Gemeente Amsterdam

Voorlopig
Versie 1
25 juni 2018

Constructieve beoordeling van Brug 117 (trambaan)

Herberekening van bestaande brug conform de NEN 8700-serie en Eurocodes op afkeurniveau

Auteur(s)

Opdrachtgever

V&OR

Contactpersoon

Kenmerk
2980001489

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
L. Ha	J. van der Elsken		

Inhoud

1 Inleiding **3**

2 Basisinformatie en uitgangspunten **4**
2.1 Algemene basisinformatie 4
2.2 Normen en richtlijnen 4
2.3 Computerprogrammatuur 5
2.4 Materialen 5

3 Aanpak **6**
3.1 Omschrijving 6
3.2 Brugdek 6
3.3 Onderbouw 6

4 Belastinggevallen en –combinaties **7**

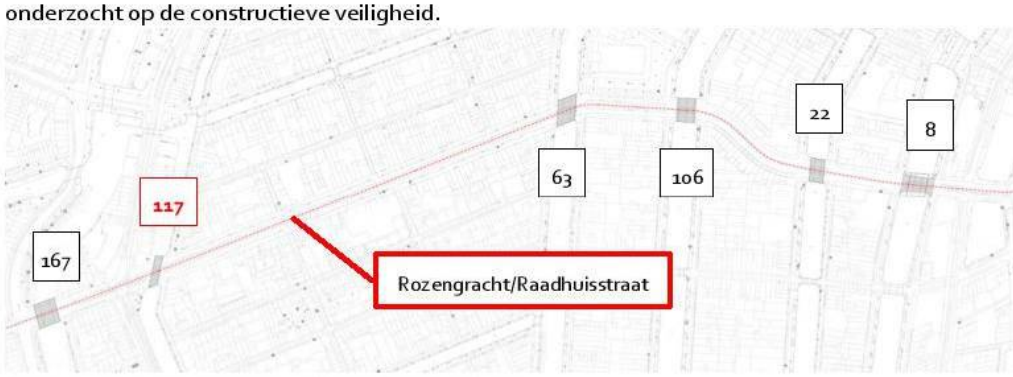
5 Berekeningsresultaten en toetsing **8**
5.1 Resultaten brugdek 8

Bijlage(n)

Bijlage 1 - SCIA rapportage Brugdek
Bijlage 2 - Archieftekening en capaciteit brugdek
Bijlage 3 - Resultaten paalonderzoek
Bijlage 4 - Rapportage funderingsonderzoek
Bijlage 5 - Rapportage geotechnisch advies

1 Inleiding

Ten behoeve van het project 6 bruggen Raadhuisstraat en Rozengracht zijn de zes bruggen onderzocht op de constructieve veiligheid.



Figuur 1. Overzicht bruggen Raadhuisstraat en Rozengracht

In deze rapportage zijn de resultaten van alle berekeningen en onderzoeken van Brug 117 omschreven.

2 Basisinformatie en uitgangspunten

2.1 Algemene basisinformatie

De volgende informatie is geraadpleegd bij het beoordelen van Brug 117:

- Bouwtekeningen Brug 117 uit het stadsarchief.
- Herberekening Brug 117, Raadhuisstraat d.d. mei 2011 opgesteld door IBA, documentnummer 166189.
- Rapportage funderingsonderzoek van 6 bruggen in de Raadhuisstraat – Rozengracht. Brug 117 in de Raadhuisstraat over de Herengracht d.d. augustus 2016 opgesteld door Baars Cipro, definitief versie 1.0.
- Rapportage geotechnisch onderzoek en funderingsadvies betreffende funderingsonderzoek 6 bruggen Raadhuisstraat Amsterdam d.d. 25 augustus 2016 opgesteld door Fugro, opdrachtnummer 1015-0304-003.

2.2 Normen en richtlijnen

De volgende normen en richtlijnen zijn gehanteerd:

Norm / richtlijn	Titel	Jaar	Revisie
NEN-EN 1990 (+NB)	Eurocode 0: Grondslagen van het constructief ontwerp	2011	A1 + A1/C2
NEN-EN 1991-1-1 (+NB)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Algemene belastingen	2011	C1
NEN-EN 1991-2 (+NB)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Verkeersbelasting op bruggen	2011	C1
NEN-EN 1992-1-1 (+NB)	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Algemene regels	2011	C2
NEN-EN 1992-2 (+NB)	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Bruggen	2011	C1
NEN-EN 1993-1-1 (+NB)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Algemene regels	2011	C2
NEN-EN 1994-1-1 (+NB)	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies – Algemene regels	2012	C1
NEN 8700	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Grondslagen	2011	
NEN 8701	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Belastingen	2011	
LHBKA	Leidraad Herijking Bestaande Kunstwerken Amsterdam	2013	Concept
RBK	Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken	2013	1.1

2.3 Computerprogrammatuur

De volgende computerprogrammatuur is gebruikt:

Programma	Toepassing	Versie
SCIA Engineer	EEM-berekeningen	2013
Microsoft Word	Rapportage	2010
Microsoft Excel	Rekensheets	2010

2.4 Materialen

De volgende materialen, met bijbehorende eigenschappen, zijn en herleid van de archieftekening en het uitgevoerde materiaalonderzoek.

Resultaat materiaalonderzoek

Druk- en (splijt)treksterkte van het betonnen dek
Het beton aan de Rozengrachtzijde (west) is van lagere kwaliteit dan het beton aan de Lijnbaansgrachtzijde (oost). Om een uitspraak te doen over de spreiding in de resultaten dienen meer proefstukken uit eenzelfde werk te worden genomen.

Op basis van de verkregen resultaten uit het laboratorium onderzoek dienen de onderstaande rekenwaarden aangehouden te worden.

Brug	zijde	Sterkte klasse	f_k N/mm²	f_b N/mm²
117	Rozengrachtzijde	C35/45	27,0	1,65
117	Lijnbaansgrachtzijde	C50/60	36,0	2,00

Trek- en kerfslagproeven van de liggers
Het staal voldoet niet aan de minimale eisen voor constructiestaal S235 JR. Om meer te weten over de staalkwaliteit wordt een chemische analyse aanbevolen.

Trekproeven van het betonstaal
De representatieve waarden van de treksterkte van het betonstaal bedraagt minimaal 296 N/mm². Het is aanbevolen uit te gaan van de eigenschappen van het betonstaalsoort FeB 220, glad.

Bepaling hoeveelheid betonstaal bovenkant brugdek
De gemiddelde h.o.h. afstand van de hoofdwapening (dwarsrichting) en langswapening (lengterichting) bedraagt respectievelijk 9 en 12 cm. De gemiddeld gemeten ten opzichte van bovenzijde straatlaag dekking bedraagt voor de hoofdwapening 20 cm. En de dekking van de langswapening 28 cm.

Bepaling hoeveelheid betonstaal onderkant brugdek
De gemiddelde h.o.h. afstand van de hoofdwapening en langswapening bedraagt respectievelijk 9 en 18 cm. De gemiddeld gemeten dekking bedraagt voor de hoofdwapening 48 mm. En de gemiddelde dekking van de langswapening bedraagt 31 mm.

Meting dikte asfalt en vulbeton
De dikte van de verhardingslaag over de brug varieert sterk over de lengte van de brug. Aanbevolen wordt om te rekenen met een eigen gewicht van 5,15 kN/m² voor de dikte van het asfalt en het vulbeton.

Staaldiktemetingen:
De staaldikte afname bedraagt aan de zuidzijde ca. 3%. Vanaf de noordzijde is de maximale gemiddelde afname gemeten ca. 11%. Aanbevolen wordt om een degradatie aan te houden voor alle liggers van ten minste 11%.

Materiaal (toepassing)	Kwaliteit (= Eurocode equivalent)	Soortelijk gewicht [kN/m³]
Beton (brugdek)	C35/45	25,0
Betonstaal	FeB 220 glad	78,5
Constructiestaal (liggers)	S235	78,5
Overlagingen (vulbeton, tegels, asfalt, etc)	n.v.t.	23,0

3 Aanpak

3.1 Omschrijving

Voor Brug 117 is in 2011 een herberekening gemaakt voor de constructieve veiligheid volgens de inzichten van die tijd. In 2015 is een update geweest waarbij de resultaten uit 2011 werden gecontroleerd of deze nog steeds representatief waren. Hieruit kwam naar voren dat de resultaten van de herberekening uit 2011 nagenoeg hetzelfde zijn als de brug herberekend zou worden in 2015.

Uit de herberekening kwam naar voren dat met name de fundering van de brug op afkeurniveau niet voldeed. Naar aanleiding hiervan zijn aanvullende funderingsonderzoeken uitgevoerd om te controleren of de aangehouden uitgangspunten voor de capaciteit van de houten palen klopten. Aan de hand van de onderzoeken wordt de werkelijke capaciteit van de paalfundering aangetoond en de daarmee gecontroleerd of de brug constructief voldoende veilig is. In hoofdlijnen is voor de herberekening de brug opgedeeld in twee onderdelen:

1. het brugdek resultaten uit herberekening (2016)
2. de onderbouw resultaten uit herberekening (2011)

3.2 Brugdek

In het verleden zijn de herberekeningen voor de bruggen in de Raadhuisstraat en Rozengracht uitgevoerd door verschillende constructeurs en daarom zijn de resultaten van het brugdek per brug op een andere manier gepresenteerd. Om uniformiteit te krijgen in de resultaten van de brugdekken zijn er nieuwe rekenmodellen van de brugdekken van Brug 8, 22, 106, 117 en 167 gemaakt volgens de inzichten van de herberekening van Brug 63. In deze modellering is de huidige opbouw van het hele brugdek meengenomen inclusief de betonnen plaat onder de trambaan (bij uitzondering van Brug 106). De SCIA-rapportage met resultaten van de berekening van het brugdek is in Bijlage 1 toegevoegd.

3.3 Onderbouw

De onderbouw van de brug bestaat uit twee landhoofden en twee tussenpijlers. Beide constructies bestaan uit een massieve wand van metselwerk met daaronder een houten vloer met kespen en palen (gewichtsconstructie). Het metselwerk is voor de constructieve beschouwing niet getoetst, omdat het te complex is om hieraan te rekenen. Ondanks de onvolkomenheden aan het metselwerk gaan we er van uit dat de wand zijn functie blijft behouden. Bij de landhoofden is dat het keren van grond en het overdragen van de oplegkrachten uit het brugdek naar de houten paalfundering. Bij de tussenpijler hoeft de wand geen grond te keren. De herberekeningen van de houten paalfundering zijn wel uniform beschouwd. Daardoor wordt voor de houten paalfundering het rekenmodel uit 2011 aangehouden.

4 Belastinggevallen en –combinaties

De belastinggevallen en –combinaties zijn volgens de NEN 8700 en 8701 bepaald. In de rapportage van de herberekening van Brug 63 zijn deze volledig uitgewerkt en toegelicht.

5 Berekeningsresultaten en toetsing

De berekeningsresultaten en toetsing worden per constructieonderdeel weergegeven.

5.1 Resultaten brugdek

5.1.1 Trambaan

Ter plaatse van de trambaan is de betonkwaliteit niet onderzocht. Op de archieftekening is vermeld dat de betonkwaliteit B22,5 is.
Eigenschappen betonnen plaat: B22,5; wapening FeB400; dekking 30mm

LM1 met RS 1 in het midden

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø16-155)		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Maximale veldmoment lengterichting	MxD-	364	[kNm]	155	[kNm]	2,36	X
Maximale dwarskracht lengterichting	Vd	134	[kN]	141	[kN]	0,96	✓
Onderdeel (beton d=400 mm; Ø12-155)							
Maximale veldmoment dwarsrichting	MyD-	249	[kNm]	86	[kNm]	2,92	X

Trambelasting op trambaan (incl. dynamische factor van 1,42)

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø16-155)		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Maximale veldmoment lengterichting	MxD-	228	[kNm]	155	[kNm]	1,48	X
Maximale dwarskracht lengterichting	Vd	72	[kN]	141	[kN]	0,52	✓
Onderdeel (beton d=400 mm; Ø12-155)							
Maximale veldmoment dwarsrichting	MyD-	161	[kNm]	86	[kNm]	1,89	X

Trambelasting (enkele richting) op trambaan (incl. dynamische factor van 1,42)

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø16-155)		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Maximale veldmoment lengterichting	MxD-	194	[kNm]	155	[kNm]	1,26	X
Maximale dwarskracht lengterichting	Vd	63	[kN]	141	[kN]	0,45	✓
Onderdeel (beton d=400 mm; Ø12-155)							
Maximale veldmoment dwarsrichting	MyD-	137	[kNm]	86	[kNm]	1,61	X

Trambelasting op trambaan (excl. dynamische factor)

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø16-155)		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Maximale veldmoment lengterichting	MxD-	201	[kNm]	155	[kNm]	1,30	X
Onderdeel (beton d=400 mm; Ø12-155)							
Maximale veldmoment dwarsrichting	MyD-	140	[kNm]	86	[kNm]	1,63	X

Trambelasting (enkele richting) op trambaan (excl. dynamische factor)

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø16-155)		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Maximale veldmoment lengterichting	MxD-	177	[kNm]	155	[kNm]	1,14	X

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø12-155)							
Maximale veldmoment dwarsrichting	MyD-	123	[kNm]	86	[kNm]	1,43	X

Busbelasting op trambaan enkele as van 12 ton in 1 richting (excl. dynamische factor)

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø16-155)		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Maximale veldmoment lengterichting	MxD-	165	[kNm]	155	[kNm]	1,06	X
Onderdeel (beton d=400 mm; Ø12-155)							
Maximale veldmoment dwarsrichting	MyD-	112	[kNm]	86	[kNm]	1,30	X

5.1.2 Resultaten met orthotropie

Orthotopie met verhouding stijfheid in lengte- en dwarsrichting is 3 : 1 (ongescheurd : gescheurd)

Trambelasting op trambaan (incl. dynamische factor van 1,42)

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø16-155)		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Maximale veldmoment lengterichting	MxD-	280	[kNm]	155	[kNm]	1,81	X
Onderdeel (beton d=400 mm; Ø12-155)							
Maximale veldmoment dwarsrichting	MyD-	110	[kNm]	86	[kNm]	1,28	X

Trambelasting (enkele richting) op trambaan (incl. dynamische factor van 1,42)

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø16-155)		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Maximale veldmoment lengterichting	MxD-	250	[kNm]	155	[kNm]	1,61	X
Onderdeel (beton d=400 mm; Ø12-155)							
Maximale veldmoment dwarsrichting	MyD-	96	[kNm]	86	[kNm]	1,12	X

Trambelasting op trambaan (excl. dynamische factor)

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø16-155)		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Maximale veldmoment lengterichting	MxD-	247	[kNm]	155	[kNm]	1,60	X
Onderdeel (beton d=400 mm; Ø12-155)							
Maximale veldmoment dwarsrichting	MyD-	95	[kNm]	86	[kNm]	1,11	X

Trambelasting (enkele richting) op trambaan (excl. dynamische factor)

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø16-155)		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Maximale veldmoment lengterichting	MxD-	235	[kNm]	155	[kNm]	1,52	X
Onderdeel (beton d=400 mm; Ø12-155)							
Maximale veldmoment dwarsrichting	MyD-	85	[kNm]	86	[kNm]	0,99	✓

Busbelasting op trambaan enkele as van 12 ton in 1 richting (excl. dynamische factor)

Onderdeel (beton d=400 mm; Ø16-155)		Optredend		Capaciteit		U.C.	
Maximale veldmoment lengterichting	MxD-	218	[kNm]	155	[kNm]	1,41	X
Onderdeel (beton d=400 mm; Ø12-155)							
Maximale veldmoment dwarsrichting	MyD-	76	[kNm]	86	[kNm]	0,88	✓

Bijlage(n)

Bijlage 1 - SCIA rapportage Brugdek

Bijlage 2 - Archieftekening en capaciteit brugdek

- Tekening brugdek met stalen liggers

- Bepaling capaciteit stalen ligger

- Bepaling capaciteit betonnen deel van staalbeton dek

- Tekening brugdek betonnen plaat onder trambaan

- Bepaling capaciteit betonnen plaat

Bijlage 3 - Resultaten paalonderzoek

- Overzichtstekening met toetsing paalfundering

- Excelsheet met toetsing paalfundering

Bijlage 4 - Rapportage funderingsonderzoek

Rapportage funderingsonderzoek van 6 bruggen in de Raadhuisstraat – Rozengracht. Brug 117 in de Raadhuisstraat over de Herengracht d.d. augustus 2016 opgesteld door Baars Cipro, definitief versie 1.0.

Bijlage 5 - Rapportage geotechnisch advies

Rapportage geotechnisch onderzoek en funderingsadvies betreffende funderingsonderzoek 6 bruggen Raadhuisstraat Amsterdam d.d. 25 augustus 2016 opgesteld door Fugro, opdrachtnummer 1015-0304-003.