Quick Scan draagvermogen viaduct Johan Huizingalaan

Globale toets draagvermogen van het viaduct i.v.m. het toekomstig gebruik en eventuele aanpassingen

Definitief

In opdraacht van:
Gemeente Amsterdam

Grontmij Nederland bv
Infrastructuur & Milieu
De Bilt, 18 maart 2009

Verantwoording

Titel	:	Quick Scan draagvermogen viaduct Johan Huizingalaan
Subtitel	:	Globale toets draagvermogen van het viaduct i.v.m. het toekomstig gebruik en eventuele aanpassingen
Projectnummer	:	272233
Referentienummer	:	I&M-1002963-KB
Revisie	:	1
Datum	:	18 maart 2009

Auteur(s)	:	[redacted]
E-mail adres	:	[redacted]@grontmij.nl
Gecontroleerd door	:	[redacted]
Paraaf gecontroleerd	:	[redacted]
Goedgekeurd door	:	[redacted]
Paraaf goedgekeurd	:	[redacted]
Contact	:	De Holle Bilt 22 3732 HM De Bilt Postbus 203 3730 AE De Bilt T +31 30 220 74 44 F +31 30 220 02 94 infraenmilieu@grontmij.nl www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Conclusies en aanbevelingen	5
3	Gegevens bestaande constructie	6
3.1	Algemeen	6
3.2	Beschikbare documenten	6
3.3	Schetsen van de constructie	7
3.4	Visuele inspectie	8
3.5	Aanname materiaalkwaliteiten	8
4	Globale berekening constructie	9
4.1	Aanpak quick scan	9
4.2	Beschouwde onderdelen	9
4.3	Resultaten berekening constructie in de huidige toestand	10
4.4	Mogelijke aanpassingen	11
4.5	Invloed te maken sparingen	12
4.6	Nadere berekeningen	12
5	Indicatie kosten	13

1 Inleiding

Van het Ingenieursbureau van de Gemeente Amsterdam heeft Grontmij I&M (Wegen, Kunstwerken) de opdracht gekregen om middels een quick scan de draagcapaciteit te onderzoeken van het brugdek van het viaduct in de Johan Huizingalaan te Amsterdam.

Het doel van de quick scan is tweeledig:

1. Inzicht verschaffen naar de mogelijkheden om een aantal sparingen in het dek aan te kunnen brengen ten behoeve van het realiseren van trappen en liften. Hiervoor wordt ook een zeer globale kostenindicatie gegeven.
2. Het globaal vaststellen van de draagcapaciteit van het brugdek i.v.m. de gewenste opgegeven verkeersbelasting, belasting t.g.v. kraanwagens en trambelasting en de relatie ervan met de huidige (nieuwe en oude) belastingvoorschriften.

2 Conclusies en aanbevelingen

De invloed van de te maken sparingen is voor het dek minder groot in de velden. Echter nabij de ondersteuningen door de pijlerwanden zijn zowel de toename van de lokale spanningen alsook de afname van de capaciteit substantieel. Dat zijn juist de plaatsen, waar de veiligheid nu feitelijk reeds onvoldoende is.

Uit deze quick scan blijkt namelijk dat ponscapaciteit van het dek nabij de einden van de pijlerwanden en de dwarswapening in het dek boven de steunpunten de meest kritieke punten zijn in de huidige situatie. In feite is er op onderdelen onvoldoende draagcapaciteit om het eigen gewicht en de rustende belasting te dragen.

Het dek wordt dagelijks belast door verkeer. Daarom is het aan te bevelen ten aanzien van de kritieke aspecten op korte termijn maatregelen te treffen. Te denken valt aan het instellen van een beperking van de aslasten en het toelaatbare wagengewicht. De grootte van de toelaatbare belasting dient door een meer gedetailleerde berekening te worden vastgesteld.

Voor het maken van meer gedetailleerde berekeningen is het nodig de kwaliteiten van het beton en wapeningsstaal nader te onderzoeken op de specifieke kritieke punten. Tevens is onderzoek naar de toegepaste dekking en de diepte van carbonatatie en de indringing van chloriden aan te bevelen.

Verder volgt uit deze quick scan dat het versterken van het dek op de volgende wijzen kan worden gerealiseerd:

- Door tussen de pijlerwanden stalen balken aan te brengen. Dit is een noodzakelijke en zeer effectieve maatregel, omdat hiermee zowel het probleem van de ponscapaciteit alsook van de dwarswapening boven de steunpunten kan worden opgelost.
- Door het aanbrengen van een laag (hogesterkte) beton aan de bovenzijde.
- Door het oplijmen van koolstofwapening aan de onderzijde van het dek.

3 Gegevens bestaande constructie

3.1 Algemeen

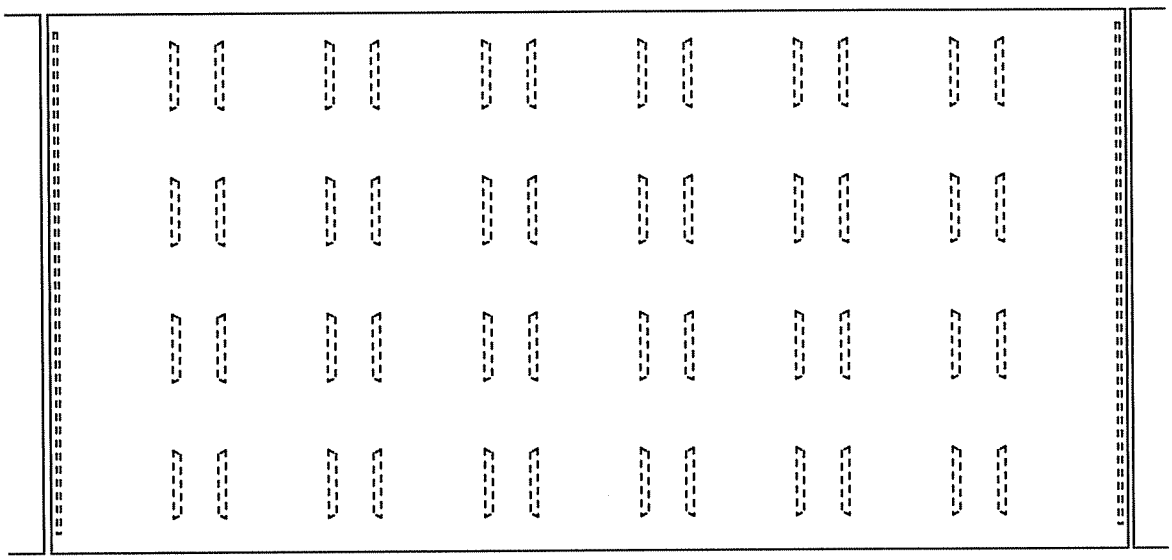
Het viaduct in de Johan Huizingalaan is gebouwd eind jaren '50 van de vorige eeuw en bestaat uit een gewapend betonnen brugdek met een breedte van circa 33 m en een lengte van circa 103 m. De constructieve dikte van het dek varieert in de dwarsrichting van 450 mm aan de rand tot 650 mm in het midden. Het dek wordt ondersteund door een tweetal landhoofden en zes V-vormige pijlers. De pijlers worden direct boven het maaiveld ondersteund door stalen roloplegginge n. Op de landhoofden zijn eveneens stalen roloplegginge n toegepast.

3.2 Beschikbare documenten

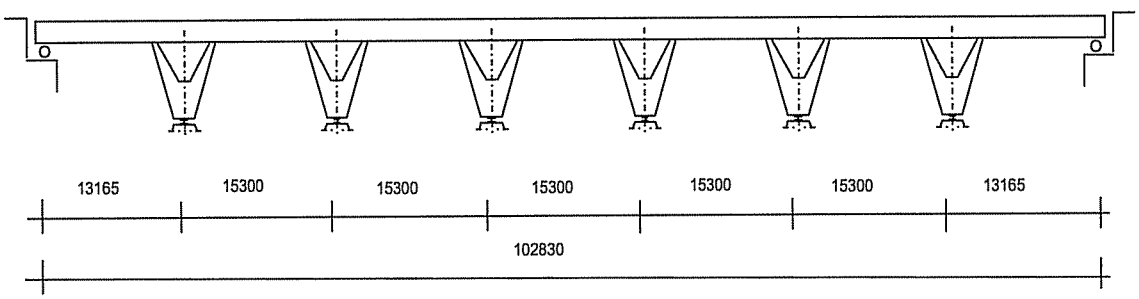
De volgende documenten zijn ter beschikking gesteld:

- Tekening: Bouwaanvraag Definitief ontwerp, doc nr. 161871; d.d. 09-09-2008;
- Tekening: Wapening brugdek, nr. 3-Br703; d.d. juli 1958;
- Tekening: Doorsneden brugdek, nr. 4-Br705; d.d. juli 1958;
- Rapportnummer 05RA0465, betreffende onderzoek van betonmonsters; d.d. 14 juli 2005;
- Artist impressions t.b.v. bouwaanvraag; d.d. 02 december 2008;
- Bouwaanvraagtekeningen; d.d. 02 december 2008;
- Draagkrachtberekening trappen en liften, tramhalte Johan Huizingalaan; d.d. 11 april 2006;
- Schets: Situatie maaiveld, JhA BA 1.00 A; d.d. 15-12-08;
- Schets: Situatie maaiveld, JhA BA 1.00 B; d.d. 15-12-08;
- Schets: Langsdoorsnede trap, JhA BA 2.30 A; d.d. 15-12-08;
- Schets: Langsdoorsnede lift, JhA BA 3.30 A; d.d. 15-12-08;
- Max. Aslastenstelsel Tram materieel; EE779-A en EE779-B;
- Aslastenstelsel Mammoet-kraan;
- Aslastenstelsel De Ruyter-kraan.

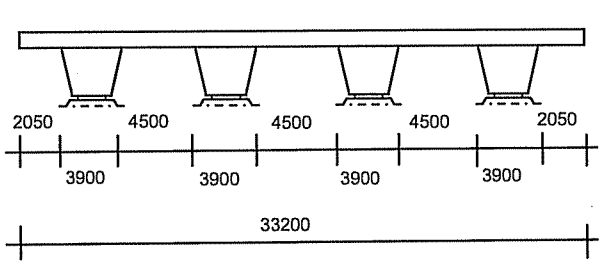
3.3 Schetsen van de constructie



Plattegrond



Langsdoorsnede



Dwarsdoorsnede

3.4 Visuele inspectie

Bij globale inspectie van het kunstwerk door collega [redacted] en ondergetekende op 29 januari j.l. vielen de volgende zaken op:

- Het brugdek is aan de onderzijde gecoat en ziet er strak uit. Er zijn geen aanwijzingen van afgedrukt beton of reparaties, die op eerder optreden daarvan wijzen.
- Het beton aan de bovenzijde van het brugdek is niet zichtbaar, vanwege de afwerking door asfalt en tegels e.d.
- De pijlers zien er strak uit, behoudens een aantal plaatsen, waar in het beton boven de opleggingen, naast de roloplegging stukken beton zijn losgescheurd. Dit lijkt veroorzaakt te zijn door randsplijtspanningen, waarvoor wellicht onvoldoende wapening aanwezig is. Dit lijkt een cosmetisch probleem te zijn en heeft vooral te maken met de duurzaamheid van de ondersteuningen; de veiligheid van de constructie vermindert hierdoor naar verwachting niet.

3.5 Aanname materiaalkwaliteiten

Uit de beschikbare informatie zijn de kwaliteiten van de toegepaste materialen niet af te leiden. De volgende aannamen zijn gedaan:

- Beton: volgens de RBBK gold ten tijde van de GBV 1950, die van toepassing was toen het viaduct werd ontworpen en gebouwd, de betonkwaliteit K250 als één van de hogere toegepaste kwaliteiten. Indien daarvan uitgegaan wordt, zou volgens de huidige normen gerekend moeten worden met B16.5. De ervaring leert echter dat de betonkwaliteit in de praktijk aanzienlijk hoger kan zijn, mede door toename van de sterkte in de loop van de tijd. Bij de visuele inspectie ontstond niet het idee dat daarvan bij dit viaduct geen sprake zou kunnen zijn. Daarom is vooralsnog uitgegaan van B25. Bovendien volgt uit de drukproeven op een drietal uitgeboorde cilinders, uitgevoerd door Stork CMT in 2005 (rapport 05RA0465), een redelijk hoge druksterkte: 42.3, 72.3 en 82.5 N/mm². Het is echter niet duidelijk of deze monsters representatief zijn voor het brugdek; bij verdere uitwerking zal dan ook door nader onderzoek de sterkte definitief moeten worden vastgesteld.
- Als staalsoort voor de wapening is uitgegaan van het toentertijd veel gebruikte QR24. Gerekend is met FeB240. Ook dit dient nader te worden vastgesteld door middel van uit te voeren trekproeven op monsters van de wapening.
- In de jaren, waarin het viaduct gebouwd werd, gold een minimale dekking van 15 mm voor constructies in de buitenlucht. Er van uitgaande dat bij de bouw van viaducten iets hogere eisen gesteld werden, wordt gerekend met een dekking van 20 mm. In verband met de duurzaamheid, waarbij de voortschrijdende carbonatatie en de indringing van chloriden een belangrijke rol spelen, wordt geadviseerd ook hiernaar onderzoeken te laten uitvoeren.

Volgens informatie van IBA is door hen in eerder gemaakte berekeningen voor de betonkwaliteit B16.5 aangehouden, terwijl ook zij concluderen dat, gebaseerd op het hiervoor genoemde Stork-rapport, gerekend zou kunnen worden met B30. Voor het wapeningsstaal is door IBA eveneens gerekend met QR24. Door IBA is gerekend met een betondekking van 35 mm.

Zoals hierboven reeds aangegeven dienen deze uitgangspunten ten behoeve van de vervolgfase uiteraard nog nader geverifieerd te worden. Voor dit stadium liggen de uitgangspunten van IBA en Grontmij echter voldoende op één lijn, waardoor zij nauwelijks van invloed zijn op de conclusies van dit rapport.

4 Globale berekening constructie

4.1 Aanpak quick scan

In de langsrichting van het dek is een tweetal stroken beschouwd, één ter plaatse van de verkeersrijstroken en één ter plaatse van de trambaan. Bij de bepaling van de momenten in langsrichting is in de velden uitgegaan van een gelijkmatige verdeling over de aangenomen strookbreedten. Ter plaatse van de steunpunten is gerekend, zowel met een gelijkmatige verdeling over de strookbreedten alsook met een toeslag van 20% voor die gedeelten van de stroken, die zich boven de ondersteunende wanden bevinden (het "kolomstrook-middenstrook"-principe).
In de dwarsrichting van het dek is het veld t.p.v. de rijstroken en t.p.v. de trambaan beschouwd. Tevens is een globale berekening gemaakt van de stroken boven de pijlers. Het effect van de te maken sparingen is vervolgens bekeken.

De trambaan is beschouwd met beide gegeven laststelsels voor trammaterieel en de maatgevende daarvan is in rekening gebracht. Gerekend is hierbij met de belastingfactoren volgens de NEN 6706.
Voor de verkeersrijstroken is de belasting beschouwd volgens de NEN 6706 of de belasting door kraanwagens van Mammoet, respectievelijk De Ruyter. Daarbij zijn ook de belastingfactoren volgens de NEN 6706 in rekening gebracht. Tevens is ter vergelijk voor deze stroken gerekend met de belasting volgens de VBB, daarbij zijn de belastingfactoren uit de VBB gehanteerd.

Voor deze quick scan berekening is uitsluitend gekeken naar de Uiterste Grenstoestand.

In de constructie is, volgens de aanname, staal toegepast van lage kwaliteit (QR24). Daardoor is de staalspanning in de BGT laag. De ξ-waarde van het toegepaste gladstaal is echter aanzienlijk lager dan voor geribd staal, waardoor bij van de toetsing scheurvorming het voordeel van de lagere staalspanning grotendeels teniet wordt gedaan.
Daarbij komt de waarschijnlijk te geringe aanwezige dekking volgens de huidige normen. Al met al zal rekentechnisch moeilijk aan de huidige scheurwijdte-eisen kunnen worden voldaan.
De duurzaamheid (BGT) is echter buiten beschouwing gelaten, omdat aan de eisen, die daarvoor aan de constructie gesteld worden, voldaan kan worden door andere maatregelen te treffen. Momenteel is op de onderzijde van het brugdek een coating aanwezig, die naar verwachting voor voldoende bescherming van de wapening zorgt. Van belang is hierbij ook welke restlevensduur van het kunstwerk gewenst wordt.

Naar de grenstoestand m.b.t. vermoeiing is eveneens niet gekeken, omdat vanwege de lagere staalkwaliteit de staalspanningswisselingen relatief laag zullen zijn. Daardoor zal vermoeiing vermoedelijk niet maatgevend zijn.

4.2 Beschouwde onderdelen

De volgende onderdelen zijn getoetst:

- Onderwapening in langsrichting in het eindveld;
- Bovenwapening in langsrichting boven de steunpunten;
- Onderwapening in langsrichting in de middenvelden;
- Onderwapening in dwarsrichting in de velden;
- Bovenwapening in dwarsrichting in de velden;
- Onderwapening in dwarsrichting boven de steunpunten;
- Bovenwapening in dwarsrichting boven de steunpunten;
- Dwarskracht in dek langs de pijlerwanden;

- Pons in dek t.p.v. einde pijlerwanden.

Bij de toetsing is gebruik gemaakt van de formule: $\frac{\text{Cap - Perm}}{\text{Verand}}$

Waarin:

Cap = de capaciteit (moment, dwarskracht of ponskracht) van de doorsnede in de uiterste grenstoestand;
Perm = de rekenwaarde van het moment, de dwarskracht of de ponskracht ten gevolge van het eigen gewicht en de rustende belasting;
Verand = de rekenwaarde van het moment, de dwarskracht of de ponskracht ten gevolge van de veranderlijke belasting.

Op deze wijze wordt een waarde gevonden, waarin de verhouding wordt uitgedrukt van de beschikbare capaciteit voor de veranderlijke belasting t.o.v. de optredende waarde, veroorzaakt door de veranderlijke belasting, indien deze volledig in rekening wordt gebracht.

Een waarde $\geqslant$ 1.0 wil zeggen dat de veranderlijke belasting geheel opneembaar is;
Een waarde tussen 0 en 1.0 geeft aan welk deel van de veranderlijke belasting opgenomen kan worden;
Bij een waarde < 0 kan zelfs de permanente belasting niet geheel worden opgenomen.

4.3 Resultaten berekening constructie in de huidige toestand

Beschouwde onderdelen		T.p.v. trambaan	T.p.v. wegverkeer		
		Opgave trams en NEN 6706	VBB-last-stelsel t.o.v. klasse 60	NEN 6706-laststelsel t.o.v. α_Q=1 en α_q = 1	Kraanwagens De Ruyter en Mammoet
Volg-Nr.	Omschrijving				
1	Onderwapening in langsrichting in het eindveld	>1.0	0.6	0.7	>1.0
2a	Bovenwapening in langsrichting boven de steunpunten (gelijkm)	>1.0	0.7	0.8	>1.0
2b	Bovenwapening in langsrichting boven de steunpunten (fact 1.2)	0.9	0.4	0.5	0.7
3	Onderwapening in langsrichting in de middenvelden	>1.0	0.9	1.0	>1.0
4	Onderwapening in dwarsrichting in de velden	0.9	0.8	0.6	1.0
5	Bovenwapening in dwarsrichting in de velden	1.0	1.0	1.0	1.0
6	Onderwapening in dwarsrichting boven de steunpunten	0.8	0.4	0.6	1.0
7	Bovenwapening in dwarsrichting boven de steunpunten	-0.5	-0.4	-0.3	-0.9
8	Dwarskracht in dek langs de pijlerwanden	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0
9	Pons in dek t.p.v. einde pijlerwanden	0.0	0.0	0.0	0.0

Opmerkingen bij de resultaten:

- In regel 2a is gerekend met een gelijkmatige verdeling van de langsmomenten over de strookbreedten. In regel 2b is gerekend met een toeslag van 20% voor die gedeelten van de stroken, die zich boven de ondersteunende wanden bevinden.

- Bij de bovenwapening in dwarsrichting boven de steunpunten worden negatieve waarden weergegeven. Dit houdt in dat er onvoldoende capaciteit is voor het opnemen van de permanente belasting.
- Bij de ponsbeschouwing zijn alle waarden 0. Het blijkt dat door de permanente belasting alle ponscapaciteit wordt opgesoupeerd.
- De onderwapening in dwarsrichting boven de steunpunten blijkt ook voor diverse situaties onvoldoende te zijn.
- De onder- en de bovenwapening in langsrichting blijkt op een aantal plaatsen niet te voldoen. Dit geldt met name ter plaatse van de verkeersrijstroken. De momenten ten gevolge van de veranderlijke belasting (per meter breedte) ter plaatse van de trambaan zijn kleiner. Bovendien is het dek daar ter plaatse dikker, terwijl er dezelfde wapening aanwezig is als ter plaatse van de verkeersrijstroken.
- De belasting t.g.v. de kraanwagens kan worden opgenomen, alleen wordt niet voldaan voor wat betreft de bovenwapening in dwarsrichting boven de steunpunten en de pons in het dek t.p.v. het einde van de pijlerwanden.
- De hoeveelheid bovenwapening in dwarsrichting in de velden is slechts circa 25% van de momenteel vereiste minimale hoeveelheid wapening, uitgaande van QR24. De negatieve momenten in dwarsrichting zijn ook gering, zodat rekentechnisch wel voldaan wordt; echter niet aan de minimum wapening eis.

4.4 Mogelijke aanpassingen

De volgende aanpassingen kunnen worden overwogen:

- Liggers onder het dek tussen de pijlerwanden. Hierdoor worden de regels 6, 7 en 9 volgens de tabel op de vorige bladzijde opgelost.
- Een laag (hoge-sterkte) beton op het dek. Hierdoor is regel 2 op te lossen en zijn de regels 1, 3 en 4 te verbeteren of ook op te lossen.
- Versterken van het dek door het aanbrengen van koolstofwapening. Hiermee kunnen de regels 1, 3 en 4 worden opgelost.
- Aanpassen eisen m.b.t. belasting.

Liggers onder het dek tussen de pijlerwanden

Een effectieve versterking zou kunnen worden gerealiseerd door het dek tussen de pijlers te versterken. Gedacht kan worden aan stalen liggers, die de circa 4.50 m tussen de wanden overspannen en aan dek en wanden worden vastgemaakt. Deze liggers kunnen het tekort in draagkracht van het dek in dwarsrichting compenseren. Tevens wordt hiermee het probleem van het tekort aan ponsdraagvermogen opgelost.

Een laag (hogesterkte) beton op het dek

Door de stoepen naast de verkeersrijstroken te vervangen door constructief gewapend beton (eventueel hogesterkte beton) is de draagkracht in zowel de langs- alsook de dwarsrichting te verbeteren. Het zou de voorkeur verdienen ook ter plaatse van de verkeersrijstroken en trambanen een laag aan te brengen. Hierdoor wordt het niveau van de rijwegen wellicht enigszins verhoogd. Wel moet worden geconstateerd dat, met name om voldoende ponscapaciteit in het dek t.p.v. het einde van de pijlerwanden te creëren, de vereiste verdikking substantieel zal moeten zijn. Dit geldt met name daar waar de te maken sparingen een gedeelte van de ponsperiferie zullen wegnemen.

Versterken van het dek door het aanbrengen van koolstofwapening

Aan de onderzijde van het dek kan koolstofwapening worden opgelijmd. Hiermee kan het draagvermogen in de langsrichting worden verbeterd. Omdat ook in de dwarsrichting een tekort aan wapening wordt geconstateerd is nadere beschouwing van de haalbaarheid van het in twee richtingen versterken te overwegen.

Aanpassen eisen m.b.t. belasting

Kijkend naar de wegverkeersstroken en dan met name met de belasting volgens de NEN 6706, kan worden overwogen een reductie toe te passen op de α_Q en α_q factoren. Indien versterking aan de bovenzijde door een laag beton wordt toegepast, dan zal de draagkracht in langsrichting

bij acceptatie van een waarde van 0.8 wellicht voldoende zijn, zonder versterking in langsrichting aan de onderzijde. Verwacht wordt namelijk dat het maximale veldmoment iets af zal nemen bij versterken (en daarmee verstijven) van het dek ter plaatse van de steunpunten.
Bij de afweging van de minimaal vereiste α-factoren dient men zich te realiseren dat deze op 1.0 worden gesteld voor hoofdwegen, waar dus alle verkeer moet kunnen passeren.

4.5 Invloed te maken sparingen

In de huidige situatie is de afdracht van de dekbelasting al ongunstig, omdat deze ter plaatse van de koppen van de ondersteunende wanden plaatselijk wordt gerealiseerd. Op die plaatsen is de veiligheid t.a.v. pons nu feitelijk reeds onvoldoende (zie ook par. 4.3).
Door de te maken sparingen, met een lengte van 10 m, wordt de situatie nog aanzienlijk ongunstiger, omdat:

- Er door de plaats en de afmetingen van de te maken sparingen een gedeelte van het betondek op korte afstand van de ondersteunende wand wordt verwijderd. Hierdoor zal de schuifspanning in de resterende ponsvlakken substantieel toenemen en daarmee dus ook de overschrijding van de toelaatbare waarde.
- Met het maken van de sparingen wordt ook een gedeelte van de aanwezige opgebogen wapening verwijderd; ook hierdoor vermindert de ponscapaciteit.

Zoals uit voorgaande paragrafen blijkt, is het versterken van het dek boven de pijlers in dwarsrichting noodzakelijk in verband met het tekort aan dwarswapening in het dek boven de steunpunten. Indien lijnvormige ondersteuningen van het dek worden gecreëerd tussen de pijlerwanden, dan wordt de belastingafdracht ook lijnvormig, waardoor de situatie aanzienlijk wordt verbeterd. Ook de ongunstige invloed van de te maken sparingen neemt daardoor sterk af. Een lijnvormige ondersteuning kan bijvoorbeeld worden gerealiseerd door stalen liggers onder het dek aan te brengen.

De geplande sparingen bevinden zich hoofdzakelijk buiten de meewerkende dekbreedten waarin de verkeerbelastingen worden gedragen. Dit geldt zowel voor het wegverkeer alsook voor de trambaan. Hierdoor zijn de sparingen minder van invloed op de krachtsverdeling in langsrichting en dus op de langswapening in het dek.

4.6 Nadere berekeningen

Nadere, meer gedetailleerde, berekeningen zullen noodzakelijk zijn om de krachtsverdeling, de draagkracht en de aan te brengen versterkingen definitief te bepalen.
Daarbij kan, afhankelijk van de keuze van de wijze van versterken, in rekening worden gebracht dat er in de langsrichting grotere stijfheden ontstaan dan in de dwarsrichting. Hierdoor kan wellicht worden bereikt dat de momenten in dwarsrichting zullen reduceren.

5 Indicatie kosten

Voor een aantal mogelijke aanpassingen van het dek wordt hierna een prijsindicatie gegeven:
- het maken van de sparingen;
- het versterken van het dek door middel van stalen balken tussen de pijlerwanden;
- het aanbrengen van een laag beton op het dek;
- het versterken middels koolstofwapening aan de onderzijde.

Alle genoemde kosten zijn exclusief 50% staartkosten en projectonvoorzien.

Het maken van de sparingen
De kosten voor het maken van de 4 gaten t.b.v. de trappen en liften, inclusief het afvoeren van het puin als bouw- en sloopafval, zal globaal € 34.000,- bedragen.

Het versterken van het dek door middel van stalen balken tussen de pijlerwanden
Voor het versterken met behulp van liggers onder het dek tussen de pijlerwanden dient globaal gerekend te worden op € 6.500,- per ligger,.
Het aantal liggers bedraagt 6 per pijler en het aantal pijlers is 6, zodat er een totaal bedrag van € 234.000,- mee gemoeid zal zijn.

Het aanbrengen van een laag beton op het dek
De kosten voor het aanbrengen van een laag hoogwaardige beton met een dikte van 200 mm op het dek, inclusief in te lijmen ankers, zal globaal € 300,- per m² bedragen.

Het versterken middels koolstofwapening aan de onderzijde
De kosten voor het aanbrengen van een koolstofwapening aan de onderzijde van het dek, bedraagt, onder meer afhankelijk van de vereiste hoeveelheid koolstofvezels en het aantal richtingen waarin het moet worden aangebracht, naar schatting € 200,- tot € 400,- per m².