Gemeente Amsterdam

Bezoekadres
Weesperstraat 430
1018 DN Amsterdam

Postbus 12693
1100 AR Amsterdam
Telefoon 14 020
amsterdam.nl/ingenieursbureau

Notitie

Aan	5.1,2,e 5.1,2,e
Van	5.1,2,e Ingenieursbureau, 5.1,2,e 5.1,2,e @amsterdam.nl
Kopie aan	5.1,2,e (5.1,2,e
Datum	7 februari 2022
Ons kenmerk	NOT-Constructieve beschouwing schademelding Brug 2484 dd 02-02-2022
Bijlage(n)	-

Onderwerp Constructieve beschouwing schademelding Brug 2484 dd 02-02-2022

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
5.1,2,e			

voorlopig

NOTITIE 1

1. **Inleiding** 2

2. **Waargenomen schade** 2

3. **Referenties** 3

4. **Onderzoek** 4
   - 4.1 Beschrijving nok constructie en wapening (ref. 3, 4) 4
   - 4.2 Ontwerpberekening (ref. 2) – belastingen op nok 6
   - 4.3 Ontwerpberekening (ref. 2) – berekening nok 7
   - 4.4 SCIA berekening krachtwerking oplegzone LH1 10
   - 4.5 Globale toetsing wapening 11

5. **Conclusies** 12

1. Inleiding

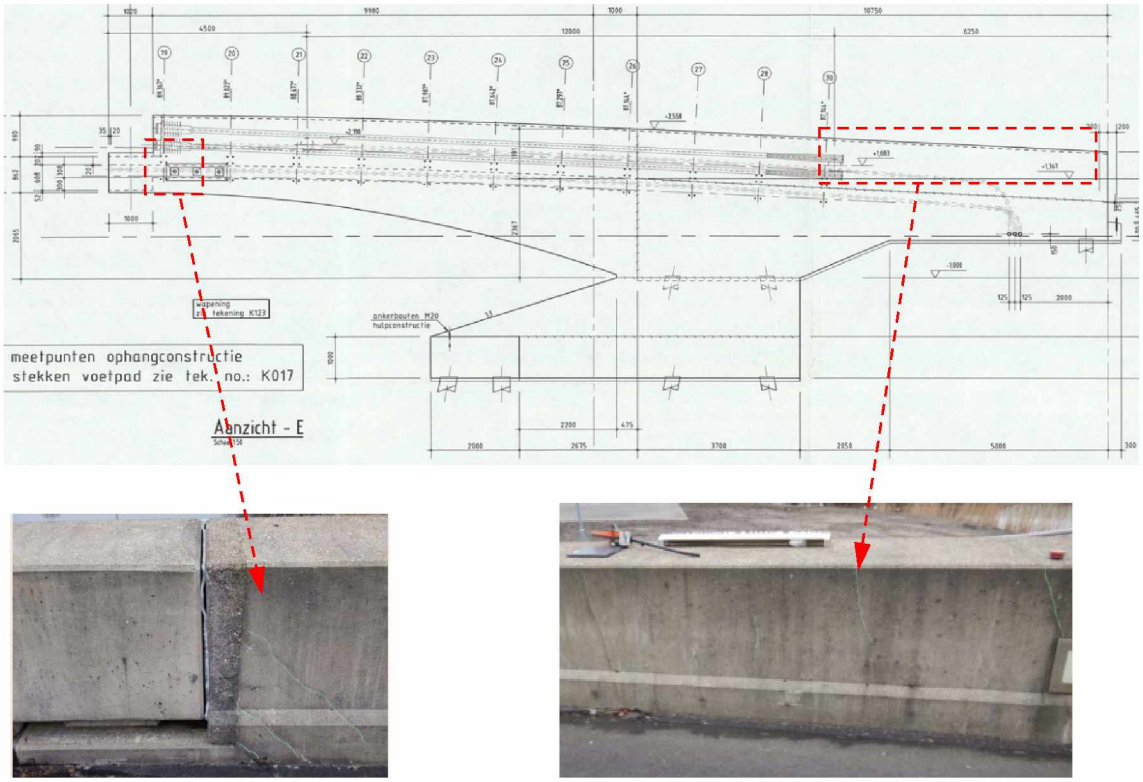
Bij een recente inspectie van brug 2484, bouwjaar ca. 2005, is forse scheurvorming waargenomen bij een tandoplegging, onderdeel van de primaire draagconstructie. Op basis van de gemelde scheurvorming uit het inspectierapport en een korte kwalitatieve beschouwing van de constructieve opbouw van de tandconstructie door IB is besloten om de brug op korte termijn af te sluiten voor verkeer en de sterkte van de tandconstructie kwantitatief te beschouwen.

Brug 2484 is een betonnen brug met 1 overspanning bestaande uit 2 betonnen voorgespannen langsliggers met ertussen een betonnen rijdek; aan de zijkanten zijn een fiets-/voetpad bevestigd. De brug is ontworpen voor verkeersklasse 45 en wordt gebruikt door busverkeer.
Op ca. een derde van de overspanning is een verbinding gecreëerd met een tand- nokconstructie. Het westelijke deel is een uitkragende constructie waar het oostelijk deel van het rijdek en liggers is opgelegd. Dit object dateert uit ca. 2005 volgens de archiefinformatie (DMS).

2. Waargenomen schade

Er zijn diagonale scheuren met een wijdte van maximaal 0.7 mm (zonder belasting door verkeer) waargenomen bij de nokopleggingen (uit foto's blijkt beide zijden) van het westelijke landhoofd. Verticale scheuren met een wijdte van 0.2 mm zijn opgetreden aan de bovenzijde van de randbalk van het landhoofd, waarschijnlijk in de zone achter de voorspanning.
De diagonale scheuren in de gewapende nok zijn zowel aan de binnenzijde (wegzijde) als de buitenzijde zichtbaar. In het inspectierapport wordt gesteld dat de schadebeelden duiden op dwarskrachtscheuren. Daarnaast wordt gesteld dat op een aantal locaties wapening onvoldoende verankeringslengte heeft. De verticale scheuren zijn constructief niet kritisch; de diagonale scheurvorming is dat wel. De constructie wordt tav. dit aspect tegen het licht gehouden.
De overeenkomstige tanden van het ingehangen brugdeel zijn voorgespannen (de nokken niet) en vertonen geen scheurvorming.

(tek. K124 – wapening landhoofden as 1)



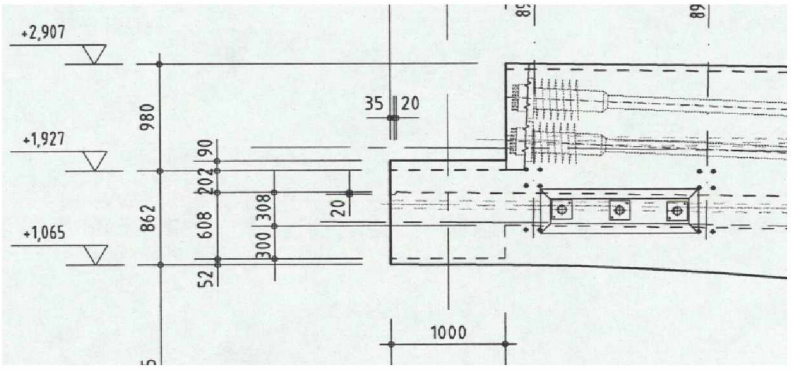
3. Referenties

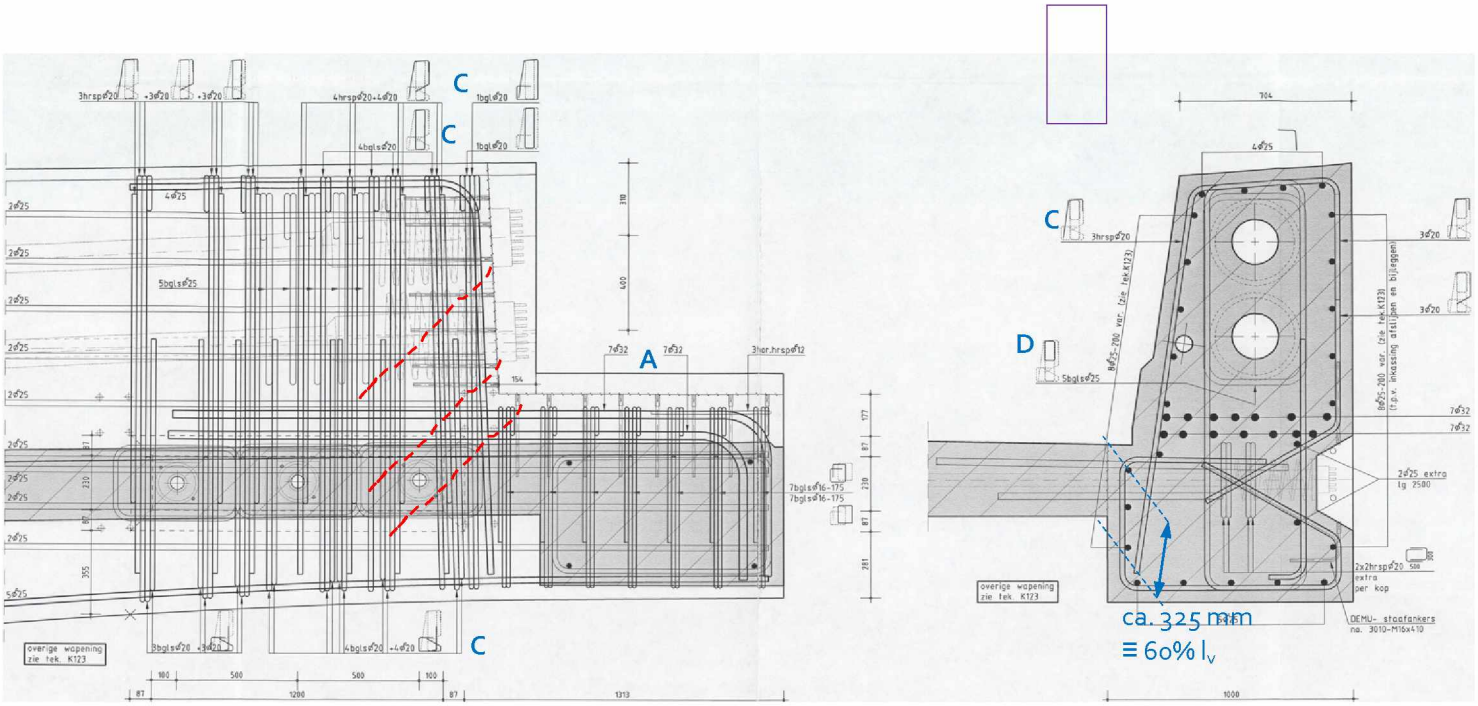
1) BRU2484_inspectiebevinding_20220125 - aan OG dd 2 feb 2022
2) BRU2484_Detailberekening-landhoofd-as-1-BRU2484_1639990968
3) BRU2484_SN00155950_00001_1639990489 – Maatvoering trog as 1/2
4) BRU2484_SN00156241_00001_1639991133 – Wapening landhoofd as 1

4. Onderzoek

4.1 Beschrijving nok constructie en wapening (ref. 3, 4)

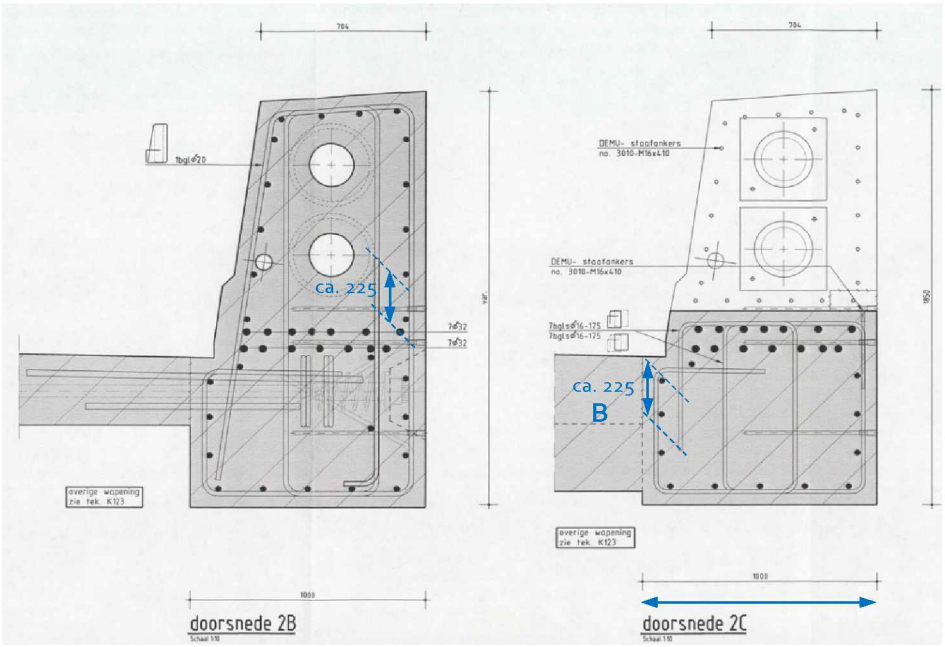
Aan beide zijden van de brug bij het westelijk landhoofd zijn de voorgespannen langsliggers met een tand opgelegd op een nok van het landhoofd. Deze tanden zijn voorgespannen en vertonen geen scheurvorming.





Opmerking:

de aangegeven wapening ([4]) lijkt niet overeen te komen met de in de bijbehorende detailberekening ([2]) bepaalde ophang- en kopsplijtwapening (op basis van staven ϕ25).



ϕ20, B65 =>
l_v = ca. 520 mm

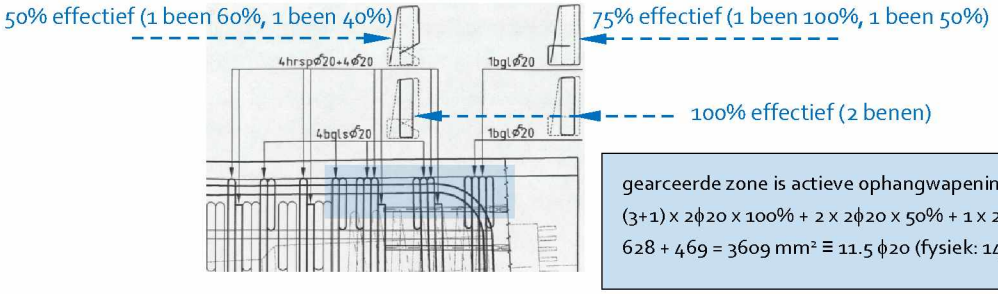
De volle doorsnede van de langsbalk achter de nok is voorgespannen met 2 spanelementen 22 x 150 mm²; in de vloer achter de nok is dwarsvoorspanning aangebracht.

Toegepaste en effectieve wapening:

A. Momentwapening in de nok: 2 x 7 ϕ32

B. Dwarskrachtwapening in de nok: 7 x 2 bgls ϕ16-175
- wapening dient ook als ophangwapening voor de verzwaarde rand dekvloer (detaillering niet optimaal)
- één beugelbeen heeft een onvolledige overlapping: ca. 50% effectief

C. Ophangwapening in de kop van de langsbalk: 1 + 4 gesloten binnenbgls ϕ20, 1 + 4 samengestelde buitenbeugels
- Diverse beugelbenen hebben onvolledige overlapping: beugels zijn maar deels effectief



gearceerde zone is actieve ophangwapening (zie volgende)
(3+1) x 2ϕ20 x 100% + 2 x 2ϕ20 x 50% + 1 x 2ϕ20 x 75% => 2512 + 628 + 469 = 3609 mm² ≡ 11.5 ϕ20 (fysiek: 14 ϕ20)

D. Splijtwapening bij voorspankoppen 5 ϕ25 (boven in doorsnede rond spankoppen)
- systeemwapening cf. Attest voorspansysteem lijkt te ontbreken; specificatie onbekend

4.2 Ontwerpberekening (ref. 2) – belastingen op nok

Belastingen op de nok

Rustende belasting vanuit inhangligger: $F_{b1;rep}$ = 1074 kN (par. 5.3.2)
Mobiele belasting: $F_{mb1;rep}$ = 232 kN (par. 5.4.1) } => ?
$F_{mb;rep}$ = 419 kN (par. 5.4.1) } => ?

Bij berekening nok $F_{v;rep}$ = 1500 kN (Bijlage 7.1) ≈ 1074 + 419 kN ok

Voorspanbelasting op kop hoofdligger: F_{vsp} = ca. 2 x 3300 mm² x 1250 N/mm² (werkvoorspanning)

Controles belastingen:

EG_{dek} = ca. (2 x $A_{langsligger}$ + $A_{rijvloer}$) x $L_{dek;gem}$ x γ_{beton} =
= ca. (2 x 1.65 m² + 6.8 x 0.335 m²) x ca. 26.63 m x 25 kN/m³ = 3714 kN
RB_{asfalt} = d_{asfalt} x B x L x γ_{asfalt} = 0.1 m x 3.7 m x 25.63 m x 23 kN/m³ = 218 kN

=> oplegreactie per hoekpunt trogbrug = ca. ¼ x (3714 + 218) = 990 kN (excl. fiets-/voetpad) ≈ ok
Mobiele belasting klasse 45, schatting:

dubbele aslasten 150 kN bij voeg dek-LH + q_{mb} = 9 kN/m' =>
$F_{mobiel;nok}$ = 80% x (2 x 150 kN + 150 kN x 20/26 + 9 kN/m' x ½ x 25.63 m) x $C_{1.15}$ = 488 kN per nok

Huidige gebruik door busverkeer (aslasten 12/7.5 ton, wielbasis 6 m):

$F_{mobiel;nok}$ = $S_{1.3}$ x (120 kN + 75 kN x 20/26) = 231 kN per nok

Resulteert:

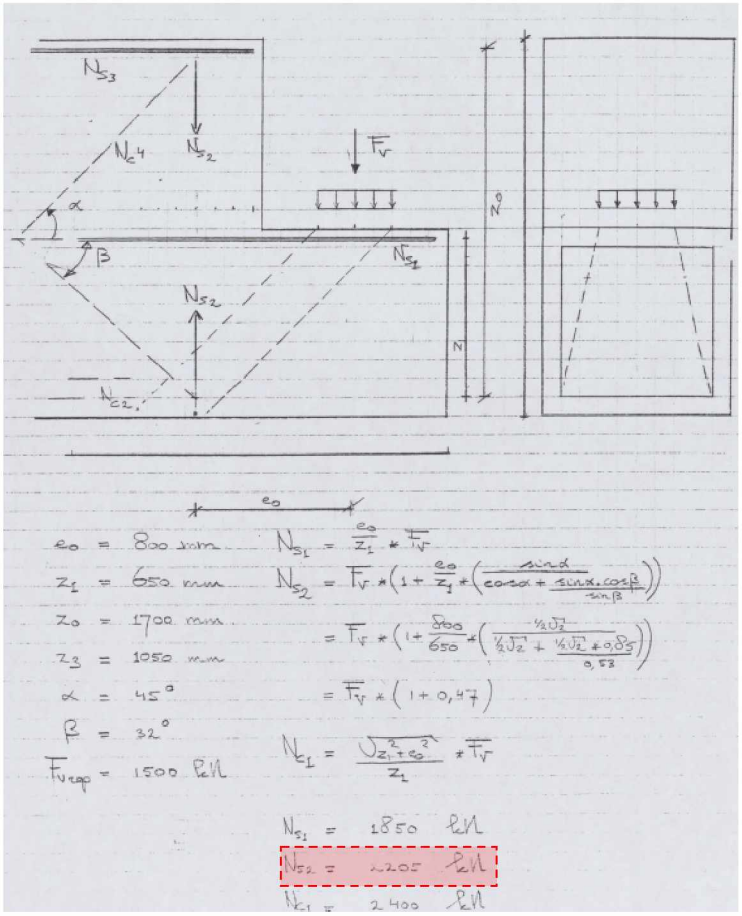
Ontwerpberekening $F_{v;nok;rep}$ = 1500 kN
Huidig gebruik ca. 1074 + 232 = 1300 kN

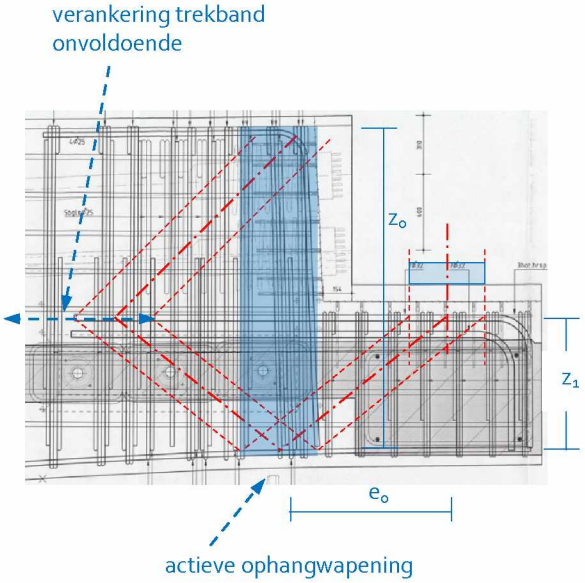
Conclusies: grootte-orde belastingen uit ontwerpberekening klopt

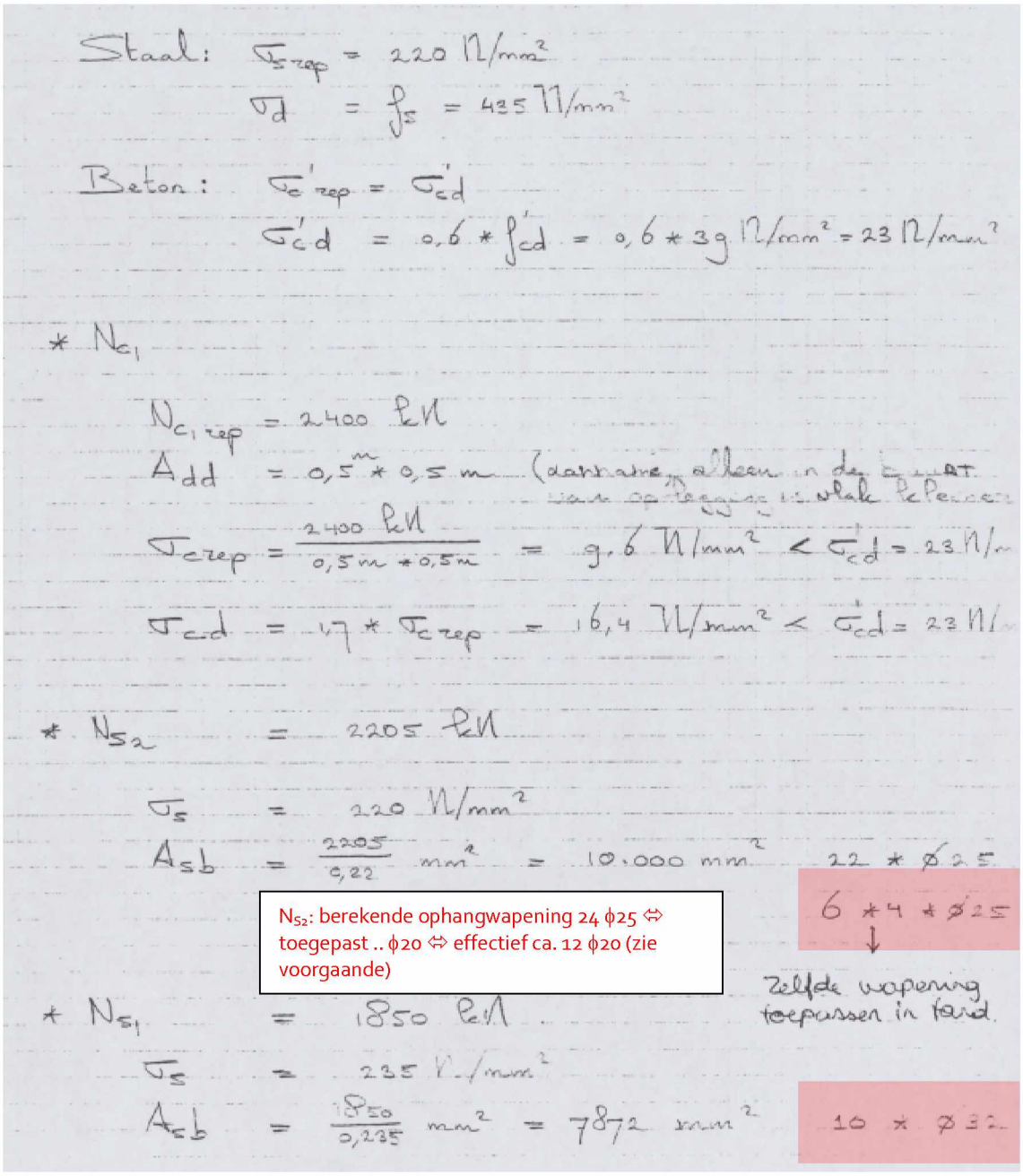
4.3 Ontwerpberekening (ref. 2) – berekening nok

Bij de berekening van de nok is een in beginsel correct vakwerkmodel is gehanteerd; de benodigde trek- en ophangwapening is bepaald op basis van gereduceerde staalspanningen. Op grond van de ontwerpberekening zou de constructie in staat moeten zijn om correct te functioneren, zonder excessieve scheurvorming.

Onderstaand is het vakwerkmodel uit het ontwerprapport overgenomen op de wapeningstekening. Daaruit blijkt dat de tandwapening onvoldoende verankerd is (buiten zone drukbanden). Dit lijkt echter niet de oorzaak van de opgetreden schade.





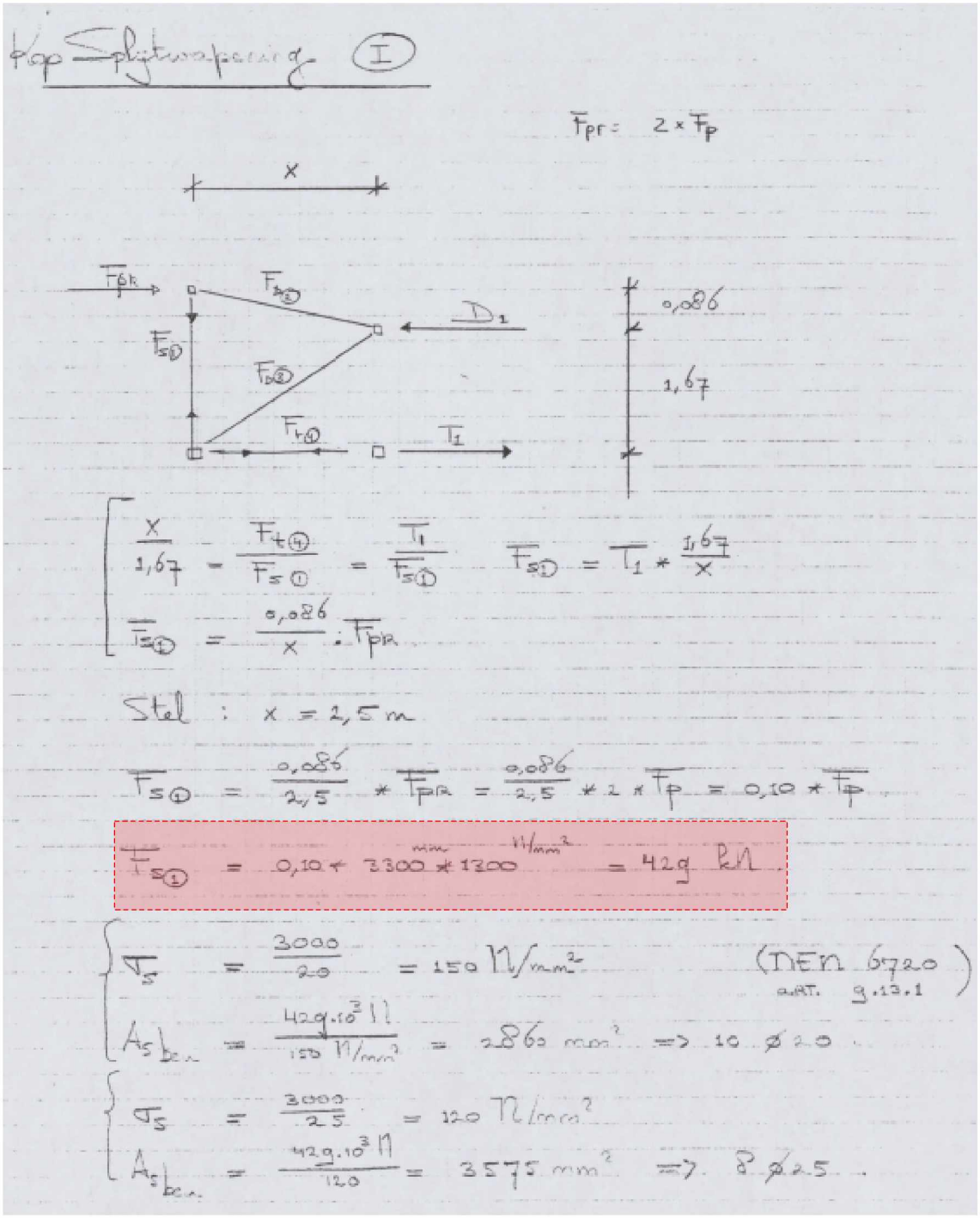


N_{s2}: berekende ophangwapening 24 ϕ25 ⇔ toegepast .. ϕ20 ⇔ effectief ca. 12 ϕ20 (zie voorgaande)

N_{s1}: berekende trekbandwapening 10 ϕ32 ⇔ toegepast 2 x 7 ϕ32 in 2 lagen (met kleinere effectieve hefboomsarm) => ≈ voldoet

(verankeringslengte cf. vakwerkmodel te klein)

Naast de krachtwerking vanuit de nok-/tandoplegging treedt er in de verticale wapening bij het kopvlak van de ligger bijkomende krachtwerking vanuit de excentrisch aangebracht voorspanning:

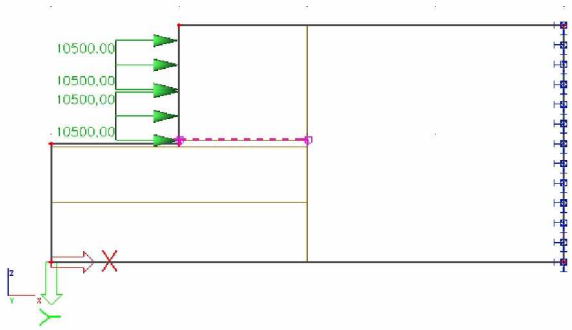


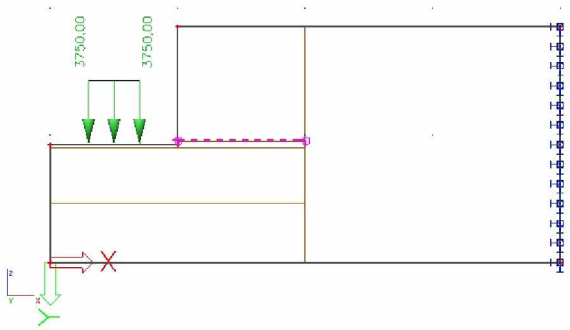
=> Verticale kopsplijtkracht $F_{kop;rep}$ = 429 kN; bijbehorende wapening 8 ϕ25 bepaald op basis van lage staalspanning => ok.

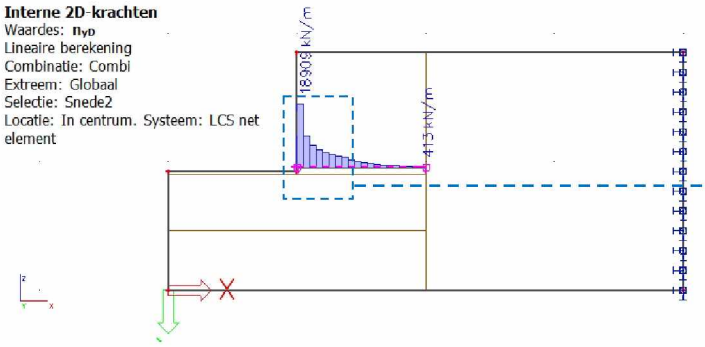
4.4 SCIA berekening krachtwerking oplegzone LH1

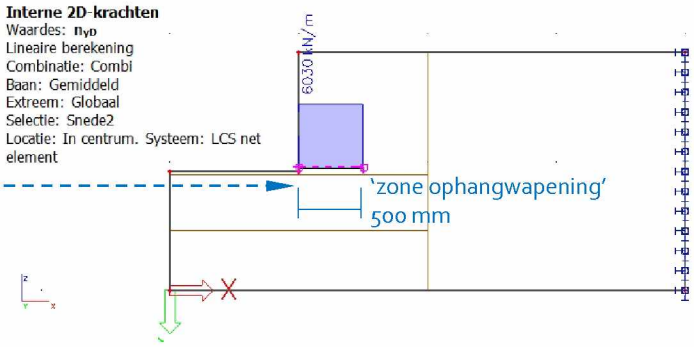
De krachtwerking in de oplegzone voor de trogligger van het brugdek wordt aanvullend onderzocht aan de hand van een SCIA model:

- LE, ongescheurd
- Geometrie cf. [3]; schijfelement met dikte 1 m
- $F_{v;rep;oplegnok}$ = 1500 kN verdeeld over 400 mm breedte oplegblok => $q_{opleg;rep}$ = 1500 / 0.4 = 3750 kN/m
- Voorspanning: 2 x F_{vsp}; $F_{vsp} = A_p \times \sigma_{vsp}$ = ca. 3300 mm² x ca. 1200 N/mm² x 10^{-3} ≡ 4000 kN; Verdeeld over hoogte ankerplaat 0.38 m => q_{vsp} = 4000 / 0.38 = 10500 kN/m'



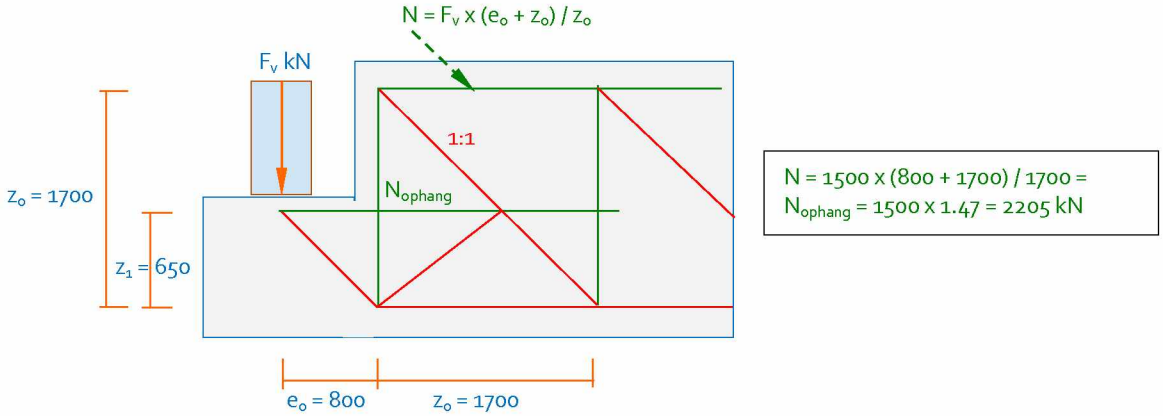






Resulterende verticale trekkracht in (500 mm lang aangenomen) zone ophang-/verticale splijtwapening is 6030 kN/m x 0.500 m = 3000 kN.
Deze waarde is redelijk in overeenstemming met de resulterende waarde van 2630 kN (ophangkracht + kopsplijtkracht) bepaald op basis van de ontwerpberekening (zie volgende paragraaf). Uit het verloop van de resulterende verticale trekkracht vanaf het kopvlak blijkt dat concentratie van de ophangwapening nabij het kopvlak is aan te raden.

4.5 Globale toetsing wapening



Kracht in ophangwapening:

Ontwerpberekening ($F_{v;rep}$ = 1500 kN) $N_{ophang;rep} = N_{s;2}$ = 2205 kN
Huidig gebruik (($F_{v;rep}$ = ca. 1300 kN) $N_{ophang;rep} = N_{s;2}$ = 1910 kN

Kracht in kopsplijtwapening:

Ontwerpberekening $F_{v;kop;rep}$ = 429 kN

Resulteert (op basis van gebruikswaarden) 1910 + 429 = ca. 2300 kN (/2630 kN ontwerpberekening). Aan de hand van de SCIA-modellering: ca. 3000 kN

Grenscapaciteit effectieve ophangwapening (vloeispanning wapening):

$F_{Rd} = A_{s;eff} \times f_{yd} = 3609 \times 435 \times 10^{-3} = 1570$ kN < $N_{s;2}$ (gebruikswaarde!)

Ofwel, de capaciteit van de als effectief beoordeelde wapening is ook bij maximale uitnutting (vloeispanning wapening) niet voldoende voor het opnemen onder de huidige gebruiksbelastingen.

5. Conclusies

(concept):

1. de in het ontwerprapport [2] bepaalde wapening (ophangwapening 24 ϕ25, kopsplijtwapening 8 ϕ25 en trekwapening nok 10 ϕ32) is conservatief gedimensioneerd en voldoende; de op tekening [4] aangegeven ophangwapening lijkt hiermee niet in overeenstemming te zijn.
2. de als 'effectief' beoordeelde ophangwapening (≡ 12 ϕ20) is, ook wanneer deze maximaal wordt uitgenut (vloeispanning), ruim onvoldoende voor het opnemen van de gebruiksbelasting vanuit het dek op de nok
3. de constructieve veiligheid van de constructie is onvoldoende; constructieve maatregelen zijn vereist.