

Dienst Beheer Infrastructuur  
afdeling Technisch  
Specialistisch Onderhoud

Aan  
Berend Feddes

Van  
Simon Duivenvoorde

Telefoonnummer  
0182 - 62 22 82

Datum  
21 april 2005

Betreft

Korte notitie met aandachtspunten en een afschatting van de haalbaarheid van 4 rijstroken autoverkeer over de Lammebrug te Leiden.

Berend,

Op je verzoek naar de haalbaarheid van 4 rijstroken autoverkeer op de Lammebrug zal in deze notitie een beknopte reactie worden gegeven.

Het plan is het fietspad op de Lammebrug te laten vervallen zodat er een extra rijstrook bij kan komen voor het autoverkeer. Er zijn dan 2x2 rijstroken beschikbaar voor autoverkeer.

Voor de fietsers zal dan een afzonderlijke brug over de Vliet worden gerealiseerd.

De werkdagintensiteit is 40.000 motorvoertuigen per etmaal.

De Lammebrug is +/- 1960 gebouwd. De brug bestaat uit twee overspanning van gewapend beton en één beweegbare stalen basculebrug. Het originele ontwerp gaat uit van twee rijbanen voor het autoverkeer op de brug. In 1983 is de brug gereconstrueerd. Toen zijn drie rijbanen voor het autoverkeer gerealiseerd. Hiervoor is de brug aan de noordzijde 1.6m verbreed. Bij deze werkzaamheden is de hele stalen klep van de basculebrug vervangen door een breder exemplaar.

Deze volgende aspecten zullen bondig worden beschouwd:

1. De huidige staat van de brug
2. De huidige wegindeling en de geplande toekomstige wegindeling
3. De draagkracht van de fundering.
4. De draagkracht van de betonnen aanbruggen.
5. De draagkracht van de stalen basculebrug.

### 1. De staat van de brug.

Na een bestudering van de archiefstukken en de een globale inspectie ter plaatse is het volgende gebleken.

- De brug is oorspronkelijk ontworpen voor twee laststelsels klasse B of één laststelstel klasse A.
- In de betonnen overspanningen is in het verleden scheurvorming geconstateerd. Uit de positie van de scheuren kan worden verondersteld dat deze zijn veroorzaakt door een combinatie van de normale verkeersbelasting in combinatie met een verplaatsing van het landhoofd. Extra staven wapeningstaal zijn lokaal bijgelegd, door middel van gietmortel zijn deze staven verbonden verbinding met de onderzijde van het betonnen dek.



**Figuur 1, herstelwerk van de onderrand van de aanbrug. Divers scheurenpatroon**

- In de betonnen aanbruggen (incl de oplegbalk op de pijlers) is een scheurenpatroon waar te nemen dat duidt op aantasting van het beton. Dit kan duiden op een alkali silica reactie in het beton)



**Figuur 2, Betonschade in de oplegbalk in pijler**



**Figuur 3, detail opname oplegbalk in pijler**

## **2. De huidige wegindeling en de geplande toekomstige wegindeling**

De wegindeling zoals deze in 1983 is gerealiseerd en een mogelijke wegindeling met vierrijstroken is bijgevoegd als tekening in bijlage A.

Uit onderzoek ter plaatse lijkt er inderdaad ruimte te zijn op de plaats van het huidige fietspad voor een 4 rijbaan voor het autoverkeer. Zie foto. Voor een fietspad blijft dan geen ruimte meer over. Er lijken geen fysieke obstakels zich op het brugdek te bevinden, anders dan de huidige betonnen rijbaan scheiding tussen autoverkeer en fietspad.



**Figuur 4, Op de linker foto het fietspad waar een rijbaan wordt gepland.**

## **3. De draagkracht van de fundering.**

In het verleden zijn de landhoofden verdraaid. Blijkbaar is de draagkracht van de landhoofden beperkt. De toenmalige opzichter van de herstelwerkzaamheden heeft aangegeven de hieruit voortvloeiende schade zoals scheurvorming te hebben hersteld. Aangezien het dek van de brug naar de noordzijde met 1.65m is verbreed is de is het zwaartepunt van de brug naar de noordzijde verplaatst. Wanneer over deze verbreding verkeer zal rijden, zal de noordzijde van de fundering nog zwaarder worden belast.

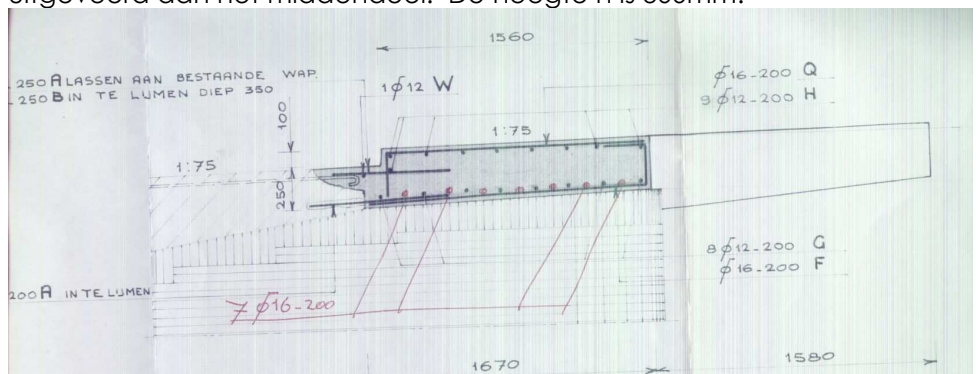
Zeker gezien de reeds opgetreden vervorming van de fundering valt de aanvullende assymetrische belasting van de brugfundering af te raden.



**Figuur 5, de bovenste foto geeft de verbrede noordzijde aan, het dek kraagt uit over de pijler. De onderste foto geeft de niet verbrede zuidelijke zijde weer.**

#### **4. De draagkracht van de betonnen aanbruggen**

Na vermoedelijke rotatie van de landhoofden zijn de aanbruggen gescheurd. Door het aanbrengen van extra wapening en spuitmortel is dit gerepareerd. Desalniettemin geeft de schade aan de aanbruggen relatief zwaar belast worden. De verbreding aan de noordzijde is slanker uitgevoerd dan het middendeel. De hoogte  $h$  is 300mm.



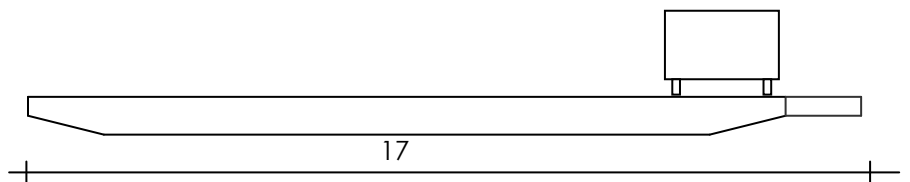
**Figuur 6, grijs gearceerde deel is de verbreding**

Het bestaande dek bestaat heeft onderin een wapening van  $\varnothing 14-250$  en  $\varnothing 32-250$ , deze laatste wapening buigt omhoog bij het steunpunt. De brug is uit 1958. We gaan uit van een staalkwaliteit van QR22 uit de GBV1950. De rekenwaarde  $f_s$  van dit staal is  $191 \text{ N/mm}^2$ . Voor het opneembaar moment in het veld komen we dan op:  $h = 450 \text{ mm}$   
 $M_u = A_s * f_y * 0.9 * d = (3217 + 616) \text{ mm}^2 / \text{m} * 191 \text{ N/mm}^2 * 0.9 * 400 \text{ mm} = 263 \text{ kNm/m}$

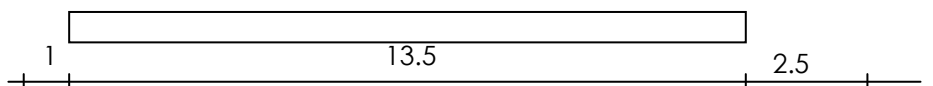
In het aangestortte gedeelte is het op te nemen moment:  
 $7 \varnothing 16$  en  $8 \varnothing 12$  over een  $1.65 \text{ m}$  brede verbreding.  
 (hierbij is de  $7 \varnothing 16$  als wijziging op de tekening met rode pen aangebracht).  
 $M_u = A_s * f_y * 0.9 * d = (7 * 201 + 8 * 113) \text{ mm}^2 / 1.65 \text{ m} * 435 \text{ N/mm}^2 * 0.9 * 250 \text{ mm} = 137 \text{ kNm/m}$

Uit de originele berekening valt te halen dat voor één laststelstel klasse A of twee laststelstels klasse B rekening moet worden gehouden met een veldmoment van  $M_{rep} = 180 \text{ kNm}$ . Hieruit valt te concluderen dat verbreding aanzienlijk minder draagkracht bezit dan de originele betonnen aanbrug. Deze verbreding is niet ontworpen om het verkeer te dragen. Door de geringere hoogte is dit gedeelte ook minder stijf.

Met de theorie van Guyon-Massonet is een afschatting te maken van de dwarsverdelingscoëfficiënt  $K$  die in rekening gebracht moet worden bij verkeer op het afgeschuinde deel van de constructie.



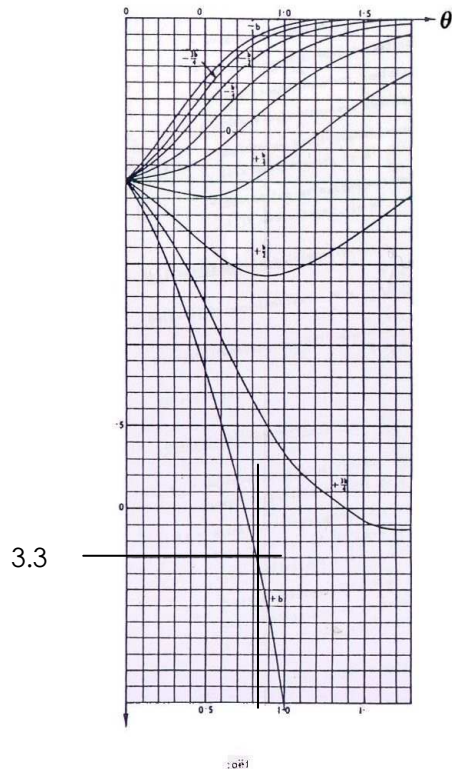
Gemodelleerd tot het volgende rechthoekige blok



Met  $a = l/2 = 8/2 = 4 \text{ m}$  en  $b = b_t/2 = 13.5 \text{ m}/2 = 6.75 \text{ m}$   
 Dan is  $\theta = b/2a = 0.843$   
 Het dek is een plaat, hierdoor is  $\alpha = 1$   
 Het voertuig staat tov het gemodelleerde blok met een aan de rand. Ook aan deze rand zal de grootste dwarsverdeling worden gevonden.  
 Met behulp van onderstaand figuur wordt de  $K$  factor bepaald op 3.3.

moment in dek	eigen gewicht P klasse A	p	overig	totaal	
	72.3	83	24.2	-1.82	177.68 kNm
K factor		3.3			
nieuwe belastingen	72.3	273.9	24.2	-1.82	368.58 kNm

Door een factor 3.3 toe te passen op de mobiele belasting komt het totale langsmoment twee maal zo hoog uit! Het wapeningsmoment in de originele brug is slechts berekend op 180kNm.



**Figuur 7. De dwarsverdelingscoëfficiënten voor K<sub>1</sub>**

### 5. De draagkracht van de stalen basculebrug.

De stalen klep van de bascule is bij de verbreding vervangen door een geheel nieuw en breder exemplaar. Zoals bij de doorsnedeschets te zien is lijkt zijn de meest noordelijke hoofdlijger bij gebruik als een zeer onevenredig zwaar te worden belast.

**Conclusie:**

Geconstateerd is dat de betonnen aanbruggen in het verleden schade hebben opgelopen door overbelasting. Waarschijnlijk door rotatie van de landhoofden in combinatie met een normale verkeersbelasting. Dit geeft aan dat er weinig reservecapaciteit aanwezig is in zowel fundering van de landhoofden als in het langsmoment van de betonnen aanbruggen.

Door de verbreding van het brugdek uit 1983 zal het qua inrichting van de brug mogelijk worden om geheel op de buitenzijde van de originele brug te rijden. Deze brug is daar in de originele berekening niet op berekend. Met afschatting van de vergrotingsfactor die toegepast moet worden volgens de gangbare Guyon-Massonet theorie blijkt het langsmoment te groot te worden in de aanbruggen.

Vier rijbanen toepassen is hierdoor constructief niet mogelijk.

Aangezien het af te raden valt de betonnen aanbruggen en de fundering zwaarder te belasten, is niet verder gekeken naar de draagkracht van het stalen dek.

In het geval toch zeer gewenst is vier rijbanen over de brug te voeren kan worden overwogen een de boven- en onderbouw van de brug grootschalig te renoveren. Dit zal zodanig moeten gebeuren dat de draagkracht voor vier rijbanen gewaarborgd wordt. Wel zal bij een dergelijke renovatie rekening moeten worden gehouden met tijdelijke overlast voor het verkeer.