groot, dat de staaf breekt. Deze spanning noemt men de breukspanning of breukmodul. Zij bedraagt bij welijzer 3300 à 4000 KG.; de staaf is dan minstens 10 % uitgerekt.

Neemt men nu aan, dat men de staaf steeds meer en meer belasten kan, zonder dat de grens der elasticiteit overschreden wordt, dan zal de staaf hoe langer zoo meer uitgerekt worden, naar gelang G en dus ook de spanning k grooter wordt. De spanning welke in de staaf zou heerschen op het oogenblik, dat zij tot hare dubbele lengte uitgerekt zou zijn, wordt de „Elasticiteitsmodul $= E$" genoemd. Men beschouwe steeds de elasticiteitsmodul E evenals de breukmodul als eene spanning, zij wordt dus uitgedrukt in KG./cM².

Gemiddelde waarden der elasticiteitsmodul, der breukspanning en van de grens der elasticiteit voor gietijzer, welijzer, vloeijzer en vloeistaal zijn in de volgende tabel aangegeven.

Materiaal	Elasticiteits-modul KG./cM².	Breukspanning.		Grens der Elasticiteit. KG./cM².
		Getrokken KG./cM².	Gedrukt KG./cM².	
Gietijzer . . .	1000000	1350	7500	bestaat niet.
Welijzer . . .	2000000	3600	3600	1300—1700
Vloeijzer . .	2000000	4000	4000	2000—2400
Vloeistaal . .	2200000	5000—8000	5000—8000	2500—4200

Zooals reeds aangegeven werd, mag de spanning in een materiaal nooit de grens der elasticiteit bereiken.

De spanningen, welke in den regel veroorloofd zijn voor de verschillende ijzersoorten, de z.g. **veroorloofde spanningen,** zijn in de volgende tabel aangegeven:

Materiaal.	Veroorloofde spanningen.			
	Trekspanning k in KG./cM².	Drukspanning k_d in KG./cM².	Buigspanning k_b in KG./cM².	Schuifspanning k_z
Gietijzer . . .	250	500	250	k_z is gelijk aan $4/5 \times k$.
Welijzer . . .	1000	1000	1000	
Vloeijzer . .	1000—1200	1000—1200	1000—1200	
Vloeistaal . .	1200—1500	1200—1500	1200—1500	

Is eene staaf aan eene zeer wisselende belasting onderhevig, zoodat er telkens nu eens trek-, dan weder drukspanningen in heerschen, dan is het beter de zooeven gegeven waarden met 30 % te verminderen.

De in bovenstaande tabel voor de veroorloofde spanningen aangegeven waarden kunnen steeds gebruikt worden, indien het gemeentelijk bouwtoezicht de grootte der veroorloofde spanningen niet aangeeft en men deze dus zelf mag vaststellen. De hoogste voor vloeijzer en vloeistaal aangegeven veroorloofde spanningen gebruikt men slechts, indien het materiaal aan eene strenge keuring, door het nemen van trekproeven enz., onderworpen wordt.

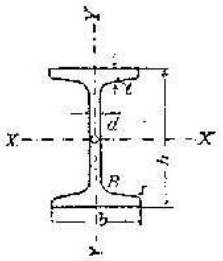
§ 6.

Het weerstandsvermogen tegen trekken en drukken.

Noemt men de doorsnede van eene getrokken of gedrukte staaf **F**, uitgedrukt in cM². en de op de staaf werkende kracht of staafkracht **S** in KG., dan zal, indien men aanneemt, dat de staafkracht zich gelijkmatig over de doorsnede verdeelt, de op 1 cM². werkende staafkracht, de spanning k, gelijk zijn aan de staafkracht gedeeld door de doorsnede F, dus

$$\text{spanning} = \frac{\text{staafkracht}}{\text{doorsnede}} \text{ of } \qquad k = \frac{\mathbf{S}}{\mathbf{F}} \qquad (1$$

3. Balkijzer. (Normaalprofielen).



$R = d$; $r = 0{,}6\,d$.

Helling van de binnenkanten der flenzen $= 14\,\% = 1 : 7$.

Hoogte h cM.	Breedte b cM.	Dikte lijf d cM.	Dikte flens t cM.	Doorsnede F cM²	Gewicht per strek. meter KG.	Traagheidsmoment cM⁴. J_x	J_y	Weerstandsmoment cM³. W_x	W_y	Traagheidsradius cM. i_x	i_y	N°.
8	4,2	0,39	0,59	7,58	5,95	77,8	6,29	**19,5**	3,00	3,20	0,91	8†
9	4,6	0,42	0,63	9,00	7,07	117	8,78	**26,0**	3,82	3,61	1,00	9
10	5,0	0,45	0,68	10,6	8,32	171	12,2	**34,2**	4,88	4,01	1,07	10†
11	5,4	0,48	0,72	12,3	9,66	239	16,2	**43,5**	6,00	4,41	1,15	11
12	5,8	0,51	0,77	14,2	11,15	328	21,5	**54,7**	7,41	4,81	1,23	12†
13	6,2	0,54	0,81	16,1	12,64	436	27,5	**67,1**	8,87	5,20	1,31	13
14	6,6	0,57	0,86	18,3	14,37	573	35,2	**81,9**	10,7	5,61	1,40	14†
15	7,0	0,60	0,90	20,4	16,01	735	43,9	**98,0**	12,5	6,00	1,47	15
16	7,4	0,63	0,95	22,8	17,90	935	54,7	**117**	14,8	6,40	1,55	16†
17	7,8	0,66	0,99	25,2	19,78	1166	66,6	**137**	17,1	6,80	1,63	17
18	8,2	0,69	1,04	27,9	21,90	1446	81,3	**161**	19,8	7,20	1,71	18†
19	8,6	0,72	1,08	30,6	24,02	1763	97,4	**186**	22,7	7,60	1,80	19
20	9,0	0,75	1,13	33,5	26,30	2142	117	**214**	26,0	8,00	1,87	20†
21	9,4	0,78	1,17	36,4	28,57	2563	138	**244**	29,4	8,40	1,95	21
22	9,8	0,81	1,22	39,6	31,09	3060	162	**278**	33,1	8,80	2,02	22†
23	10,2	0,84	1,26	42,7	33,52	3607	189	**314**	37,1	9,21	2,10	23
24	10,6	0,87	1,31	46,1	36,19	4246	221	**354**	41,7	9,59	2,20	24†
25	11,0	0,90	1,36	49,7	39,01	4966	256	**397**	46,5	10,00	2,27	25
26	11,3	0,94	1,41	53,4	41,92	5744	288	**442**	51,0	10,4	2,32	26†
27	11,6	3,97	1,47	57,2	44,90	6626	326	**491**	56,2	10,8	2,40	27
28	11,9	1,01	1,52	61,1	47,96	7587	364	**542**	61,2	11,1	2,45	28†
29	12,2	1,04	1,57	64,9	50,95	8686	406	**596**	66,6	11,6	2,50	29
30	12,5	1,08	1,62	69,1	54,24	9800	451	**653**	72,2	11,9	2,56	30†
32	13,1	1,15	1,73	77,8	61,07	12510	555	**782**	84,7	12,7	2,66	32†
34	13,7	1,22	1,83	86,8	68,14	15695	674	**923**	98,4	13,5	2,80	34†
36	14,3	1,30	1,95	97,1	76,22	19605	818	**1089**	114	14,2	2,90	36†
38	14,9	1,37	2,05	107	84,00	24012	925	**1264**	131	15,0	3,02	38†
40	15,5	1,44	2,16	118	92,63	29213	1158	**1461**	149	15,7	3,13	40†
42,5	16,3	1,53	2,30	132	103,62	36973	1437	**1740**	176	16,7	3,30	42½
45	17,0	1,62	2,43	147	115,40	45852	1725	**2037**	203	17,7	3,43	45
47,5	17,8	1,71	2,56	163	127,96	56481	2088	**2378**	235	18,6	3,60	47½
50	18,5	1,80	2,70	180	141,30	68738	2478	**2750**	268	19,6	3,72	50
55	20,0	1,90	3,00	213	167,21	99184	3488	**3607**	349	21,4	4,02	55
60	21,5	2,16	3,24	254	199,40	138975	4668	**4632**	434	23,4	4,30	60

De met † gemerkte nummers zijn in elke lengte tot 12 M. in de magazijnen in Nederland voorradig.

Bijlage 2

Foto's aangetroffen situatie.



Foto 1: Onbekende status van de klinknagels. Origineel zijn dit 4 rijen klinknagels.

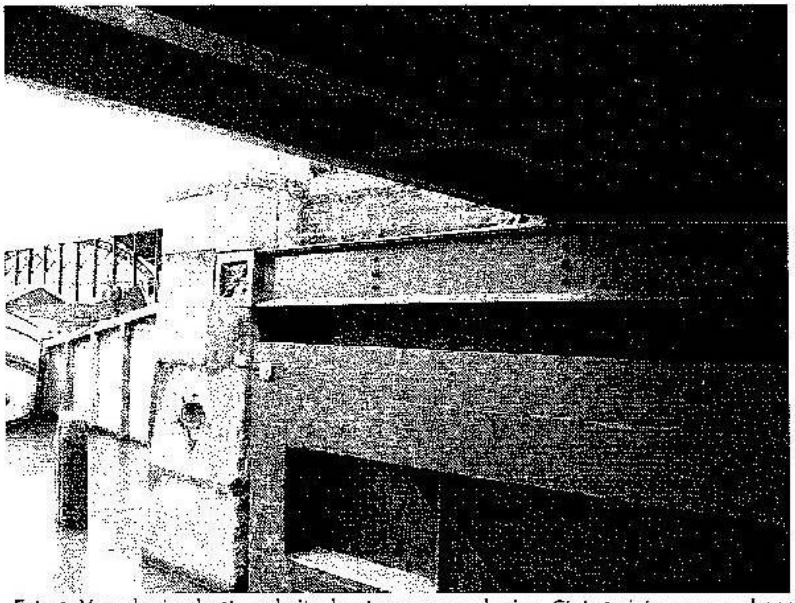


Foto 2: Verankering bestaand uit 3 bouten per verankering. Status niet waarneembaar.



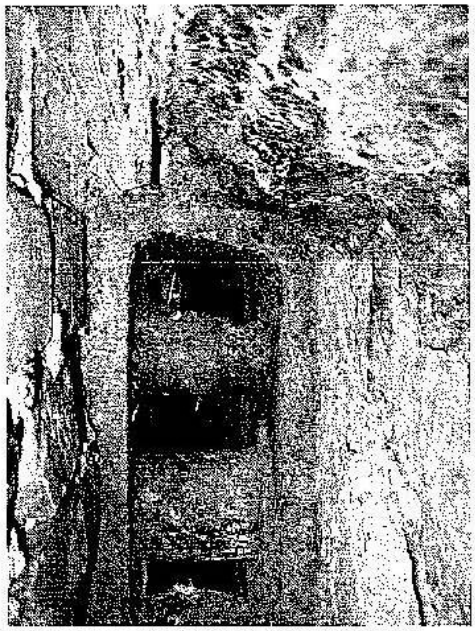


Foto 3 en 4: De enige verankering die controleerbaar is. Status zeer gecorrodeerd. Nader onderzoek noodzakelijk om aan te geven of de verankering rekenkundig mee werkt aan stijfheid van de constructie.

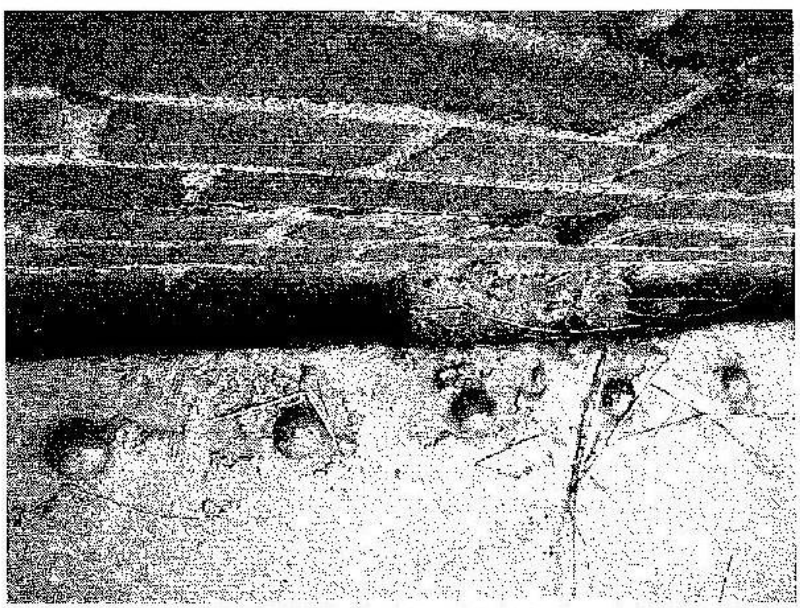


Foto 5: Bovenaanzicht van verankering. Zichtbaar zijn de klinknagels in de flens van het profiel. Echter zijn op foto 4 de klinknagels aan de binnenzijde van het profiel niet meer zichtbaar. Dit geeft aan dat de klinknagels niet rekenkundig meegenomen mogen worden in de berekening.