



GEMEENTE DELFT

Sterkteberekening Hoogbrug conform Eurocode/NEN 8700



Ingenieursbureau Westenberg B.V.
Postbus 256
3840 AG Harderwijk



Versie	Datum	Documentnr.	Status	Opgesteld door: ing. Ghaled Hassan	
1	07-03-18	Dt.108-014	Concept	Gecontroleerd door: ing. Imco Flipse	



SAMENVATTING

Opdracht

Gemeente Delft heeft aan Ingenieursbureau Westenberg B.V. te Harderwijk opdracht verstrekt voor het uitvoeren van een constructieve berekening en een nader onderzoek aan drie bruggen gelegen in gemeente Delft.

In deze rapportage zijn de resultaten van de sterkteberekening en van het nader onderzoek van de Hoogbrug opgenomen. De resultaten van de sterkteberekeningen en van de nader onderzoeken van de Pontenbrug en de Gasthuisbrug worden in een afzonderlijke rapportages met de kenmerken Dt.108-012 en Dt.108-013 behandeld.

De berekeningen in dit rapport zijn conform de nieuwe normen (Eurocode/NEN 8700) uitgevoerd c.q. opgesteld.

Het doel

Het doel van de uit te voeren werkzaamheden is middels een constructieve berekening de draagkracht van de drie kunstwerken te bepalen en met behulp van een nader onderzoek de technische staat, de omvang en de oorzaak van de aangetroffen schades in kaart te brengen.

Conclusie

De gemetselde Hoogbrug verkeert constructief gezien in slechte staat. Zowel aan de onderzijde als aan de bovenzijde van de constructie is scheurvorming geconstateerd. Dit duidt op overbelasting van de constructie. Daarnaast is de voegmortel verweerd. De samenhang tussen de metselstenen is minimaal. Dit betekent dat de draagkracht van de constructie sterk is afgenomen.

Uit de sterkteberekening blijkt dat de Hoogbrug onvoldoende draagkracht heeft om te kunnen voldoen aan alle verkeer c.q. belastingmodellen volgens de NEN-EN 1991-2.

Volgens de NEN-EN 1992-2 heeft Hoogbrug voldoende draagkracht om te kunnen voldoen aan verkeer met een maximaal gewicht van 10 ton c.q. een aslast van 3 ton.



Figuur 1: verkeersborden C20 en C21 voor Hoogbrug

Aanbevelingen

De ontwerpklassering van de Hoogbrug is onbekend. Gezien het bouwjaar en geconstateerde schades kan worden geconcludeerd dat de Hoogbrug niet is ontworpen voor de huidige verkeersbelastingen. Om overbelasting van de hoofdconstructie te voorkomen wordt geadviseerd de gemetselde brug te versterken. Tot de tijd van de versterking wordt aanbevolen de gemetselde brug met een maximaal gewicht van 10 ton c.q. een aslast van 3 ton te belasten en verkeersborden C20 en C21 te plaatsen.



INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING.....	II
OPDRACHT	II
HET DOEL	II
CONCLUSIE.....	II
AANBEVELINGEN	II
1. INLEIDING	1
1.1 OPDRACHT	1
1.2 LEESWIJZER	2
2. BASISINFORMATIE EN UITGANGSPUNTEN.....	3
2.1 ALGEMENE BASISINFORMATIE	3
2.2 CLASSIFICATIE VAN DE CONSTRUCTIE	3
2.3 ARCHIEFONDERZOEK.....	3
2.4 VOORSCHRIFTEN, RICHTLIJNEN EN SOFTWARE.....	3
3. CONSTRUCTIEVE INSPECTIE EN NADER ONDERZOEK	4
3.1 GEOMETRIE	4
3.2 CONSTRUCTIEVE INSPECTIE.....	4
3.3 MATERIAALGEGEVENS.....	5
4. BELASTING EN BELASTINGCOMBINATIES	7
4.1 ALGEMEEN	7
4.2 BELASTINGCOMBINATIES	7
4.3 BELASTINGEN	10
5. SCHEMATISERING EN MODELLERING.....	14
5.1 BEOORDELING VAN DE CONSTRUCTIEVE VEILIGHEID	14
5.2 MODELLERING	14
5.3 SCHEMATISERING.....	14
6. CONSTRUCTIEVE OPBOUW EN TOETSINGEN	16
6.1 GEOMETRISCHE ASPECTEN.....	16
6.2 BEPALING DRUKSTERKTE VAN HET METSELWERK	17
6.3 CONTROLE VAN HET BRUGDEK IN DE UITERSTE GRENSTOESTAND (UGT)	18
6.4 BEPALING VAN DE TOEGESTANE BELASTING	19
7. CO4NCLUSIES EN AANBEVELINGEN	20
7.1 CONCLUSIE.....	20
7.2 AANBEVELINGEN	20
8. OVERZICHT BIJLAGEN	21



1. INLEIDING

1.1 Opdracht

Gemeente Delft heeft op 25 januari 2018 aan Ingenieursbureau Westenberg B.V. opdracht verstrekt voor het uitvoeren van een constructieve berekening en een nader onderzoek aan drie bruggen gelegen in gemeente Delft.

Opdrachtgever: Gemeente Delft

Opdrachtnemer: Ingenieursbureau Westenberg B.V. te Harderwijk

Datum opdracht: 25 januari 2018

Datum uitvoering: 8 februari 2018

Conclusie en advies zijn vastgesteld door constructeur ing. Ghaled Hassan en gecontroleerd door senior constructeur ing. Mohamed Bagdadi.

De resultaten van de inspectie zijn vastgelegd in:

- Deze rapportage conclusies en advies;
- Bijlage I in/uitvoer AxisVM sterkteberekening Hoogbrug;
- Bijlage II inspectietekeningen;
- Bijlage III kostenraming herstel.

Het doel

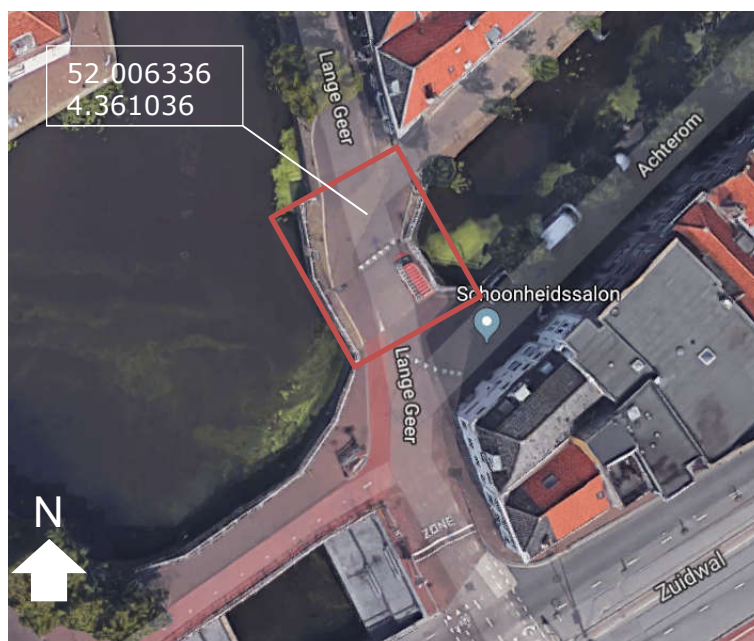
Het doel van de uit te voeren werkzaamheden is middels een constructieve berekening de draagkracht van de drie kunstwerken te bepalen en met behulp van een nader onderzoek de technische staat, de omvang en de oorzaak van de aangetroffen schades in kaart te brengen.

In deze rapportage zijn de resultaten van de sterkteberekening en van het nader onderzoek van de Hoogbrug opgenomen. De resultaten van de sterkteberekeningen en van de nader onderzoeken van de Pontenbrug en de Gasthuisbrug worden in een afzonderlijke rapportages met de kenmerken Dt.108-012 en Dt.108-013 behandeld.

De berekeningen zijn opgesteld c.q. uitgevoerd conform de Eurocodes, NEN 8700, NEN 8701 en RBK 1.1 van Rijkswaterstaat. Het voorschrift NEN 8700 gaat in op de grondslagen voor de beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk en met de NEN 8701 worden, in aanvulling op de grondslagen, de belastingen op de bestaande constructie bepaald.



Figuur 2: Overzichtsfoto Hoogbrug



Figuur 3: Satellietfoto van Hoogbrug

1.2 Leeswijzer

De basisinformatie en uitgangspunten zijn in hoofdstuk 2 toegelicht en de inspectie-onderzoekresultaten zijn in hoofdstuk 3 beschreven. De belastingen en belastingmodellen zijn samengevat in hoofdstuk 4, waarbij de belastingcombinaties worden toegelicht. In hoofdstuk 5 wordt de schematisering en modellering van de Hoogbrug volgens RBK 1.1 weergegeven. De constructieve opbouw en de sterkteberekening van de Hoogbrug is opgenomen in hoofdstuk 6. Tot slot zijn de conclusies en aanbevelingen opgenomen in hoofdstuk 7. Het overzicht met bijlagen is weergegeven in hoofdstuk 8



2. BASISINFORMATIE EN UITGANGSPUNTEN

2.1 Algemene basisinformatie

- inspectie van Ingenieursbureau Westenberg B.V.;
- paspoortgegevens en herstelmaatregelen uit voorgaande inspecties;
- beoordelingsformulier constructieve veiligheid, Nebest 20-01-16;
- offerte van Ingenieursbureau met kenmerk Dt.108-003-v1 d.d. 28 december 2017.

2.2 Classificatie van de constructie

De Hoogbrug wordt ingedeeld in gevolgklasse 2 (CC2) en wordt getoetst op verbouwniveau. Daarbij wordt uitgegaan van een restlevensduur van minimaal 15 jaar (de veiligheid van de constructie wordt voor 15 jaar gewaarborgd) en een referentieperiode van 30 jaar (aanbevolen referentieperiode), e.e.a. conform NEN 8700. Alleen de bovenbouw (het brugdek) wordt beschouwd en beoordeeld.

2.3 Archiefonderzoek

Uit het archiefonderzoek c.q. de door de Gemeente Delft aangeleverde gegevens blijkt dat er geen ontwerptekeningen en -berekeningen beschikbaar zijn. Tijdens het buitenonderzoek is alle benodigde informatie ten behoeve van de berekening en technische staat van de Hoogbrug verzameld.

2.4 Voorschriften, Richtlijnen en Software

Bij het toetsen van de constructie worden de vigerende normen inclusief de bijbehorende Nationale Bijlagen gehanteerd.

2.4.1 Voorschriften

- | | |
|--------------------------------|---|
| - NEN-EN 1990:2011 | Grondslagen van het constructief ontwerp; |
| - NEN-EN 1990:2002/NB:2010 | Nationale bijlage bij NEN-EN 1990; |
| - NEN-EN 1991-1-5 | Algemene belastingen- Thermische belasting; |
| - NEN-EN 1991-2+C1:2011 | Belastingen op constructies- Deel 2: Verkeersbelasting op Bruggen; |
| - NEN-EN 1991-2:2011/NB:2011 | Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-2; |
| - NEN-EN 1993-1-1+ C2:2011 | Ontwerp en berekening van staalconstructies; |
| - NEN-EN 1993-1-1:2011/NB:2011 | Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1; |
| - NEN-EN 1993-2+C1:2011 | Ontwerp en berekening van staalconstructies-bruggen; |
| - NEN-EN 1995 | Ontwerp en berekening van houtconstructies; |
| - NEN 8700:2011 | Beoordeling constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - Grondslagen; |
| - NEN 8701:2011 | Afkeuren en verbouw van bestaande bouwwerken |
| | Belastingen. |

2.4.2 Richtlijnen

- Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken (RBK 1.1): 27 mei 2013

2.4.3 Software

- Microsoft Word, Visio en Excel
- AxisVM versie 13
- AutoCAD release 2012



3. CONSTRUCTIEVE INSPECTIE EN NADER ONDERZOEK

3.1 Geometrie

Tijdens het archiefonderzoek zijn geen relevante documenten gevonden. De geometrie van de constructie en andere relevante informatie is vastgelegd tijdens het buitenonderzoek.

3.2 Constructieve inspectie

De aanleiding voor het uitvoeren van een nader onderzoek is dat de oorzaak van de aangetroffen schades niet bekend is. De scheurvorming in de constructie duidt op overbelasting. Tijdens de inspectie is hier extra aandacht aan besteed door de constructeur en met behulp van een nader onderzoek, met inzet van een boot, zijn de schades onder handbereik geïnspecteerd.

Resultaten

Tijdens de constructieve inspectie heeft de constructeur de constructie getoetst op de aanwezigheid van constructieve schades (bijvoorbeeld zettingsverschillen, constructieve scheuren, wapeningscorrosie). Met een risicoanalyse zijn de voor de betreffende constructie risicovolle onderdelen en schademechanismen bepaald. Dit betreft een voorspelling op basis van constructietype en ervaring. De voor de verificatieberekening relevantie (constructieve) schades zijn vastgelegd en door de constructeur beoordeeld. Hieronder zijn deze schades weergegeven.

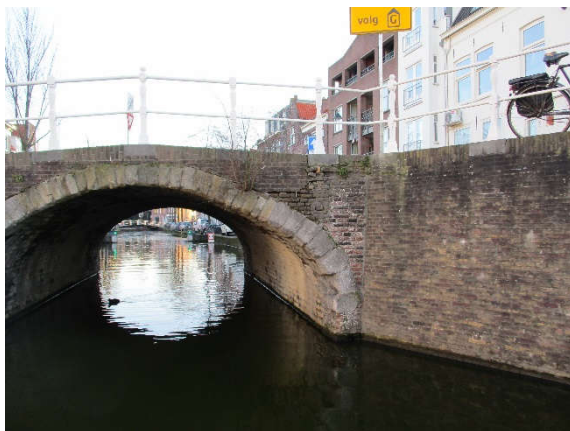


Schade: Diverse scheuren geconstateerd aan bovenzijde en onderzijde van de constructie.

Oorzaak: Overbelasting van de bestaande constructie.

Risico: Verminderde samenhang tussen de metselstenen, met in het ergste geval bezwijken van de constructie tot gevolg.

Maatregel: Versterken van de huidige constructie.

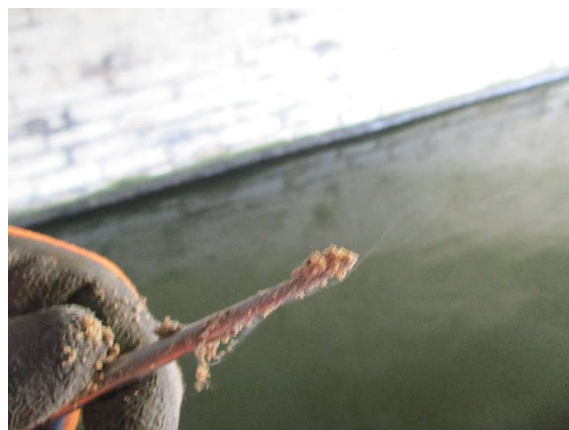


Schade: Wortelgroei in de open voeg, boven de boogconstructie.

Oorzaak: Door onvoldoende reinigen en klimatologische invloeden.

Risico: Door de wortelgroei wordt de metselsteen losgedrukt, wat in het ergste geval tot bezwijken van de constructie kan leiden met mogelijk letselschade voor passerende (plezier)vaart.

Maatregel: Verwijderen wortelgroei en herstellen losgedrukte stenen.



Schade: Het voegwerk is verweerd.

Oorzaak: Einde levensduur.

Risico: Verminderde samenhang tussen de metselstenen, wat in het ergste geval tot bezwijken van de constructie kan leiden.

Maatregel: Versterken van de huidige constructie.

Figuur 4: Overzicht beoordeelde shades

3.3 Materiaalgegevens

3.3.1 Kalksteen

In het verleden werd kalksteen veelvuldig toegepast in Nederland. De Hoogbrug is volgens de beschikbaar gestelde gegevens in de 18^{de} eeuw gebouwd. De kenmerken van toegepaste stenen komt sterk overeen met kenmerken van Gobertange¹ (witte Belgische steen) kalksteen uit Vlaams Brabant. Ook de Nieuwe kerk in Delft is opgebouwd uit Gobertange-steen. Gobertange is een foraminiferen-kalksteen, waarin soms wat kwarts voorkomt. De schollen zijn 30 – 50 cm dik en hebben een harde kern, die een goede bouwsteen vormt (circa 1/3 van de dikte). Het hardste gedeelte van de kern is polijstbaar. De buitenzijde van de schollen zijn zachter, schelpachtig, kwartsrijker, onvoldoende versteend en onbruikbaar. In verleden zijn drie onafhankelijke onderzoeken gedaan naar het kwartsgehalte. Het kwartsgehalte is afhankelijk van het gedeelte

¹ Deze benaming is in het verleden veelvuldig toegepast



van de schol waaruit het monster werd getrokken. De resultaten van de onderzoeken gaven vrij grote verschillen. De druksterkte van de stenen is afhankelijk van de schollen. De gemiddelde druksterkte bedraagt $f_b = 82,0 \text{ N/mm}^2$. Gezien de bouwjaar, de steensoort en schadebeelden, wordt voor de druksterkte van het kalksteen $f_b = 60,0 \text{ N/mm}^2$ (ondergrens) gekozen/gehanteerd. Dit is een veilige aanname.

De materiaalparameters van het metselwerk zijn:

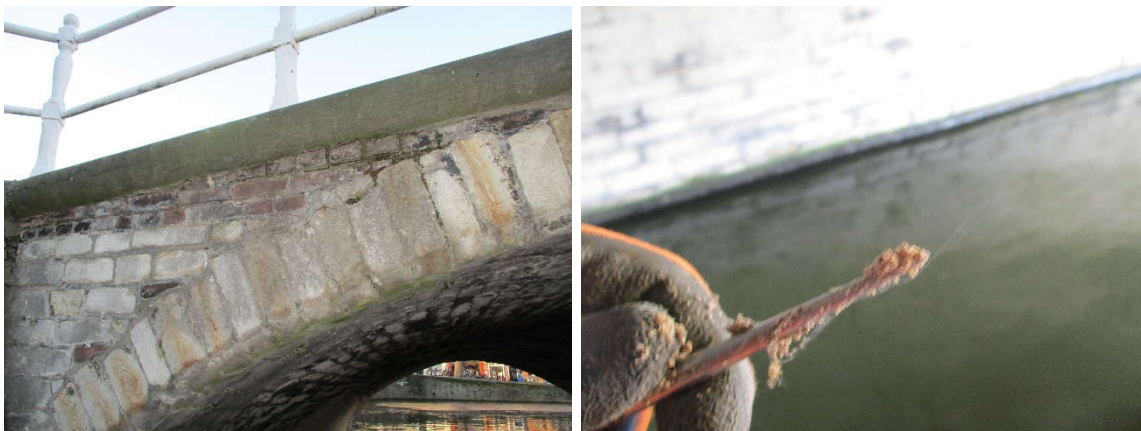
- Representatieve druksterkte (formaat 350x110 mm) $f_b = 60,0 \text{ N/mm}^2$
- Materiaalfactor (conform art. 2.4.3 van NEN-EN 1996-1-1/NB) $\gamma_m = 1,7$

3.3.2 Mortel

De toegepaste steenmortel is kalkgebonden metselwerkmortel. Later zijn de voegen aan de onderzijde van de boogconstructie opnieuw gevoegd met een harde cementgebonden voegmortel. In het verleden waren nog geen genormeerde mortels. De mortel bestond uit kalk, toeslagstoffen (zand) en het water. De samenstelling van de mortel bepaalt de uiteindelijke sterkte van de mortel. Conform NEN-EN 1993-1-1/NB varieert de gemiddelde druksterkte van metselmortel van M1 tot M20. De definitie en de mortel type worden in NEN-EN 998-2 verder toegelicht. Een veilig aanname van de gemiddelde mortel druksterkte is $f_m = 1,0 \text{ N/mm}^2$ (Klasse M1). De aanname is gebaseerd op milieu (hoog vochtige) en de resultaten van de buiteninspectie.

De materiaalparameters van de mortel zijn:

- Representatieve druksterkte (traditioneel) $f_b = 1,0 \text{ N/mm}^2$
- Materiaalfactor (conform art. 2.4.3 van NEN-EN 1996-1-1/NB) $\gamma_m = 1,7$



Figuur 5: Foto's van kalksteen en kalkmortel



4. BELASTING EN BELASTINGCOMBINATIES

4.1 Algemeen

Voor het bepalen van de gevolgklasse van een willekeurig kunstwerk dient tabel NB.20 van NEN-EN 1990 NB gehanteerd te worden. Vanuit tabel NB.20 wordt deze gemetselde brug onder gevolgklasse CC2 ingedeeld. De aangegeven gevolgklasse heeft betrekking op de constructieve en dragende onderdelen van de brug. Berekening van de constructieve elementen (STR) behoren te zijn getoetst c.q. berekend met de rekenwaarden van belastingen uit tabel A1.2(B) van de nationale bijlage van NEN-EN 1990.

De partiële belastingfactoren γ_i van tabel A.2.2 (B&C) van de NEN 8700:2011 dienen gehanteerd te worden. In onderstaande tabellen zijn alle partiële belastingfactoren weergegeven.

Tabel 1: Partiële belastingfactoren (γ) voor de uiterste grenstoestand STR en GEO

factoren NEN 8700 tabel A.2.2 (B)					
Belastingfactoren bij verbouw					
Belastingcombinatie	Blijvende belastingen		Verkeer	Wind	Overige variabele belasting
	Ongunstig	Gunstige			
(vgl. 6.10a)	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,inf}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$
Gevolgklasse 1a/b	1,10	0,90	1,10	1,20	1,10
Gevolgklasse 2	1,25	0,90	1,20	1,40	1,30
Gevolgklasse 3	1,30	0,90	1,30	1,60	1,50
(vgl. 6.10b)	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,inf}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$
Gevolgklasse 1a/b	1,10	0,90	1,10	1,20	1,10
Gevolgklasse 2	1,10	0,90	1,20	1,40	1,30
Gevolgklasse 3	1,15	0,90	1,30	1,60	1,50

Voor combinaties gr1-gr5, W, T en S, van tabel NB16 van NEN-EN 1990/NB:2010, gelden vergelijkingen (6.10) van NEN-EN 1990.

De vergelijking 6.10 van NEN-EN 1990 luidt als volgt:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{vgl. 6.10})$$

Bij de toetsing van de uiterste grenstoestand (STR) dienen beide formules c.q. belastingcombinaties (6.10a) en (6.10b) getoetst te worden.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

4.2 Belastingcombinaties

Volgens tabel B.2 van NEN 8700 bedraagt de minimum referentieperiode 15 jaar voor een brug ingedeeld onder gevolgklasse CC2.

$$F_t = F_{t0} \cdot y_t = F_{t0} \cdot \left(1 + \frac{1 - y_1}{9} \cdot \ln \left(\frac{t}{t_0} \right) \right)^{\frac{1}{p}}$$



Voor het bepalen van de factor ψ_t voor de verkeersbelasting zijn de volgende waarden aangenomen:

$N_{ob} = 200.000$ vrachtwagens per jaar (geen reductiefactor toepassen);
 $t = 30$ jaar aanbevolen referentieperiode volgens NEN 8700, tabel A2.2 (C);
 $t_0 = 100$ jaar basisreferentieperiode.

$$\psi_t = \left\{ 1 + \frac{1 - \psi_1}{9} \cdot \ln\left(\frac{t}{t_0}\right) \right\} = \left\{ 1 + \frac{1 - 0,8}{9} \cdot \ln\left(\frac{30}{100}\right) \right\} = 0,97; \psi_t = 1 \text{ (veilige aanname)}$$

Volgens tabel 4.4a van NEN-EN 1991-2 zijn bij de berekening, volgens de formules (6.10a) en (6.10b) van NEN-EN 1990, de volgende combinaties aangehouden:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{vgl. 6.10a})$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{vgl. 6.10b})$$

4.2.1 Reductiefactoren

Indien van toepassing mogen er conform §5.1 van de NEN 8701:2011 reducties worden toegepast op de veranderlijke belastingen, bijvoorbeeld als de referentieperiode minder dan 100 jaar is. Hieronder zijn de reductiefactoren bepaald.

Verkeerscategorie en vrachtwagenintensiteit:

Bij kunstwerken in wegen met een vrachtwagenintensiteit van minder dan $2,0 \cdot 10^6$ per rijstrook per jaar, mogen de belastingen volgens NEN-EN 1991-2+C1:2011/NB:2011 worden gereduceerd. Voor deze brug is het aantal van 200.000 vrachtwagens per jaar per rijstrook aangehouden. De reductiefactor is met behulp van onderstaande tabellen bepaald.

Aantal vrachtwagens per jaar per rijstrook voor zwaar verkeer N_{obs}^a	α_{Q1} en α_{q1}				α_{gr}
	Lengte van de overspanning of invloedslengte (L)				
	20 m	50 m	100 m	≥ 200 m	
$\geq 2\,000\,000$	1,0	1,0	1,0	1,0	
200 000	0,97	0,97	0,95	0,95	0,90
20 000	0,95	0,94	0,89	0,88	0,80
2 000	0,91	0,91	0,82	0,81	0,70
200	0,88	0,87	0,75	0,74	0,60

^a Tussengelegen waarden mogen worden geïnterpoleerd.

Tabel 2: tabel NB.1 van NEN-EN 1991-2:2011+C1/NB:2011

Verkeerscategorie		$N_{obs,a,ai}$ per jaar en per rijstrook voor zwaar verkeer
1	Autosnelwegen (A-wegen) en wegen met twee of meer rijstroken per rijrichting en met intensief vrachtverkeer	$2,0 \times 10^6$
2	(Auto)wegen met gemiddeld vrachtverkeer (zoals N-wegen)	$0,5 \times 10^6$
3	Wegen met weinig vrachtverkeer	$0,125 \times 10^6$
4	Wegen met weinig vrachtverkeer en bovendien uitsluitend bestemmingsverkeer	$0,05 \times 10^6$
OPMERKING De aantallen zware voertuigen per jaar en per rijstrook voor zwaar verkeer $N_{obs,a,ai}$ zijn inclusief trend.		

$0,2 \times 10^6$

Tabel 3: tabel NB.5 – 4.5(n) van NEN-EN 1991-2+C1:2011/NB:2011



4.2.2 Reductie bij referentieperiode korter dan 100 jaar:

Indien een referentieperiode wordt gehanteerd die korter is dan 100 jaar, mag volgens NEN 8701:2011 art. 5.1.2 een reductie worden toegepast voor de verticale belastingen door wegverkeer (BM1 en BM2). Voor deze brug hanteren wij een referentieperiode van 30 jaar. De reductiefactor is met behulp van onderstaande tabel bepaald.

Referentieperiode	ψ -factor ^a			
	Lengte van de overspanning of invloedslengte L			
	20 m	50 m	100 m	≥ 200 m
100 jaar	1,00	1,00	1,00	1,00
50 jaar	0,99	0,99	0,99	0,99
30 jaar	0,99	0,99	0,98	0,97
15 jaar	0,98	0,98	0,96	0,96
1 jaar	0,95 ^b	0,94 ^b	0,89	0,88
1 maand	0,91 ^b	0,91 ^b	0,81	0,81

^a Voor andere invloedslengten en referentieperioden mag lineair zijn geïnterpoleerd.
^b Zie de opmerking onder de tabel.

Tabel 4: tabel 1 van NEN 8701:2011

4.2.3 Trendreductie ten opzichte van het jaar 2060:

Voor de trendreductie op de belastingsgrootte voor BM1 en BM2 over een periode van het jaar 2010 tot 2060 en afhankelijk van de invloedslengte (vaak de overspanning) mag volgens NEN 8701:2011 art. 5.1.3 gebruik worden gemaakt van trendreductie. De reductiefactor is met behulp van onderstaande tabel bepaald.

Invloedslengte L [m]	Reductiefactor α_{trend} ^a					
	2010	2020	2030	2040	2050	2060
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00
50	0,82	0,86	0,89	0,93	0,96	1,00
75	0,78	0,83	0,87	0,91	0,96	1,00
100	0,76	0,81	0,85	0,90	0,95	1,00
150	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
≥ 200	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00

^a Voor andere perioden en invloedslengten mag men lineair interpoleren. Voor belastingen door de enkele as of het enkele wiel (van BM2) mag men ongeacht de invloedslengte de waarde voor $L = 20$ m aanhouden. Twee in elkaars verlengde geplaatste pendelassen gelden hierbij als een enkele as.

Tabel 5: trendreductiefactoren voor BM1 en BM2 conform NEN 8701:2011 tabel 2



Alle γ - factoren zijn overgenomen van de tabel NB.9-A2.1 van de Nationale Bijlage van NEN-EN 1990.

Tabel 6: γ - factoren

Belasting	Symbol	γ_0	γ_1	γ_2
Verkeersbelastingen (zie NEN-EN 1991-2+C1, tabel 4.4)	gr1a (LM1 + voetgangers- of fietspad-belastingen)	0,8	0,8	0,4
	TS		0,8	
	UDL		0,8	
	Horizontale belasting		0,8	
	voetgangers- + fietspad-belastingen		0,8 ^d	
	gr1b (enkele as)	0	0,8 ^b	0
	gr2 (horizontale krachten dominant)	0,8	0,8 ^c	0
	gr3 (voetgangersbelastingen)	0	0,8 ^b	0
	gr4 (LM4 – belasting door een menigte)	0	0,8 ^b	0
	gr5 (LM3 – speciale voertuigen) TS	0	0,8 ^b	0
	UDL		0,8 ^b	
	Horizontale belastingen		0,8 ^b	
	Speciaal voertuig		1,0 ^b	

4.2.4 Overzicht van de belastingfactoren zoals in AxisVM toegepast

	Vergelijking 6.10a			
Gevolgklasse 1a/b	$1,10 \times G + 1,10 \times 0,80 \times Q_k$	$\rightarrow$	$1,10G + 0,88Q_k$	
Gevolgklasse 2	$1,25 \times G + 1,20 \times 0,80 \times Q_k$	$\rightarrow$	$1,25G + 0,96Q_k$	
Gevolgklasse 3	$1,30 \times G + 1,30 \times 0,80 \times Q_k$	$\rightarrow$	$1,30G + 1,04Q_k$	
	Vergelijking 6.10b			
Gevolgklasse 1a/b	$1,10 \times G + 1,10 \times Q_k$	$\rightarrow$	$1,10G + 1,10Q_k$	
Gevolgklasse 2	$1,10 \times G + 1,20 \times Q_k$	$\rightarrow$	$1,10G + 1,20Q_k$	
Gevolgklasse 3	$1,15 \times G + 1,30 \times Q_k$	$\rightarrow$	$1,15G + 1,30Q_k$	

4.3 Belastingen

Het soortelijke gewicht van de toegepaste materialen betreft:

- Metselstenen (0% perforatie) 21,0 kN/m³
- Zand droog / nat 18,0 / 20,0 kN/m³
- Bestrating 20,0 kN/m³
- Leuningwerk 0,5 kN/m¹

4.3.1 Permanente belasting

Eigen gewicht brugdek:

Het eigen gewicht wordt door het programma AxisVM gegenereerd. De resultaten hiervan zijn als bijlage aan deze rapportage toegevoegd.

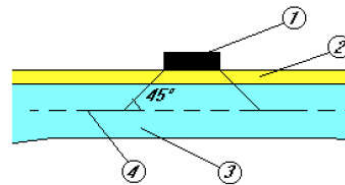
Rustende belastingen op het dek:

Op het dek zijn de volgende elementen aanwezig (de zandlaag is variabel):

1. Bestrating (80 mm) $p_{\text{bestrating}} = 0,08 \text{ m} \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 = 1,6 \text{ kN/m}^2$
2. Zandlaag 1 (60 mm) $p_{\text{zandlaag}} = 0,06 \text{ m} \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 = 1,2 \text{ kN/m}^2$
3. Zandlaag 2 (900 mm) $p_{\text{zandlaag}} = 0,90 \text{ m} \cdot 20,0 \text{ kN/m}^3 = 18,0 \text{ kN/m}^2$

4.3.2 Veranderlijke belastingen voor de verkeersbruggen

Conform art. 4.3.6 van EN 1991-2 worden de puntlasten (van LM1 en LM2) verspreid over een hoek van 45 graden. In het onderstaande figuur is schematisch de lastspreiding geschetst.



- Key**
- 1 Wheel contact pressure
 - 2 Pavement
 - 3 Concrete slab
 - 4 Middle surface of concrete slab

Figuur 6: Verspreiding puntlasten

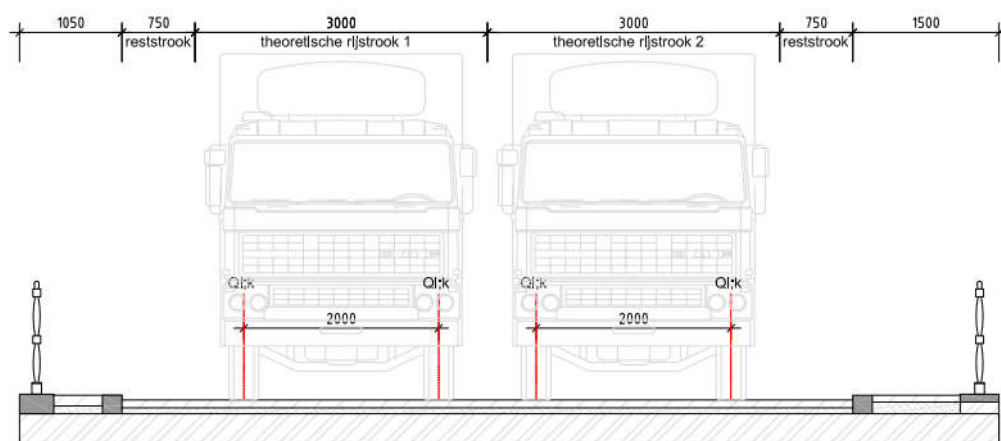
4.3.2.1 Belastingmodel 1 (LM1):

Geconcentreerde belastingen (puntlasten: TS) en gelijkmatig verdeelde belastingen (UDL), die het merendeel van het vrachtwagen- en personenautoverkeer weergeven. Belastingmodel 1 is bedoeld voor de toetsing van globale en lokale belastingeffecten.

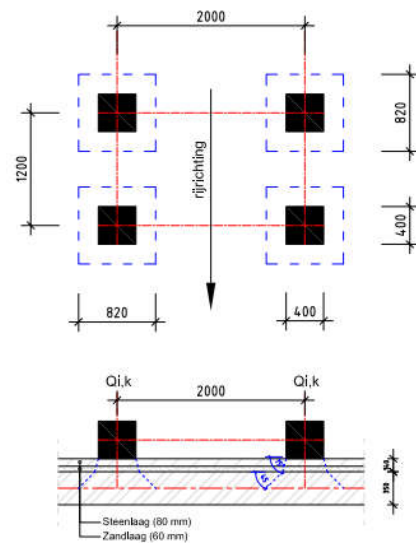
Hieronder zijn getoetste belastinggevallen (a en b) en uitgangspunten weergegeven:

a)- Twee geconcentreerde aslasten (tandemstelsel: TS), waarbij voor elke aslast geldt:

- $Q_{1;k} = \alpha_{Q;1} \times \alpha_{trend} \times \psi_t \times 300 \text{ kN} = 0,97 \times 0,97 \times 0,99 \times 300 \text{ kN} = 277 \text{ kN}$
- $Q_{2;k} = \alpha_{Q;2} \times \alpha_{trend} \times \psi_t \times 200 \text{ kN} = 0,97 \times 0,96 \times 0,99 \times 200 \text{ kN} = 185 \text{ kN}$
- $Q_{3;k} = \alpha_{Q;3} \times \alpha_{trend} \times \psi_t \times 100 \text{ kN} = 0,97 \times 0,96 \times 0,99 \times 100 \text{ kN} = 93 \text{ kN}$



Figuur 7: Rijstrookverdeling (Belastingmodel LM1: rijstrook 1 en 2)



Figuur 8: Spreiding mobiele belasting (Belastingmodel LM1: rijstrook 1)

$$q_{Q1;k} = Q_{1;k} / A = 138,5 \text{ kN} / (0,820 \text{ m} \times 0,820 \text{ m}) = 206,0 \text{ kN/m}^2$$

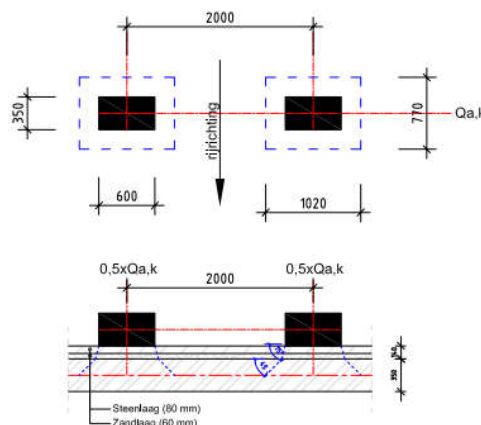
b)- Gelijkmatig verdeelde belasting per oppervlakte (q) (UDL) met een karakteristieke waarde van:

- $q_{1;k} = \alpha_{1;q} \times \alpha_{trend} \times \psi_t \times 9 \text{ kN/m}^2 = 0,97 \times 0,96 \times 0,99 \times 9,0 \text{ kN/m}^2 = 8,3 \text{ kN/m}^2$
- $q_{i>1;k} = \alpha_{q;i} \times \alpha_{trend} \times \psi_t \times 2,5 \text{ kN/m}^2 = 0,97 \times 0,96 \times 0,99 \times 2,5 \text{ kN/m}^2 = 2,3 \text{ kN/m}^2$
- $q_{r;k} = \alpha_{q;r} \times \alpha_{trend} \times \psi_t \times 2,5 \text{ kN/m}^2 = 0,90 \times 0,96 \times 0,99 \times 2,5 \text{ kN/m}^2 = 2,1 \text{ kN/m}^2$

4.3.2.2 Belastingmodel 2 (LM2):

Dit belastingmodel is een enkele aslast met een bepaald contactvlak van de banden om de dynamische invloeden van gewoon wegverkeer te bepalen. Dit model is alleen bedoeld voor de toetsing van lokale belastingeffecten. De grootte van deze enkele aslast is:

- $Q_{a;k} = \beta_{Q;1} \times \alpha_{trend} \times \psi_t \times 400 \text{ kN} = 0,97 \times 0,96 \times 0,99 \times 400 \text{ kN} = 369 \text{ kN} (\beta_{Q;1} = \alpha_{Q;1} = 0,97)$



Figuur 9: Spreiding mobiele belasting (Belastingmodel LM2)

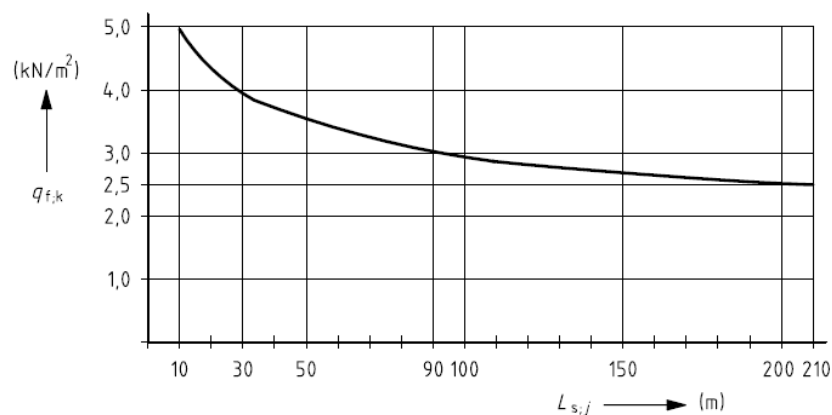
$$q_{Qa;k} = Q_{a;k} / A = 184,5 \text{ kN} / (1,020 \text{ m} \times 0,770 \text{ m}) = 236,2 \text{ kN/m}^2$$

4.3.2.3 Belastingmodel 3 (LM3):

Een geheel van aslasten dat model staat voor bijzondere voertuigen (bijv. voor industrieel vervoer), die een route volgen waarop uitzonderlijke belastingen zijn toegelaten. Dit model is bedoeld voor de toetsing van globale en lokale belastingeffecten. In dit onderzoek wordt dit belastingmodel buiten beschouwing gelaten. Er zijn geen specifieke eisen van de opdrachtgever.

4.3.2.4 Belasting door een mensenmenigte (LM4)

De maximale karakteristieke waarde van de gelijkmatig verdeelde belasting per oppervlakte ($q_{f,k}$) bedraagt 5 kN/m^2 . Indien kan worden verwacht dat de brug niet volledig met een mensenmenigte kan worden belast, kan de waarde volgens onderstaande figuur worden bepaald.



Figuur 10: Belasting per oppervlakte ($q_{f,k}$) als functie van ($L_{s,j}$)

4.3.2.5 Rem- en versnellingskrachten

De karakteristieke waarde van de horizontale belasting is gelijk aan:

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{lk}) + 0,1 \cdot \alpha_{Q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \text{ (met } \alpha_{Q1} = 1,0\text{)}.$$

Volgens de Nationale Bijlage bedraagt de bovengrens van de waarde van Q_{lk} aan 800 kN .

Rem- en aanzetkrachten zijn niet significant voor de krachtsverdeling in het dek hierdoor worden deze belastingen niet meegenomen in de berekening.

4.3.2.6 Centrifugaalkrachten en andere krachten in dwarsrichting

De centrifugaalkrachten zijn niet significant voor de krachtsverdeling in het dek, deze krachten worden niet meegenomen in de berekening. De bruggen zijn immers recht uitgevoerd.

r : horizontale straal van de aslijn van de brug.

Als $r > 1.500 \text{ m}$ dan $Q_{lk} = 0$.

4.3.2.7 Windbelasting

De windbelasting is niet significant voor de krachtsverdeling in het dek, hierdoor wordt de windbelasting niet meegenomen in de berekening.

4.3.2.8 Sneeuwbelasting

De belasting door sneeuw hoeft niet in rekening te worden gebracht (niet maatgevend).

5. SCHEMATISERING EN MODELLERING

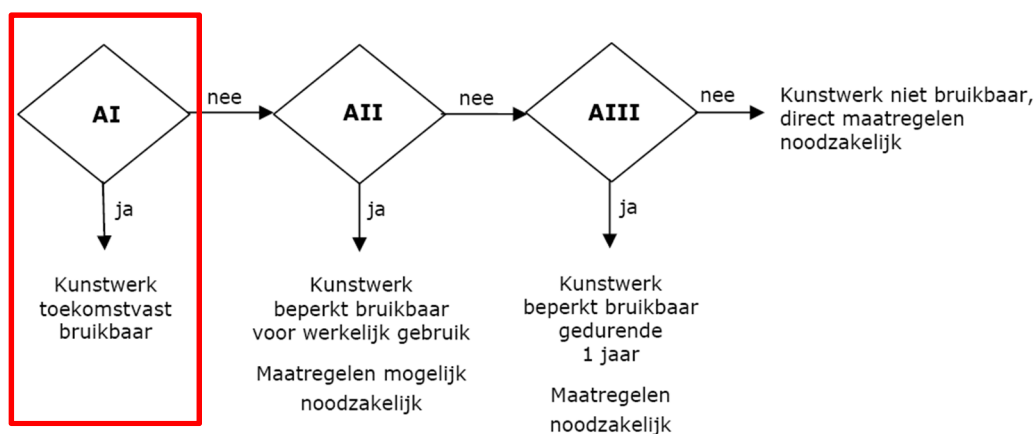
5.1 Beoordeling van de constructieve veiligheid

Bij het beoordelen van de constructieve veiligheid wordt onderscheid gemaakt in drie verschillende situaties, te weten *AI*, *AII* en *AIII*. Situatie *AI* dient eerst te worden beschouwd en vervolgens, indien nodig, achtereenvolgens situatie *AII* en *AIII*. Conform het schema 1.8 van RBK 1.1 (Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken) zijn de betonbruggen volgens situatie *AI* beoordeeld.

AI Beoordeling voor toekomstvast gebruik met:

- Belastingfactoren, restlevensduur en referentieperiode volgens NEN 8700 verbouwniveau;
- Verkeersbelasting volgens NEN 8701 met uitzondering van het werkelijk gebruik. In plaats hiervan dient de theoretische rijstrookindeling met LM1 en LM2 volgens NEN-EN 1991-2 te worden genomen;
- De werkelijk aanwezig blijvende of gewenste belastingen zoals asfaltverharding, schermen en ander wegmeubilair. Voor de asfaltverharding dient minimaal de belasting volgens ROK te worden aangehouden (dikte 120 mm).

Indien het kunstwerk voldoet, kan deze gedurende de restlevensduur onbeperkt door verkeer worden gebruikt.



Figuur 11: Schema met drie situaties voor beoordeling constructieve veiligheid

5.2 Modellering

Het brugdek is in 3D-software, AxisVM, gemodelleerd. AxisVM gebruikt elementen van het type Mindlin/Reissner. Dit software pakket voldoet aan de eis van RBK 1.1², §3.5.

Binnen dit rekenmodel zijn een aantal verfijningen toegepast om de werkelijkheid beter te benaderen.

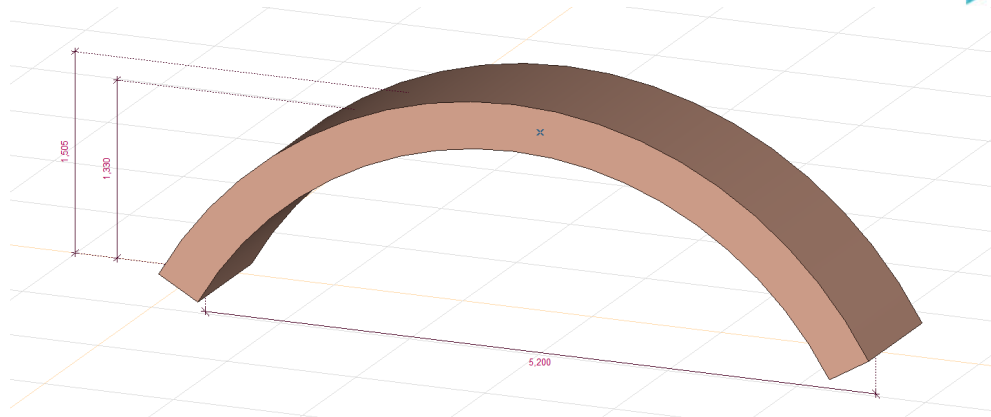
De volgende verfijningen zijn aangenomen:

- de poissonverhouding gelijk aan nul (NEN-EN 1992-1-1, 3.1.3(4));
- reduceren van de pieken in momentlijnen (verdeelde belasting i.p.v. puntlasten);
- de veerstijfheid van de opleggingen in rekening brengen.

5.3 Schematisering

In dit onderzoek wordt alleen het gemetselde boog beschouwd, de onderbouw wordt niet mee gemodelleerd. Met behulp van het eindige elementen programma AxisVM wordt door een staaf (eendimensionale elementen) het gemetselde boog gemodelleerd. De systeemlijnen van het model worden genomen in het hart van het betreffende constructie-element.

² Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken



Figuur 12: Het boogconstructie gemodelleerd in het rekenprogramma AxisVM

Elasticiteitsmodulus van metselwerk

In de rekensoftware wordt er met een langsstrook van 1 meter gerekend.

Conform art. 3.7.2 van NEN-EN 1996-1-1 de elasticiteitsmodus van het metselwerk mag de volgende waarde aangehouden:

Fictieve elasticiteitsmodulus langsrichting:

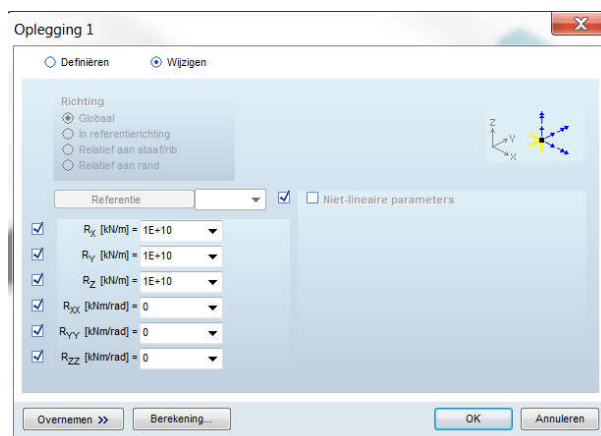
$$E_x = K_E \cdot f_k \quad (\text{met } K_E = 1.000 \text{ en } f_k = 8,59 \text{ N/mm}^2) \quad 1000 \cdot 8,59 = 8.590 \text{ N/mm}^2$$

Fictieve elasticiteitsmodulus dwarsrichting:

$$E_y = 1 \text{ N/mm}^2$$

Opleggingen

De veerstijfheid van de opleggingen is met behulp AxisVM bepaald.

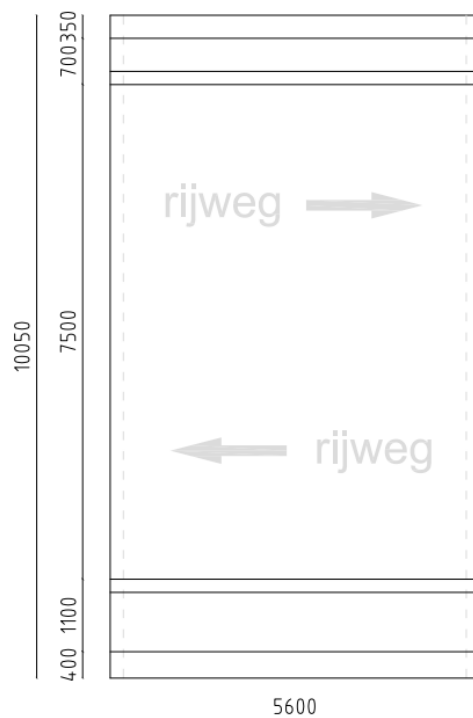


Figuur 13: Waarden van de veerstijfheid van de opleggingen

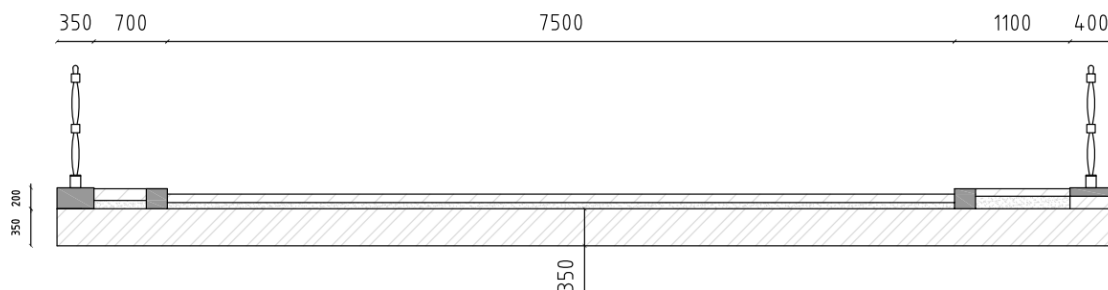
6. CONSTRUCTIEVE OPBOUW EN TOETSINGEN

6.1 Geometrische aspecten

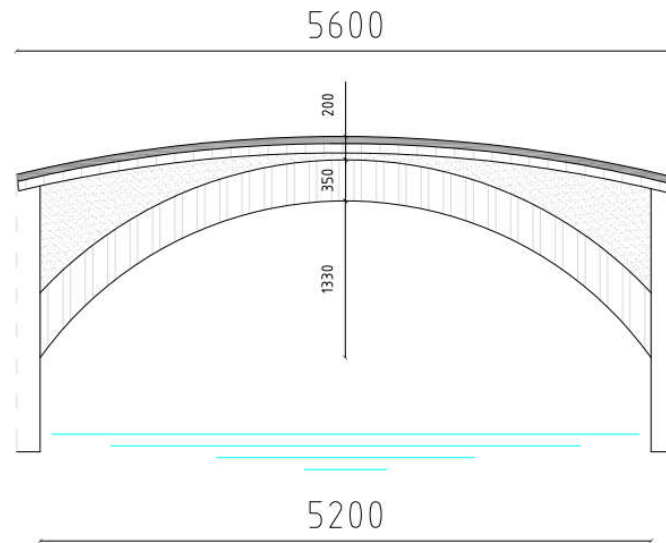
Volgens de beschikbare gegevens is de Hoogbrug in 1752 gebouwd en in 1960 gerenoveerd. Het betreft een gemetselde boogbrug, rustend op twee steunpunten (één overspanningen). Op het brugdek is aan weerszijden een stalen leuningwerk aanwezig. Op de brug zijn overige rustende belastingen: bestrating, zand- en puinlaag (de dikte varieert tussen 140 mm en 900 mm). De Hoogbrug heeft een lengte van 5,6 m en een breedte van circa 10,1 m. De breedte van de rijweg is 7,5 m. Theoretisch biedt de Hoogbrug plaats aan twee rijstroken.



Figuur 14: Bovenaanzicht Hoogbrug



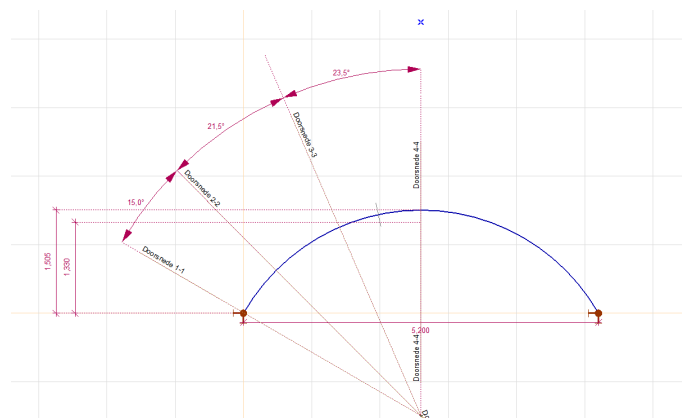
Figuur 15: Dwarsdoorsnede Hoogbrug



Figuur 16: Langsdoorsnede Hoogbrug

6.2 Bepaling druksterkte van het metselwerk

De gemetselde Hoogbrug wordt op vier maatgevende doorsneden getoetst op sterkte c.q. veiligheid. In de onderstaande figuur is een overzicht van alle getoetste doorsneden weergegeven.



Figuur 17: Overzicht van alle getoetste doorsneden

Conform NEN-EN 1996-1-1 art. 3.6 wordt de karakteristieke druksterkte van samengestelde materialen bepaald. Voor de rekenwaarde van de druksterkte geldt:

$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta \quad 0,6 \cdot 60,0^{0,65} \cdot 1,0^{0,25} = 8,59 \text{ N/mm}^2$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} \quad \frac{8,59}{1,7} = 5,05 \text{ N/mm}^2$$

met f_b : is de druksterkte van de stenen;

met f_m : is de gemiddelde druksterkte van de mortel.

Volgens tabel 1 van NEN-EN 1996-1-1/NB bedragen de constanten:

$$K = 0,6 \quad \alpha = 0,65 \quad \beta = 0,25.$$

Conform NEN-EN 1996-1-1/NB art. 2.4.3 de materiaalfactor bedraagt $\gamma_M = 1,7$.



Conform NEN-EN 1996-1-1/NB art. 3.6.3 (2) de karakteristieke buigtreksterkte van metselwerk, f_{xk1} en f_{xk2} moet zijn bepaald uit de resultaten van proeven op metselwerkproefstukken. Indien geen proefstukken beschikbaar zijn, mag de buigtreksterkte worden afgeleid uit tabel 3.6.3. Conform tabel geldt voor de baksteen met een mortel ($f_m < 5,0 \text{ N/mm}^2$) voor algemeen toepassing:

$$f_{xd1} = \frac{f_{xk1}}{\gamma_m} \text{ en } f_{xd2} = \frac{f_{xk2}}{\gamma_m}; \gamma_m \text{ is de materiaalfactor } (\gamma_m = 1,7);$$

$$f_{xk1} = 0,1 \text{ N/mm}^2 \text{ en } f_{xk2} = 0,2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{xd} = \frac{f_{xk1}}{\gamma_m} = \frac{0,10}{1,7} = 0,06 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{xd} = \frac{f_{xk2}}{\gamma_m} = \frac{0,20}{1,7} = 0,12 \text{ N/mm}^2$$

Conform NEN-EN 1996-1-1/NB art. 3.6.2 (3) moeten de karakteristieke schuifsterkte van metselwerk als volgt bepaald:

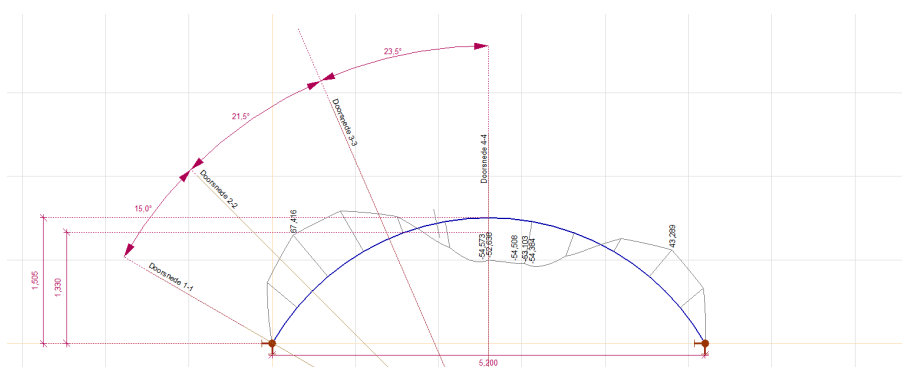
$$f_{vk} = 0,065 \cdot f_b = 0,065 \cdot 60,0 = 3,90 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = \frac{3,90}{1,7} = 2,29 \text{ N/mm}^2$$

De normaalkracht- (drukkracht) en dwarskrachtcapaciteit is afhankelijk van optredende moment in de doorsnede. De doorsneden controle voor de uiterste grenstoestand worden getoetst conform art. 11.2.2 en tabel 7 van NEN 6790.

6.3 Controle van het brugdek in de uiterste grenstoestand (UGT)

Voor de beoordelingen van de constructieve veiligheid wordt gebruik gemaakt van de methode van partiële factoren. Hierbij worden de grenstoestanden geverifieerd met een unity check (uc). De uc is de verhouding tussen de rekenwaarde van de belasting (E_d) en rekenwaarde van de weerstand (R_d). Een grenstoestand voldoet bij $uc = \frac{E_d}{R_d} \leq 1$.



Figuur 18: momentenlijn t.g.v LM1 belasting (belastingcombinatie UGT_6.10b-06)

De resultaten van de berekening zijn in tabel 7 samengevat. De volledige resultaten met alle onderbouwingen zijn terug te vinden in bijlage I van deze rapportage.



Tabel 7: Samenvatting van de rekenresultaten

	LM1 verbouwniveau							Voldoet?
Snede	N_{Ed}	M_{Ed}	$e_t = M_{Ed}/N_{Ed}$	e_t / h	α	N_{Rd}	u.c	
Doorsnede 1	465,1	0,0	0,0	0,00	1,00	1768,4	0,26	Ja
Doorsnede 2	432,2	55,9	129,3	0,37	0,23	415,3	1,04	Nee
Doorsnede 3	377,6	89,9	238,1	0,68	-	-	-	Nee
Doorsnede 4	300,2	52,5	175,2	0,50	-	-	-	Nee
Eenheid	kN/m	kNm/m				kN/m		

Conclusie:

Uit de unity-check blijkt dat de Hoogbrug onvoldoende draagkracht heeft om te kunnen voldoen aan alle verkeer c.q. belastingmodellen volgens de NEN-EN 1991-2. In doorsnede 3 en 4, door het optredende moment, blijft geen normaalkrachts capaciteit over. Dit betekent dat de brug eerder zal bezwijken door het optredende moment dan door de normaalkracht. De brug voldoet niet aan de huidige normen op verbouwniveau.

6.4 Bepaling van de toegestane belasting

Omdat de brug niet voldoet aan de gestelde eisen in de norm, wordt in deze paragraaf de toegestane belasting bepaald.

Met behulp van AxisVM wordt de toegestane aslast bepaald. Voor het bepalen van de toegestane aslast c.q. het toegestane totaalgewicht wordt een iteratieve berekening uitgevoerd.

Voor het bepalen van de lastbeperking via bebording zijn de waarden van de tabellen tabel B.1 en tabel B.2 van NEN 8701:2011 gehanteerd. Hieronder zijn alle resultaten weergegeven:

Tabel 8: Samenvatting van de rekenresultaten 15 ton

	LM1 verbouwniveau							Voldoet?
Snede	N_{Ed}	M_{Ed}	$e_t = M_{Ed}/N_{Ed}$	e_t / h	α	N_{Rd}	u.c	
Doorsnede 1	182,4	0,0	0,0	0,00	1,00	1768,4	0,10	Ja
Doorsnede 2	161,1	15,1	93,7	0,27	0,42	739,1	0,22	Ja
Doorsnede 3	135,8	25,0	184,1	0,53	-	-	-	Nee
Doorsnede 4	111,9	14,3	127,8	0,37	0,36	636,6	0,18	Ja
Eenheid	kN/m	kNm/m				kN/m		

Tabel 9: Samenvatting van de rekenresultaten 10 ton

	LM1 verbouwniveau							Voldoet?
Snede	N_{Ed}	M_{Ed}	$e_t = M_{Ed}/N_{Ed}$	e_t / h	α	N_{Rd}	u.c	
Doorsnede 1	150,7	0,0	0,0	0,00	1,00	1768,4	0,09	Ja
Doorsnede 2	130,4	10,0	76,7	0,22	0,51	894,1	0,15	Ja
Doorsnede 3	108,1	17,0	157,3	0,45	0,09	159,2	0,68	Ja
Doorsnede 4	90,5	9,6	106,1	0,30	0,36	636,6	0,14	Ja
Eenheid	kN/m	kNm/m				kN/m		

Conclusie:

Uit de unity-check moet geconcludeerd worden dat de Hoogbrug voldoende draagkracht heeft om te kunnen voldoen aan verkeer met een maximaal gewicht van 10 ton c.q. een aslast van 3 ton.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusie

De gemetselde Hoogbrug verkeert constructief gezien in slechte staat. Zowel aan de onderzijde als aan de bovenzijde van de constructie is scheurvorming geconstateerd. Dit duidt op overbelasting van de constructie. Daarnaast is de voegmortel verweerd. De samenhang tussen de metselstenen is minimaal. Dit betekent dat de draagkracht van de constructie sterk is afgenomen.

Uit de sterkteberekening blijkt dat de Hoogbrug onvoldoende draagkracht heeft om te kunnen voldoen aan alle verkeer c.q. belastingmodellen volgens de NEN-EN 1991-2.

Volgens de NEN-EN 1992-2 heeft Hoogbrug voldoende draagkracht om te kunnen voldoen aan verkeer met een maximaal gewicht van 10 ton c.q. een aslast van 3 ton.



Figuur 19: verkeersborden C20 en C21 voor Hoogbrug

7.2 Aanbevelingen

De ontwerpklasse van de Hoogbrug is onbekend. Gezien het bouwjaar en geconstateerde schade kan worden geconcludeerd dat de Hoogbrug niet is ontworpen voor de huidige verkeersbelastingen. Om overbelasting van de hoofdconstructie te voorkomen wordt geadviseerd de gemetselde brug te versterken. Tot de tijd van de versterking wordt aanbevolen de gemetselde brug met een maximaal gewicht van 10 ton c.q. een aslast van 3 ton te belasten en verkeersborden C20 en C21 te plaatsen.



8. OVERZICHT BIJLAGEN

Nr.	Titel	Versie	Datum	Document	Omvang*
I	In-/Uitvoer AxisVM sterkteberekening van Hoogbrug	1	06-03-18	Dt.108-017	xx pag.
II	Inspectietekening	1	06-03-18	Dt.108-018	x pag.
III	Kostenraming	1	06-03-18	Dt.108-019	x pag.

* De omvang van het document exclusief eventuele kaften, titelbladen



GEMEENTE DELFT

***Bijlage I
In-/Uitvoer AxisVM sterkteberekening
van de Hoogbrug***



GEMEENTE DELFT

Bijlage II
Inspectietekeningen