Definitief
Versie 1.0
mei 2011
166188

Gemeente Amsterdam

Ingenieursbureau

Constructies Stad

Herberekening Brug 8, Raadhuisstraat, Op houtenpalen gefundeerde staalbeton brug

Verlaging van referentieperiode tot 15 jaar voor Brug 8

Auteur

[redacted]

Opdrachtgever

DIVV

Projectnummer

30421

Documentnummer: 166188			
autorisatie	naam	paraaf	datum
opstelling	[redacted]		
controle			
vrijgave			

Samenvatting

Bij de beoordeling van Brug 8 is uitgegaan van o.a. de Eurocode verkeersbelasting volgens NEN 6706, de grondslagen van het beoordelen van bestaand kunstwerk volgens NEN 8700 en de Nederlandse Praktijk Richtlijnen (ontwerp). Daarbij dient bij de berekeningen uitgegaan te worden van een restlevensduur van 1 jaar (voor de hele brug) en een referentieperiode van 15 jaar (voor wat betreft de verkeersbelasting).

Conclusies herberekening:

Onderdeel	voldoet
Betondek langs (rijrichting)	Nee
Betondek dwars (lood. op rijrichting)	Ja
Stalen liggers	Ja
Fundering (t.o.v. 100 kN)	Nee

Voor het betonnen dek wordt de afkeurgrens van 15 jaar niet gehaald en zijn er maatregelen nodig om het betondek te laten voldoen aan de huidige belastingen. Hiervoor moet het brugdek worden gemonitoord en dient het betondek voor 15 jaar te worden versterkt c.q. vernieuwd.

Voor de fundering kan worden geconcludeerd dat de bestaande houtenfundering niet voldoet aan het in de berekening aangenomen paaldraagvermogen voor houtenpalen. De bestaande paalfundering van Brug 8 moet versterkt/vernieuwd worden (waarschijnlijk op de fundering van het landhoofd na) voor de gebruiksperiode van 15 jaar. De brug moet echter van een geheel nieuwe funderingsconstructies worden voorzien wanneer een lange gebruiksperiode is gewenst.

Wanneer echter een lange gebruiksperiode (langer dan 15 jaar) voor de te renoveren brug is gewenst zullen alle stalenliggers zeer waarschijnlijk moeten worden versterkt of vervangen en het betondek wordt niet alleen in de rijrichting maar ook in de dwarsrichting van de brug voorzien van de plakwapening. Afhankelijk van de totale kosten van de renovatie kan eventueel nog worden overwogen om de bestaande brug te slopen en te vervangen met een nieuwe brug. Dit moet blijken uit de nog te maken kostenraming.

Inhoudsopgave

1	**Inleiding**	**4**
1.1.	Projectomschrijving	4
1.2.	Leeswijzer	4
2	**Basisinformatie en uitgangspunten**	**5**
2.1.	Algemene basisinformatie	5
2.2.	Bestaande situatie	5
2.3.	Indeling bestaande brug	6
2.4.	Materiaaleigenschappen	7
2.4.1.	Beton	7
2.4.2.	Betonstaal	7
2.4.3.	Stalenliggers	8
2.4.4.	Houtenpalen (landhoofd en pijler)	8
2.5.	Normen, Voorschriften en Richtlijnen	8
2.6.	Software	9
3	**Belastingen en belastingcombinatie**	**10**
3.1.	Permanente belasting Brugdek	10
3.1.1.	Eigen gewicht staalbeton brug	10
3.1.2.	Rustende belasting	11
3.1.3.	Asfalt belasting	11
3.2.	Mobiele belasting Brugdek	12
3.2.1.	Uitgangspunten voor de aan te houden mobiele belasting	12
3.2.2.	Bepaling van ψ-factor behorende bij 15 jaar referentieperiode	12
3.2.3.	Bepaling van correctiefactor αQ;i, αq;i αq;r (zie bijlage A)	12
3.2.4.	Verdeling verkeersbelasting over de rijstroken	12
3.3.	Belastingen Pijler	15
3.4.	Belastingen landhoofd	15
3.5.	Belastingcombinatie brugdek/landhoofd en pijler	16
4	**Berekeningen**	**18**
4.1.	Opzet en schematisatie	18
4.2.	Rekenresultaten	22
4.2.1.	Krachtsverdeling bovenbouw	22
4.2.2.	Krachtsverdeling Tussenpijler	23
4.2.3.	Krachtsverdeling Landhoofd	23
4.3.	Samenvatting rekenresultaten	23
5	**Toetsing brugconstructie op sterkte**	**24**
5.1.	Bovenbouw – brugdek	24
5.1.1.	Betonnen rijplaat	24
5.1.2.	Stalenliggers (profielen BP 280 (HEB) – maatgevend)	25
5.2.	Onderbouw - pijler	26
5.3.	Onderbouw - landhoofd	26

6 Conclusie en aanbevelingen 27

Bijlage A Onderzoeksrapportage Brug 8
Bijlage B Input voor berekeningen scia engineer
Bijlage C Modellering van brugdek in Scia Engineer (invoer + uitvoer)
Bijlage D Modellering van de tussenpijler in Scia Engineer (invoer + uitvoer)
Bijlage E Modellering van het landhoofd in Scia Engineer (invoer + uitvoer)
Bijlage F Toetsing van betondoorsnede (D-Bet berekening)
Bijlage G Archieftekeningen Brug 8

1 Inleiding

1.1. Projectomschrijving

Voor het project Onderzoek naar de constructieve veiligheid van de vijf bruggen in de Raadhuisstraat te Amsterdam zal IBA, in opdracht van de Dienst Infrastructuur Verkeer en Vervoer (DIVV), het vijftal bruggen herberekenen en beoordelen op hun constructieve veiligheid, conform NEN 8700. Bij de beoordeling van de bruggen 8, 22, 106, 117 en 167 wordt uitgegaan van de in april 2007 verschenen nieuwe norm (NEN 6706) voor verkeersbelastingen op bruggen en viaducten. Het oudste deel van de bruggen zijn omstreeks 1765 gebouwd en sindsdien zijn de bruggen een aantal keren gerenoveerd, aangepast of verbreed

De verkeersbelastingen volgens [redacted] 1938 en later ook [redacted] 1963 zijn vanaf 1927 aangehouden bij zowel het ontwerp van nieuwe bruggen als het renoveren van de bestaande bruggen. Vergeleken met de verkeersbelastingen van de oude normen zijn de verkeersbelastingen van de nieuwe norm NEN 6706 hoger en het ligt daarom voor de hand dat bij het beoordelen van de bestaande bruggen enige voorzichtigheid moet worden betracht. In NEN 8700 (aangevuld met de naar deze norm verwezen NPR's) zijn de nieuwe rekenregels voor de beoordeling van bestaande bruggen opgenomen. De norm verwijst naar de verkeersbelastingen van de Eurocode – zoals in NEN 6706 zijn voorgeschreven – als de aan te houden verkeersbelastingen in de berekeningen. Verder mag volgens de norm de bestaande brug worden beoordeeld op een gebruiksduur anders dan 100 jaar (de gebruiksduur van nieuwe bouw) met een minimale referentieperiode van 15 jaar.

In dit document wordt onderzocht of Brug 8 over voldoende draagcapaciteit beschikt om de verkeersbelasting volgens NEN 6706 te kunnen dragen. In de nog uit te voeren berekeningen wordt uitgegaan van een restlevensduur van één jaar en een referentieperiode van 15 jaar (voor de verkeersbelasting), e.e.a. conform NEN 8700 de nieuwe norm voor bestaande constructies.

1.2. Leeswijzer

In dit document is de herberekening van Brug 8 aan de orde gesteld. In hoofdstuk twee worden de uitgangspunten van de berekeningen geformuleerd, hoofdstuk drie gaat in op de belastingen, inclusief de aan te houden verkeersbelastingen. Hoofdstuk vier beschrijft de opzet van de berekening, de computer modellering van de brugconstructie en de rekenresultaten, hoofdstuk vijf behandelt het toetsen van de betondoorsnede. In hoofdstuk zes wordt de conclusie van deze berekening gegeven.

2 Basisinformatie en uitgangspunten

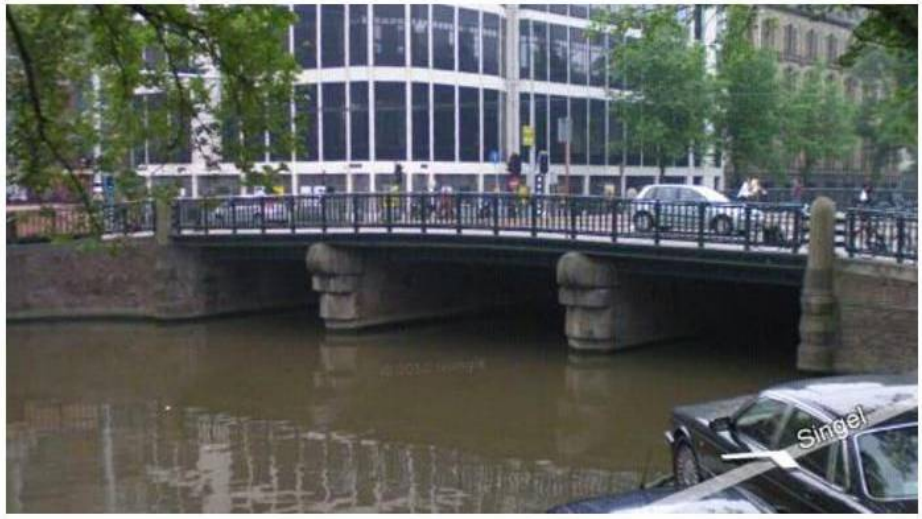
2.1. Algemene basisinformatie

In deze rapportage van de herberekening van Brug 8, is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Globale herberekening van de vijf bruggen in Raadhuisstraat inclusief Brug 8 (Rapport; document nr. 8462; project nr. 30118, datum 19 oktober 2007) uitgevoerd door IBA;
- Diverse tekeningen van Brug 8 uit Stadsarchief die zijn gevonden na het uitvoeren van archiefonderzoek;
- Onderzoeksrapportages (met projectcode: 11p014, datum 14 april 2011 en status definitief) van de materiaalonderzoeken en de visuele inspecties van de vijf bruggen in Raadhuisstraat die door het onderzoeksbureau [redacted] zijn uitgevoerd.

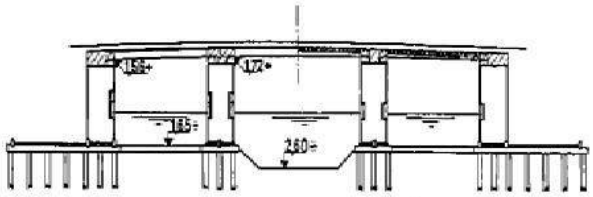
2.2. Bestaande situatie

Brug 8 ligt in de Raadhuisstraat en gaat over de Singel. De brug is een vaste brug en is uitgevoerd in een staalbeton constructie waarin de twee constructieonderdelen niet met elkaar zijn verbonden.



Deze brug is in verschillende fasen gebouwd/uitgebreid en aangepast.
De eerste brug is gebouwd omstreeks 1773, deze brug is in zijn geheel vernieuwd omstreeks 1894. Tussen 1900 en 1925 zijn er diverse aanpassingen aan de brug gedaan. In 1925 is de brug verbreed en rond 1980 is het stalen/beton dek ter plaatse van de tramsporen vervangen door in het werk gestorte brugdekken.

De brug spant over drie velden en is opgelegd op twee op houtenpalen gefundeerde landhoofden en op twee eveneens op houtenpalen gefundeerde tussenpijlers (uitgevoerd in metselwerk). De overspanningen zijn respectievelijk 5,2m, 7,0m en 5,2m en de totale lengte bedraagt ca. 20,5m.



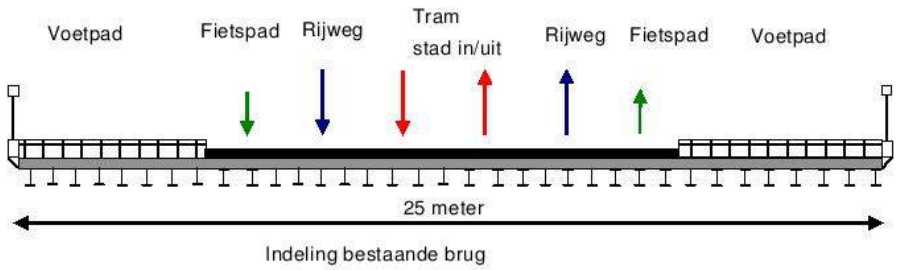
Archieftekening brug 8

2.3. Indeling bestaande brug

Het brugdek is ingedeeld in fiets- en voetgangersstroken (aan weerszijden van de brug), twee rijbanen voor het autoverkeer (in twee richtingen) en een trambaan. De breedte van een voetpad en de fietsstrook bedraagt respectievelijk 4,3 m en 2,0 m per zijde van de brug. De breedte van een autorijbaan is 3,6 m per richting en de breedte van de trambaan bedraagt 6,7 m. De totale breedte van de brug is 26,5 m.



Brugdek indeling brug 8



Indeling bestaande brug

2.4. Materiaaleigenschappen

2.4.1. Beton

Voorafgaand aan de constructieve berekening van Brug 8 heeft de firma [redacted] (materiaal)onderzoek naar de sterkte van het betonnen dek en de stalenliggers uitgevoerd. Voor het betonnen dek is een aantal monsters uitgenomen en geproefd in een laboratorium ter bepaling van de druk- en treksterktes. De resultaten uit de acht monsters zijn middels statistische berekeningen omgerekend naar de rekenwaarde van de druk- respectievelijk treksterkte (zie bijlage A). Omdat het aantal boorkernen aan de damzijde beperkt is, is in werkelijkheid de betonsterkte lager dan de genoemde waarde van B35. Omdat een lagere waarde dan B35 onwaarschijnlijk is wordt de berekening uitgevoerd met B35. Om een nauwkeurigere berekening te maken van de betonsterkte moeten er meer boorkernen worden gemaakt aan de Damzijde van de brug.

Betondruksterkte	f'_{ck} (N/mm^2)	f'_b(N/mm^2)	f_b(N/mm^2)	E_b(N/mm^2)
C28 / B35	35	21	1,4	31000

2.4.2. Betonstaal

In het betonnen dek zijn zachtstaal wapeningsstaven opgenomen. Voor de staalkwaliteit is uitgegaan van QR24. Conform RBBK versie 1.0 zijn de volgende eigenschappen afgeleid (de uit het onderzoek bepaalde vloeispanning $R_{p0,2}$ en treksterkte R_m van de wapeningsstaven vertonen grote spreiding in de resultaten):

Wapeningsstaal	f_s (N/mm^2)	E_s (N/mm^2)
QR 24	209	200000

Uit de onderzoeksresultaten van [redacted] komen de volgende gemiddelde diameters en hart op hart afstanden van de wapening voor.

	Diameter in mm	H.o.h afstand in mm
Dwarswapening	8	90
Langswapening	8	120

2.4.3. Stalenliggers

Het dek is opgebouwd uit stalenliggers. Uit de resultaten van de trekproef blijkt dat de staalkwaliteit van de liggers gelijk is aan S235. De kerfslagwaarde voldoet niet aan de eisen van constructiestaal S235. Deze waarde is van belang voor vermoeiingsberekeningen. De stalen ligger zijn ingestort in beton en hebben zich in de tijd bewezen op vermoeiing. Voor de sterkte berekening kan veilig gebruikt gemaakt worden van constructiestaal S235JR.

2.4.4. Houtenpalen (landhoofd en pijler)

Er is geen onderzoek verricht naar de fundering van brug 8.In deze rapportage is aangenomen dat het maximale paaldraagvermogen van de houtenpalen 100 kN bedraagt. Er is ook aangenomen dat de aantasting van de houtenpalen nihil is en dat de draagcapaciteit (druk) van de houtenpalen niet wordt overschreden.

Wanneer er echter onderzoeken naar de paalafmetingen, de houtsoort, de tapse toeloop van de paalschacht (van de houtenpalen) en de bacteriële aantasting worden uitgevoerd kan er een nog nauwkeurig paaldraagvermogen worden bepaald.

Voor deze controle berekening wordt aangehouden:
$F_{r;max;punt;d}$ = 100 kN

Gebruikte paalbeddingen *(Deze aanname is gebaseerd op het Amsterdams profiel).*

Grondlaag	Boven-/onderzijde Grondlaag	Dikte laag (m)	Kh (kN/m3)
Wadafzeting (klei, veen)	-1 / -9 m/NAP	8	3000
Zandhoudend klei	-9 / -11 m/NAP	2	8000
Klei en veen	-11 / -13 m/NAP	2	1500
1e zandlaag	-13 / -15 m/NAP	2	25000

2.5. Normen, Voorschriften en Richtlijnen

Naam :	Jaar :	Omschrijving :
NEN 6700	1991	Technische grondslagen voor bouwconstructies. TGB 1990. Algemene basiseisen.
NEN 6702	1991	Technische grondslagen voor bouwconstructies TGB 1990. Belastingen en vervormingen.
NEN 6720	1995	TGB 1990-Voorschriften Beton (TGB 1990) Constructieve eisen en rekenmethoden (VBC 1995).
NEN 6740	1991	TGB 1990- Geotechniek: Basiseisen en belastingen
NEN 6743	1991	TGB 1990- Geotechniek: Berekeningsmethodiek voor funderingen op palen
NEN –EN 1990	2002	Eurocode 0, Grondslagen van het constructieve ontwerp
NEN 6706	2007	TGB 1990, Verkeersbelastingen op Bruggen

RBBK 1.01	2006	Richtlijn Beoordelen Bestaande Kunstwerken
NEN 8700	2009	Grondslagen van beoordeling van een bestaand bouwwerk
NPR		Nederlandse Praktijk Richtlijn

2.6. Software

De volgende computerprogramma's worden in de berekeningen toegepast :

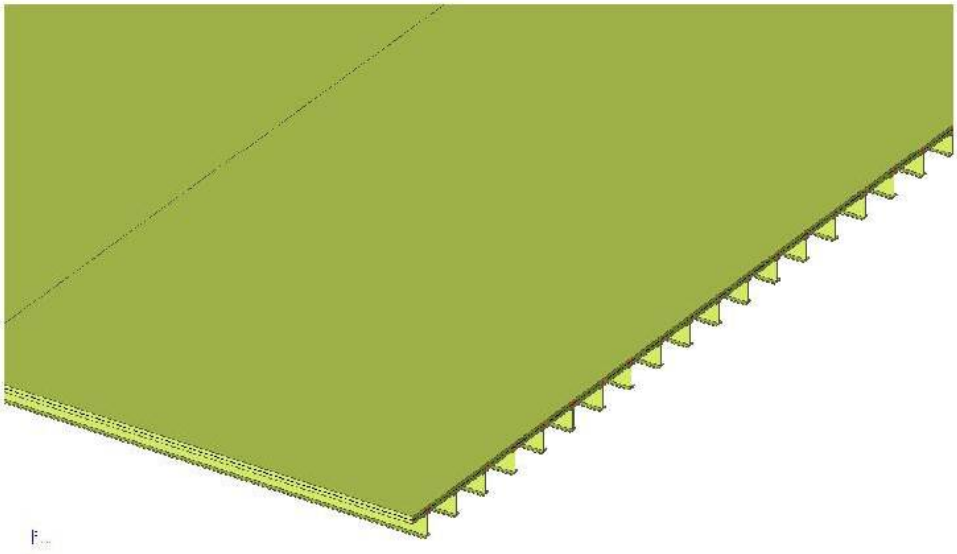
Tabel: programmatuur

Software	Soort berekening	Versienummer /Jaar
D-BET	Doorsnedenberekening	4.2.0
Scia - Engineer	2D- Raamwerk berekening	2008
Mathcad 13	Rekensheet	13

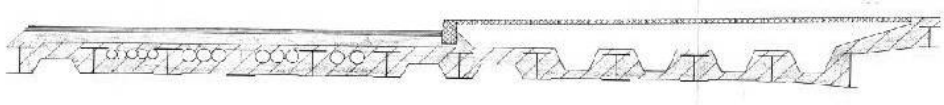
3 Belastingen en belastingcombinatie

3.1. Permanente belasting Brugdek

3.1.1. Eigen gewicht staalbeton brug



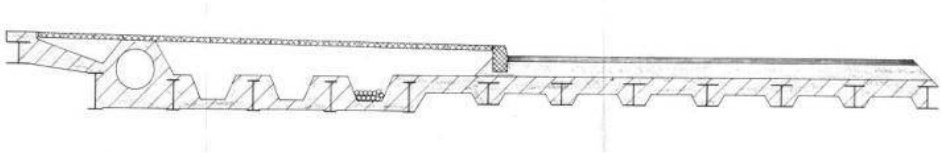
Midden overspanning



Doorsnede ½ brugdek middenoverspanning (tram brugdek niet weergegeven).

Het dek is opgebouwd uit 11 IB28 profielen 1 NP36 profiel en 1 IB22 profiel (randligger) in het dwarsprofiel van de brug en gewapend (constructief) betonnen plaat (dikte is 18 cm) tpv de rijbaan en 100 mm verlopend tpv de liggers naar 330 mm dik Op de gewapend betonplaat is een laag vulbeton (dikte ca. 20 cm) aangebracht. Het model van de bovenbouw is ingevoerd in het rekenprogramma Scia Engineer en is door het programma doorgerekend. Het eigen gewicht van de brug wordt door de belastinggenerator van het programma bepaald. De vernieuwde betonnen trambaanplaat is niet meegnomen in het model. Het staalbetondek is maatgevend voor deze berekening.

Zij overspanning



Doorsnede ½ brugdek zij-overspanning (tram brugdek niet weergegeven).

3.1.2. Rustende belasting

Op de constructieve betonplaat is een laag vulbeton aangebracht. De dikte van het vulbeton is 0,2 m en is over de hele brug aanwezig. Het volumieke gewicht van vulbeton, $\gamma_{vulbeton}$, is 24 kN/m^3 en het in rekening te brengen gewicht van het vulbeton bedraagt:

$q_{vulbeton}$ = 24 kN/m^3 * 0,2 m = 4,8 kN/m^2

Op het voetpad (trottoir, breedte is 2,5 m) is een laag tegels aanwezig (bovenop het vulbeton). En langs de rand van het dek is er een blok natuursteen en een leuning aanwezig. Het totale gewicht van respectievelijk tegels, natuursteenblok en leuning samen is uitgesmeerd over de breedte van het voetpad en bedraagt:

$q_{voetpad}$ = 22kN/m^2*0,12m+27kN/m^3*0,3m*0,25m/ 2,5m +1 kN/m / 2,5m = 3,85 kN/m^2

3.1.3. Asfalt belasting

Op de daadwerkelijke rijbaan (breedte 12,0 m) voor het auto- en tramverkeer is een asfaltlaag aangebracht. In de loop der jaren zou de asfaltlaag zijn aangedikt t.o.v. de ontwerpdikte van ca. 5 cm omdat het niet altijd mogelijk of wenselijk is om bij herprofilering van het wegdek het bestaande asfaltpakket helemaal te frezen. In deze berekening is de dikte van asfalt daarom ruim genomen en gelijk gehouden aan 12 cm.

Het gewicht van asfalt, q_{asfalt} = 23 kN/m^3 * 0,12 m = 2,76 kN/m^2.

3.2. Mobiele belasting Brugdek

3.2.1. Uitgangspunten voor de aan te houden mobiele belasting

- De huidige rijbaanindeling is aangehouden;
- Tabel 3 van NEN 6706 is van toepassing, aantal vrachtwagens per jaar per rijstrook (van de drukbereden rijstrook) is 20.000, $\alpha_{Q1} = \alpha_{qi} = 0,90$;
- Totale breedte voor wegverkeer bedraagt 12,0 m;
- De referentieperiode voor de mobiele belasting is verlaagd tot 15 jaar;
- Minimum randafstand van het autoverkeer bedraagt 4,3 m (breedte van trottoir; totale breedte is: 17,9 m + 2*4,3 m = 26,5 m);
- De h.o.h. afstand van de staalliggers is even groot genomen en bedraagt 0,75 m.

3.2.2. Bepaling van ψ-factor behorende bij 15 jaar referentieperiode

Aantal vrachtwagens, $n_a = 20.000$
Beschouwde referentieperiode, t = 15 jaar
Vereiste referentieperiode nieuwbouw, T = 100 jaar
Conform Bijlage C van NEN 6706 geldt:

$$\psi_t := \left(\frac{\ln(n_a \cdot t)}{\ln(n_a \cdot T)} \right)^{0.45} \qquad \psi_t = 0.939$$

3.2.3. Bepaling van correctiefactor αQ;i, αq;i αq;r (zie bijlage A)

$\alpha_{Q;1}$ =	**0,90**
$\alpha_{Q;2}$ =	**1,00**
$\alpha_{Q;3}$ =	**1,00**
$\alpha_{q;1}$ =	**0,90**
$\alpha_{q;2}$ =	**0,90**
$\alpha_{q;3}$ =	**0,90**
$\alpha_{q;r}$ =	**0,80**

3.2.4. Verdeling verkeersbelasting over de rijstroken

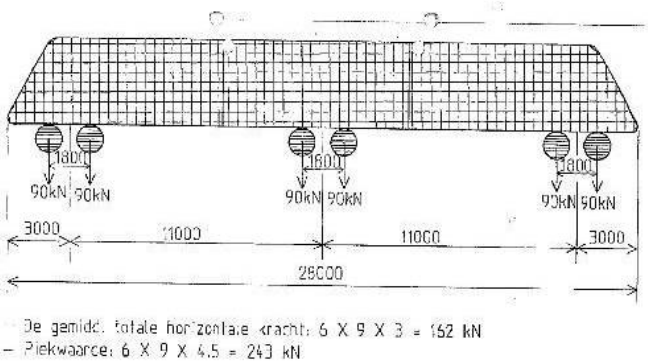
Aantal rijstroken van de rijbaan voor gemengd verkeer, n = 14,0 m / 3 m = 4 rijstroken en een reststrook van 2,7 m (Trambaan inbegrepen).

Voetgangersbelasting
Aan weerskanten van rijbaan zijn er 2 fiets- en voetgangers paden. De breedte is 2 maal 4,3 m en voetgangersbelasting bedraagt 5 kN/m^2. De momentaan-/combinatiefactor is 0,5.

Autoverkeersbelasting
1^e rijstrook: Q_1 = 300 kN/as; q_1 = 9 kN/m^2

2e rijstrook: Q_2 = 200 kN/as; q_2 = 2,5 kN/m^2
3e rijstrook: Q_3 = 100 kN/as; q_3 = 2,5 kN/m^2
4e rijstrook: q_4 = 2,5 kN/m^2 (resterend oppervlak)
De wiellast wordt verdeeld over een oppervlak van 1,12m x 2,00m.

Trambelasting
Uitgegaan is van het nieuwe tram materieel van 6 assen (type EE-779-B).
Aantal assen = 6
Aslast, P = 90 kN
Afstand tussen assen = 1,8 m en 9,2 m (afwisselend c.q. om-en-om)
Lengte = ca. 28 m



De gemidd. totale horizontale kracht: 6 X 9 X 3 = 162 kN
Piekwaarde: 6 X 9 X 4.5 = 243 kN

De in rekening te brengen reductiefactor bij de mobiele belastingen is gelijk aan:

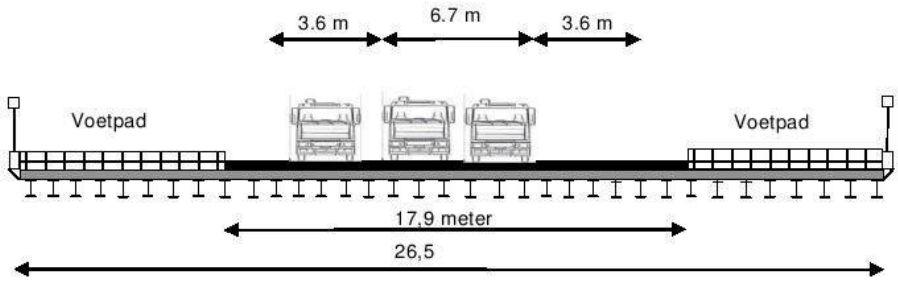
$\Psi_{mobiel;tot;Q;i} = \Psi_t * \alpha Q;1 = 0,845$ → 0,939 * 0,9 = 0,845
$\Psi_{mobiel;tot;q;i} = \Psi_t * \alpha q;i = 0,845$ → 0,939 * 0,9 = 0,845
$\Psi_{mobiel;tot;q;r} = \Psi_t * \alpha q;r = 0,845$ → 0,939 * 0,8 = 0,751
De mobiele belasting wordt gereduceerd door de belasting te vermenigvuldigen met deze factor.

Variantenstudie – mogelijke combinaties autoverkeer en trams

De brug is gebruikt door een gemengd verkeer van fietsers / **auto's / vrachtwagens** en trams. Aan weerszijden liggen de trottoirs (breedte 4,3m) die door voetgangers worden belast. In deze berekening is de maatgevende verkeers-belasting bepaald uit 3 varianten van de belastingen van de **auto's en trams**.

Variant 1: Variant 1 bestaat uit de laststelsels van LM 1 van NEN 6706 waarin zijn verwerkt de reductiefactoren $\alpha_{Q1} = \alpha_{qi}$ = 0,9 (alleen bij de aslast van 300 kN en de gelijkmatig verdeelde verkeersbelasting) en een $\psi_{t=15jaar}$ van 0,94 voor de in deze berekening aangehouden referentieperiode van 15 jaar.

Fietspad/Rijweg/trambaan/rijweg/fietspad



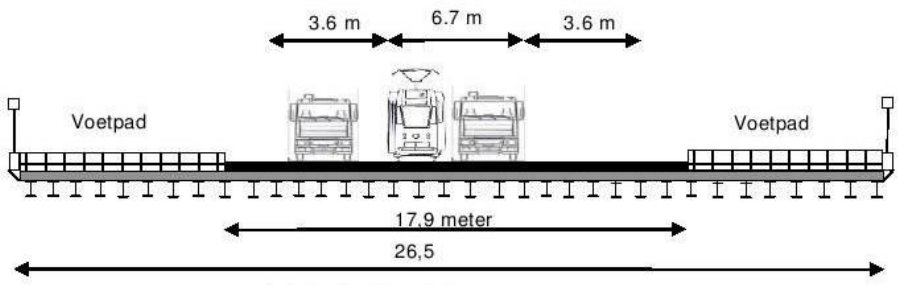
Indeling bestaande brug

Voor variant 1 blijft de huidige wegindeling van toepassing waarbij wagen 2 en 3 over de trambaan rijden.

De breedte van het te bereiden brugdek (rijbaan + trambaan) is 13,9 meter. Wanneer we deze breedte delen door een theoretische rijbaanbreedte van 3 meter dan kunnen er 4 theoretische rijbanen op het brugdek komen. In de NEN 6706 wordt dan gesteld dat er bij meer als 3 rijbanen een factor van 1,15 voor toekomstige herindeling van de brug. Voor deze brug moet de levensduur van 15 jaar worden beschouwd voor de huidige situatie en wordt er niet gekeken naar toekomstige herindeling. Hierdoor wordt de factor van 1,15 niet meegenomen in de berekening.

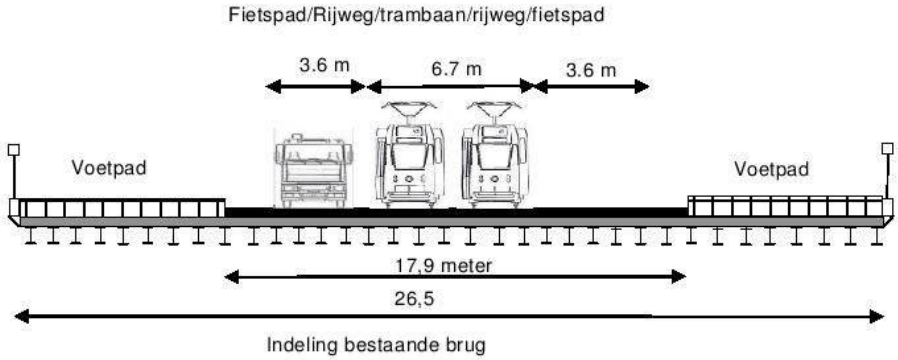
Variant 2: Variant 2 bestaat uit twee (van de drie) laststelsels van LM 1 van NEN 6706 waarin de reductiefactoren zijn verwerkt. Eén tram (in de tegenovergestelde richting) vormt het derde laststelsel op de brug.

Fietspad/Rijweg/trambaan/rijweg/fietspad



Indeling bestaande brug

Variant 3: Variant 3 bestaat uit één (van de drie) laststelsels van LM 1 van NEN 6706 waarin de reductiefactoren zijn verwerkt en twee trams (in de tegenovergestelde richtingen).



Conclusie varianten
Voor de brug kan uit ervaring worden gesteld dat variant 1 maatgevend is voor de berekening van de maatgevende belasting. De Load Models uit de nieuwe norm NEN 6706 zijn maatgevend boven de genoemde trambelastingen,
Voor deze berekening wordt alleen gerekend met variant 1.

3.3. Belastingen Pijler

Voor de pijler gelden de volgende belastingen:

Metselwerk belasting wand vertikaal
Soortelijk gewicht metselwerk: γ_m = 17 kN/m^3, Hoogte wand landhoofd: 3,210 m
$Q_{v;metselwerk;rep}$ = 3,37 x 17 = 57,3 kN/m^2

Omdat Scia engineer de verticale belasting uit de wand conservatief benaderd wordt deze als q-belasting ingevuld zodat deze waarde wordt gespreid over de fundering. In Scia wordt de het e.g. van het metselwerk op 0 gesteld.

De belastingen uit het brugdek worden als Qlast gemodelleerd op de vloer van het landhoofd. In bijlage D is te zien hoe deze belastingen worden omgerekend naar een Qlast op de vloer.

3.4. Belastingen landhoofd

Voor het landhoofd gelden de volgende belastingen.

Metselwerk belasting wand vertikaal
Soortelijk gewicht metselwerk: γ_m = 17 kN/m^3, Hoogte wand landhoofd: 3,210 m
$Q_{v;metselwerk;rep}$ = 3,21 x 17 = 54,6 kN/m^2

Omdat Scia engineer de vertikale belasting uit de wand conservatief benaderd wordt deze als q belasting ingevuld zodat deze waarde wordt gespreid over de fundering. In Scia wordt de het e.g. van het metselwerk op 0 gesteld.

Overige onderdelen van de constructie van het landhoofd worden door scia engineer bepaald.

Asfaltbelasting vertikaal
Soortelijk gewicht asfalt: γ_m = 23 kN/m^3, Dikte asfalt pakket: 0,12 m
$Q_{v;rep}$ = 0,12 x 23 = 2,76 kN/m^2

Grondbelasting vertikaal
Soortelijk gewicht grond: γ_m = 18 kN/m^3, Hoogte wand landhoofd: 3,210 m
$Q_{v;rep}$ = 3,21 x 18 = 57,8 kN/m^2

Grondbelasting horizontaal
k_a = 0,33 (De constructie is in de loop der jaren onderhevig aan verplaatsingen waardoor de actieve gronddruk (k_a) (i.p.v. de neutrale gronddruk, k_n) geactiveerd is;

Qv * 0,33 = 28,9 kN/m^2 + 0,33 * 2,76 = 20,0 kN/m^2
De driehoeks belasting loopt van bovenzijde 0,91 kN/m^2 naar onderzijde 20,0 kN/m^2.

De belastingen uit het brugdek worden als Qlast gemodelleerd op de vloer van het landhoofd. In bijlage D is te zien hoe deze belastingen worden omgerekend naar een Qlast op de vloer.

Mobiele belastingen achter het landhoofd
Vertikaal - Qmobiel = 20 kN/m^2
Horizontaal – Ka * Qmobiel = 0,33 * 20 = 6,6 kN/m^2

3.5. Belastingcombinatie brugdek/landhoofd en pijler

Conform NEN-EN 1990 (Eurocode 0) en NPR is vergelijking 6.10b van toepassing bij de fundamentele belastingcombinatie. De brug is ingedeeld in Gevolgklasse 2 (gelijk aan veiligheidsklasse 3 van de TGB-series NEN 6700) met een restlevensduur van 1 jaar (conform NEN 8700). Volgens tabel A1.2(B) en A1.2(C) – Belastingsfactoren (γ) voor de uiterste grenstoestand STR en GEO kunnen de volgende belastingfactoren worden aangehouden bij de berekeningen:

UGT.

Bel. Comb.	Blijvende belastingen (Perm.)		Mobiel bel.	Overige ver.bel.
	Ongunstig	Gunstig		
Vgl. 6.10b	$\gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$
Gevolg kl. 2	1,10	0,90	1,15	1,30

In de BGT bedraagt de belastingsfactor 1,0 voor alle belastingevallen.

Maatgevende combinaties:
UGT: 1,1*(E.gwt. + Asfalt + Rustende bel.) + 1,15*Mob.bel.*ψ +1,3*Tram.bel.
BGT: 1,0*(E.gwt. + Asfalt + Rustende bel.) + 1,0*Mob.bel.*ψ + 1,0*Tram.bel.

(Bij de mobiele belasting is ook de combinatiewaarde fiets-en voetgangersbelasting inbegrepen).

4 Berekeningen

4.1. Opzet en schematisatie

Bovenbouw

Brug 8 is uitgevoerd als staalbeton brugdek en is ondersteund door twee metselwerk landhoofden en twee metselwerk pijlers. De stalenliggers zijn t.p.v. de koppen ingestort in beton. De liggers zijn hierdoor niet vrij opgelegd maar verend ingeklemd wat een gunstig effect heeft op de veldmomenten. De betonnen rijplaat kan in breedte richting worden verdeeld in 3 delen. Ter plaatse van de trambaan is het brugdek vernieuwd met een relatief dik gewapende betonnen dek welke afwijkt van de andere delen. Deze aanpassing is recent uitgevoerd waardoor deze niet kritisch is in de constructie. Deze plaat wordt dan ook niet getoetst. Ter plaatse van de rijbanen en het voetpad bestaat de constructie uit een slanke betonnen plaat welke over de liggers loopt. Deze plaat is hier doorgaand over de liggers uitgevoerd. Tussen de betonplaat en de stalenliggers zijn geen deuvels toegepast en betekent dus dat het beton niet samenwerkt met de stalen liggers.
De dikte van het constructieve beton is slechts 18 cm. Er zijn drie overspanningen (doorvaarten) van 5,2m, 7,0m en 5,2m en dus vier steunpunten.



In het rekenprogramma Scia Engineer zijn het brugdek, het landhoofd en de tussenpijler gemodelleerd en doorgerekend. Voor het betonnen dek is gerekend met een gescheurde doorsnede (zowel in de langs- als in de dwarsrichting van de brug. Voor de afleiding van de orthotrope eigenschappen van de gescheurde doorsnede zie bijlage B). De liggers zijn verend verbonden met de pijlers en het landhoofd. Voor deze berekening is een veer aangenomen van 5 MN/rad

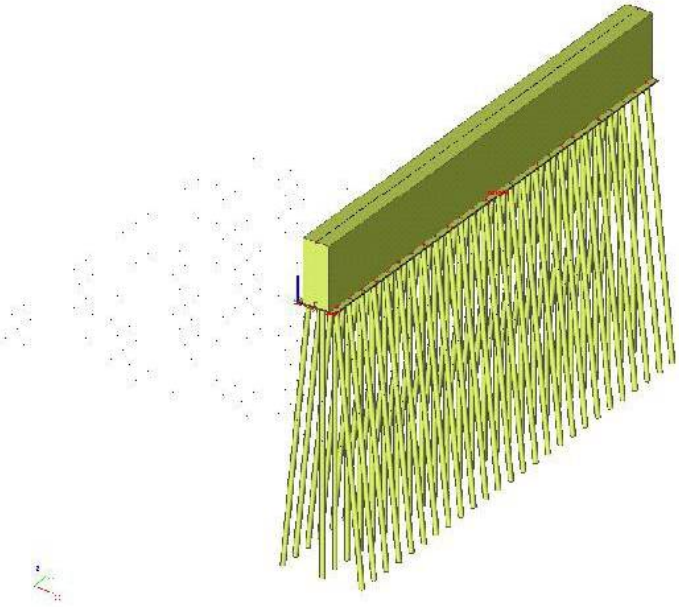
Tussenpijler

De pijler is opgebouwd uit een metselwerk wand, een houtenvloer van ca. 8cm dik, houtenkespen en ronde houtenpalen. De gewichtsmuur is 1,43 m dik en ca. 3,4 m hoog, de breedte is ca. 27 m. Er is een inschatting gemaakt voor de fundering van de constructie, welke is gebaseerd op ervaringen van andere Amsterdamse constructies. De diameter van de houtenpalen is aangenomen op ca. 25 cm en de lengte van de palen is ca. 12 m. (eerste zandlaag). De palen staan ca. h.o.h. 1,0 meter uit elkaar. De schoorstanden zijn overgenomen van bestaande tekeningen. Het model van de pijler is ingevoerd in Scia Engineer en doorgerekend. De maximum paalbelasting wordt hiermee bepaald.

De belastingen op de pijler zijn geheel afkomstig van de bovenbouw (oplegreacties, zie bijlage D). De berekening is uitgevoerd op grond van de volgende uitgangspunten:

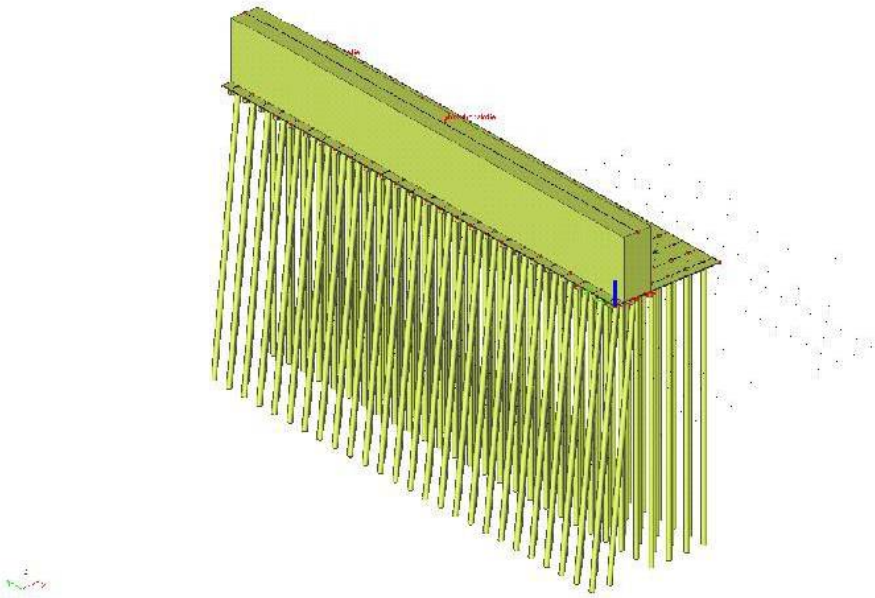
- De gewichtsmuur (metselwerk) is geen buigligger maar ontleent zijn stijfheid aan de aanwezige afschuifstijfheid en zijn gewicht;

Het rekenmodel is vooral gebruikt om optimale verdeling van de belastingen over de palen te bepalen. De verticale belastingen uit de gewichtsmuur (inclusief eigen gewicht van de muur) worden uitgesmeerd over de dikte van de muur en op de houtenvloer (direct onder de muur) gebracht. Dit om te voorkomen dat de houtenvloer slechts lokaal langs de hartlijn (systeemlijn) van de muur wordt belast door de verticale belastingen uit de muur. In het programma is de gewichtsmuur ingevoerd als een betonwand die dezelfde elasticiteitsmodulus en hetzelfde volumieke gewicht heeft als een metselwerk.



Landhoofd

Het landhoofd is opgebouwd uit een metselwerk gewichtsmuur, een houtenvloer van ca. 8cm dik, houtenkespen en ronde houtenpalen. De gewichtsmuur is 1,54 m dik en ca. 3,5 m hoog, de breedte is ca. 27 m. De diameter van de houtenpalen is ca. 25 cm en de lengte van de palen is ca. 12 m. (eerste zandlaag). De palen staan ca. h.o.h. 1,0 meter uit elkaar. Het model van het landhoofd is ingevoerd in Scia Engineer en doorgerekend. De maximum paalbelasting wordt hiermee bepaald.



Schematisch Rekenmodel Landhoofd

De belastingen op het landhoofd zijn deels afkomstig van de bovenbouw (oplegreacties, zie bijlage E) en deels van de gronddruk achter de gewichtsmuur. De berekening is uitgevoerd op grond van de volgende uitgangspunten:

- De gewichtsmuur (metselwerk) is geen buigligger maar ontleent zijn stijfheid aan de aanwezige afschuifstijfheid en zijn gewicht;
- De constructie is in de loop der jaren onderhevig aan verplaatsingen waardoor de actieve gronddruk (k_a) (i.p.v. de neutrale gronddruk, k_n) geactiveerd is;
- Het brugdek fungeert als een stempelconstructie voor het landhoofd. In de berekening van het landhoofd is een horizontaal slappe veer aangebracht op het niveau van de oplegging. De veer is ontleend aan de rekstijfheid van de

stalenliggers (h.o.h afstand is 0,75 m), de bijdrage van het beton is verwaarloosd (k_h = ¾*EA/L_{totaal} / h.o.h. afstand van de liggers);
- De grondbedding langs de paalfundering is afgeleid uit de sonderingen en is geschat uit de formule: k_h * D = 3q_c. Hier is k_h de grondbedding, D is de equivalente middellijn van de paal en q_c is de conusweerstand;
- Een bovenbelasting van 20 kN/m^2 is in rekening gebracht.

Het rekenmodel is vooral gebruikt om optimale verdeling van de belastingen over de palen te bepalen. De verticale belastingen uit de gewichtsmuur (inclusief eigen gewicht van de muur) worden uitgesmeerd over de dikte van de muur en op de houtenvloer (direct onder de muur) gebracht. Dit om te voorkomen dat de houtenvloer slechts lokaal langs de hartlijn (systeemlijn) van de muur wordt belast door de verticale belastingen uit de muur. In het programma is de gewichtsmuur ingevoerd als een betonwand die dezelfde elasticiteitsmodulus en hetzelfde volumieke gewicht heeft als een metselwerk.

4.2. Rekenresultaten

4.2.1. Krachtsverdeling bovenbouw

De krachtsverdeling in het brugdek is berekend m.b.v. Scia Engineer. De stalenliggers zijn doorgaand boven de tussenpijlers ingevoerd en doorgerekend door het programma. Ter plaatse van de tussenpijlers zijn de liggers voorzien van een rotatieveer die in staat is een beperkt buigend moment op te nemen. De constructieve betonplaat is in het model ingevoerd als een plaat met orthotrope materiaaleigenschappen. Het beton is in beide richtingen als gescheurd constructief deel beschouwd. Hierdoor is het grootste deel van de belastingen afgedragen naar de stalenliggers. De rekenwaarde van de optredend buigende momenten in zowel de betonplaat als de stalenliggers worden hieronder weergegeven (voor de invoer en uitvoer van Scia Engineer wordt verwezen naar bijlage C).

Momenten en krachten uit Scia engineer. (tussen haakjes aangepaste waarden)

			Momenten (kNm, U.G.T.)			
Deel	constructie	snede	mxD-	mxD+	myD-	Vz (kN)
Bovenbouw	Betonnen Rijplaat	Langs(veld)	18 (22,7)			
		Langs(stpt)		-23,6 (-18,9)		108 (75)
		Dwars			14	
	Stalen-liggers	midden			207	
		eind			-105	109

Momenten reduceren:
Herverdeling toepassen 20% maximaal conform NEN 6720.
Afstand d vanaf het steunpunt de gemiddelde momenten bepalen.

Dwarskracht reduceren:
De dwarskrachtpieken zijn heel lokaal en bevinden zich ter plaatse van de steunpunten. De dwarskracht wordt bekeken per meter en op een afstand d van de oplegging. Vx is maatgevend voor de controle.

Maximum veldmoment in stalenligger, $M_{d;max}$ = 207 kNm
Maximum moment t.p.v. steunpunt, $M_{d;stpt}$ = -105 kNm
Maximum dwarskracht, $V_{d;max}$ = 109kN

4.2.2. Krachtsverdeling Tussenpijler

De krachtsverdeling in de tussenpijler is berekend m.b.v. Scia Engineer. De invoer van het model en de uitvoerresultaten zijn opgenomen in bijlage D. Deze berekening is uitgevoerd ter bepaling van de maximum paalbelasting onder het landhoofd. Het toetsen van het metselwerk, de houtenvloer en de kespen zijn in deze berekening niet beschouwd.

Paalkrachten

		Momenten (kNm, U.G.T.)			
constructie	snede	mxD-	mxD+	myD-	N (kN)
Pijler	Palen				-113

4.2.3. Krachtsverdeling Landhoofd

De krachtsverdeling in het landhoofd is berekend m.b.v. Scia Engineer. De invoer van het model en de uitvoerresultaten zijn opgenomen in bijlage E.
Deze berekening is uitgevoerd ter bepaling van de maximum paalbelasting onder het landhoofd. Het toetsen van het metselwerk, de houtenvloer en de kespen zijn in deze berekening niet beschouwd.

De maatgevende palen zijn in de 2^{e} palenrij direct onder de gewichtsmuur.

		Momenten (kNm, U.G.T.)			
constructie	snede	mxD-	mxD+	myD-	N (kN)
Landhoofd	Palen				-176

4.3. Samenvatting rekenresultaten

			Momenten (kNm, U.G.T.)			
Deel	constructie	snede	mxD-	mxD+	myD-	Vz / N (kN)
Bovenbouw	Betonnen Rijplaat	Langs(veld)	18			
		Langs(stpt)		-23.6		75
		Dwars			11,2	
	Stalen-liggers	midden			207	
		eind			-105	109
Onderbouw	Pijler	Palen				-113
	Land-hoofd	Palen				-176

5 Toetsing brugconstructie op sterkte

5.1. Bovenbouw – brugdek

5.1.1. Betonnen rijplaat

Rijrichting

Veldmoment

Dikte van constructief beton, h = 180 mm

Toegepaste betonstaalwapening 1e laag: Ø8 – 90 mm.

Toegepaste betonstaalwapening 2e laag: Ø8 – 120 mm.

Dekking, c = 40 mm

Uit D-Bet doorsnedentoets (zie bijlage F) bedraagt het opneembaar buigende moment in de rijrichting:

M_u = 16.1 kNm/m

Het optredende maximum veld moment M_d = 18 kNm

U.C. = M_d / M_u = 1,12 ***Voldoet Niet***

Steunpuntmoment

Let op: de extreem/piek momenten direct boven de puntvormige steunpunten zijn niet beschouwd bij het toetsen van de betondoorsnede. Bij de schematisering van het brugdek in een e.e.m. rekenprogramma met overwegend schaalelementen is het gebied boven de steunpunten (met h.o.h. afstand van 0,75 m) veelal storend gebied.
Conform NEN 6720 mag de momentlijn bovendien worden verschoven over een afstand d van de tussensteunpunten. De te toetsen doorsnede voor het steunpuntmoment is daarom genomen op een afstand gelijk aan de nuttige hoogte van de constructieve betonplaat.

M_d = -23.6 kNm/m

M_u = -16.1 kNm/m

U.C. = 1,47 ***Voldoet Niet.***

De grote van de inklemmingsveer is hiervoor maatgevend. In werkelijkheid gaat de constructie herverdelen en gaat de stalen ligger meer moment naar zich toetrekken. De stalen ligger heft nog momentcapaciteit over waardoor er gesteld kan worden dat deze overschrijding **geen probleem** vormt voor de constructie.

Dwarskracht betonplaat

V_u = 0,4*1,4 N/mm^2 * 1000 mm * (180mm – 40mm – 8mm -8mm/2)/1000 = 72 kN

V_d = 48 kN

U.C. = 75 kN / 72 kN = 1,04 ***Acceptabel***

Dwarsrichting
Veldmoment
Dikte van constructief beton, h = 180 mm
Toegepaste betonstaalwapening 1e laag: Ø8 – 90 mm.
Dekking, c = 40 mm
Uit D-Bet doorsnedentoets (zie bijlage F) bedraagt het opneembaar buigende moment in de dwarsrichting:
M_u = 19,7 kNm/m
Het optredende maximum veld moment M_d = 14 kNm
U.C. = M_d / M_u = 0,71 ***Voldoet***

5.1.2. Stalenliggers (profielen BP 280 (HEB) – maatgevend)

Het maatgevende veldmoment bevind zich in de liggers met de grootste overspanning.

Staalkwaliteit	= S235 (volgt uit onderzoek Baars Cipro)
W_{el}	= 1376000 mm^3
W_{pl}	= 1534000 mm^3
$M_{u;el}$	= 323 kNm (elastische bezwijkcapaciteit)
M_{pl}	= 360 kNm (plastisch moment van liggers)

Optredende momenten en dwarskracht:

$M_{d;max;midden}$	= 207 kNm
$M_{d;stpt}$	= -105 kNm
V_d	= 109 kN

Toets:
U.C. (midden) = $M_{d;midden}$ / $M_{u;el}$ = 0,64 ***Voldoet***
U.C. *(steunpunten)* = $M_{d;stpt.}$ / $M_{u;stpt}$ = 0,33 ***Voldoet***

Dwarskracht
$V_u = (f_s * t_w * h_1 * / \sqrt{3}) / 10^{-3}$ ($t_w = h - 2*T_f$)
➔ (235N/mm^2*10.5mm*244mm/$\sqrt{3}$) / 1000 = 348 kN > 109 kN ***Voldoet***

5.2. Onderbouw - pijler

De berekende paalbelastingen van alle palen van de tussenpijler berekend.
Paalpuntdraagvermogen: $F_{r;max;punt;d}$ = 100 kN.
De maximale paalvoetbelasting, $F_{voet;max;d}$ = 176 kN

U.C. = 176 kN / 100 kN = 1,76 *(voldoet niet – 76% overschrijding aan de hand van het aangenomen puntdraagvermogen)*

5.3. Onderbouw - landhoofd

Palen van het landhoofd
De maximum paalbelasting treedt op in de 2e paalrij onder de gewichtsmuur en bedraagt, $F_{max;d}$ = 113 kN.

Paalpuntdraagvermogen: $F_{r;max;punt;d}$ = 100 kN.
De maximale paalvoetbelasting, $F_{voet;max;d}$ = 113 kN

U.C. = 113 kN / 100 kN = 1,13 *(voldoet niet – 76% overschrijding aan de hand van het aangenomen puntdraagvermogen)*

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1. Resultaten uit herberekening van Brug 8

In dit document is de uitvoering van de herberekening van Brug 8 opgenomen. De brug ligt in de route van de Raadhuisstraat – Rozengracht en gaat over de Singel. Het doel van de herberekening van de brug is om na te gaan of Brug 8 gehandhaafd kan worden voor de komende 15 jaar, zonder dat de brug ingrijpend wordt gerenoveerd. De brug is diverse keren aangepast in de periode tussen 1900 en 1925 en geschikt gemaakt voor verkeersklasse B van [redacted] 1938.

Bij de beoordeling van Brug 8 is uitgegaan van o.a. de Eurocode verkeersbelasting volgens NEN 6706, de grondslagen van het beoordelen van bestaand kunstwerk volgens NEN 8700 en de [redacted] (ontwerp). Daarbij dient bij de berekeningen uitgegaan te worden van een restlevensduur van 1 jaar (voor de hele brug) en een referentieperiode van 15 jaar (voor wat betreft de verkeersbelasting). Dit houdt in dat er, naast het toepassen van reductiefactoren - ψ waarden – bij de dominante mobiele belasting, verlaagde belastingfactoren behorende bij een betrouwbaarheidsindex voor een restlevensduur van 1 jaar (= 2,5) mogen worden gebruikt. In de berekeningen zijn die reductiefactoren en de verlaagde belastingfactoren verwerkt in de rekenresultaten.

Uit het toetsen van de diverse onderdelen van de brug op breukveiligheid blijkt dat het beton in het brugdek in langsrichting niet voldoende capaciteit heeft om de belastingen op te nemen. In dwarsrichting heeft het beton wel voldoende capaciteit. De stalen liggers hebben ook voldoende capaciteit voor het dragen van de belastingen. Hiermee kan worden geconcludeerd dat de bovenbouw (brugdek) **niet** voldoende capaciteit heeft om gedurende 15 jaar de verkeersbelasting en de overige belastingen te kunnen dragen. Het is nodig om het beton in het brugdek te versterken zodat het brugdek de minimale levensduur van 15 jaar kan halen.

De houten paalfundering van de tussenpijlers voldoet niet aan de aangenomen eis van 100 kN. Deze eis is gekozen omdat er geen onderzoek is uitgevoerd naar de funderingen van de pijler. De gestelde eis is een waarde waarin een hoop veiligheid is verwerkt omdat er belangrijke gegevens ontbreken in het bepalen van de sterkte van de fundering. Wanneer er onderzoek wordt gedaan naar het type fundering, de bacteriële aantasting en de houtspecificaties dan kan er een nauwkeurig paaldraagvermogen worden bepaald en kan de maximale drukspannings capaciteit worden bepaald.

De houten paalfundering van de landhoofden voldoen niet aan de aangenomen eis van 100 kN. Deze eis is gekozen omdat er geen onderzoek is uitgevoerd naar de funderingen van het landhoofd. De gestelde eis is een waarde waarin een hoop veiligheid is verwerkt omdat er belangrijke gegevens ontbreken in het bepalen van de sterkte van de fundering. Wanneer er onderzoek wordt gedaan naar het type fundering, de bacteriële aantasting en de houtspecificaties dan kan er een

nauwkeurig paaldraagvermogen worden bepaald en kan de maximale drukspannings capaciteit worden bepaald. Wanneer er een funderingsonderzoek wordt uitgevoerd dan is de kans aanwezig dat ook na het onderzoek dat de fundering niet voldoet.

6.2. Resultaten visuele inspectie Brug 8

Op basis van de bevindingen van de visuele inspecties die door het onderzoeksbureau zijn uitgevoerd en verwerkt in het rapport met projectcode 11p014 zijn de volgende conclusies afgeleid:

- De brug is overbelast, gezien de forse scheur over de gehele hoogte die in alle van de zijn geconstateerd;
- Het betonnen brugdek is in slechte staat. Aan de zuidzijde is in alle doorvaarten een forse scheur aangetroffen in het betonnen brugdek.
- Er is degradatie van het metselwerk en het staal als gevolg van ernstige lekkages;
- De schades aan het westelijk landhoofd duiden op mogelijke tekortkomingen aan de fundering. De scheuren in het asfalt en de kuil bij de trambaan en de (volledige) holle ruimte achter het metselwerk van het westelijk landhoofd heeft mogelijk een relatie met elkaar. Het verdient de aanbeveling hier meer zekerheid over te vinden door aanvullend onderzoek van mogelijke zandvoerendheid door geconstateerde scheur.

Voorts is van het rapport het volgende aanbevolen:

- Het uitvoeren van een onderzoek naar eventuele uitspoeling van grond door de scheuren waardoor mogelijk holle ruimtes ontstaan achter de landhoofden;
- Het herstellen betonschades aan het brugdek;
- Het herstellen van corrosieschade aan de stalen liggers;
- Uitvoeren van stabiliteitsberekening van het metselwerk;
- Toetsen van de stalenliggers.

Uit de inspectierapportage wordt geconcludeerd dat Brug 8 in slechte staat verkeert. In het metselwerk van de ondersteuningsconstructies zijn grote scheuren waargenomen en die duiden op mogelijk overbelasten van de houtenpalen onder de brug.

6.3. Conclusie en aanbevelingen Brug 8

Er wordt geconcludeerd dat er bij Brug 8 onvoldoende capaciteit aanwezig is in zowel de bovenbouw als de onderbouw om de verkeersbelasting volgens NEN 6706 toe te laten op het brugdek voor een gebruiksperiode van 15 jaar. Brug 8 voldoet niet meer aan de eisen t.a.v. breukveiligheid en wordt in zijn huidige staat afgekeurd volgens de regels van NEN 8700 omdat de afkeurgrens vaan 15 jaar niet is gehaald. De brug voldoet dus niet aan de minimaal wettelijk veiligheidsniveau. De brug moet in zijn geheel worden versterkt of geheel worden vernieuwd.

Ook wordt geadviseerd om de brug tot aan de versterking of vernieuwing te monitoren. De frequentie van de inspectie moet worden opgevoerd tot 1x maandelijks.

Versterken van het brugdek

Ter plaatse van de tussenpijlers voldoet het betondek niet aan de eisen t.a.v. het opneembare (bezwijk)moment van het betondek. Het betondek t.p.v. de pijlers moet versterkt worden door aanbrengen van bijvoorbeeld koolstoflijmwapening (uitwendig plakwapening). Afhankelijk van de investeringskosten in de versterking van de brug moet worden vastgelegd of de brug regelmatig moet worden geïnspecteerd en/of gemonitoord op (water-/grondvoerende) scheuren en deformaties (in x, y en z richtingen). De uitwerking van de plakwapening en van het monitoringsplan kan in een vervolgfase worden uitgezet.

Versterken van houtenpaalfundering

De houten paalfundering voldoet niet aan de eis t.a.v. het paaldraagvermogen. Ook is de kans aanwezig dat de fundering van de pijler niet voldoet nadat er funderingsonderzoek is uitgevoerd. Het gevolg hiervan is dat de fundering van de brug versterkt of vernieuwd moet worden. Er dient een nieuw paalsysteem te worden aangebracht dat de dragende functie overneemt van de bestaande houtenpalen. De bestaande houtenpalen kunnen blijven staan.

Vervangen van huidige brug

De huidige brug kan worden gesloopt en worden vervangen door een geheel nieuw te ontwerpen brug voor een gebruiksduur van 100 jaar. Voor het in bedrijf houden van het tramvervoer zal het nodig zijn om gedurende het eigenlijke bouwen van de nieuwe brug een hulpbrug naast de huidige brug te plaatsen. Hierop kunnen het autoverkeer, het tramverkeer en fietsers worden omgeleid. Het gefaseerde bouwen van de nieuwe brug is ook mogelijk, maar de kosten van het omleggen van de tramsporen kunnen aanzienlijk zijn.

Colofon

Herberekening Brug 8, , Raadhuisstraat,
Op houtenpalen gefundeerde staalbeton brug

Tekst
Gemeente Amsterdam
Ingenieursbureau

Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen zonder bronvermelding.

Ingenieursbureau Amsterdam
Weesperstraat 430
Postbus 12693
1100 AR Amsterdam