Gemeente Amsterdam

Definitief
Versie 1
17 september 2015

Onderzoek brug 20, 21 + aangrenzende kadeconstructies

Resultaten onderzoek + advies (beheers)maatregelen

Auteur(s)
[redacted]

Opdrachtgever
[redacted] Stadsdeel Centrum

Contactpersoon
[redacted]
Ingenieursbureau

Kenmerk
-

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
[redacted]	[redacted]		17-09-2015

Inhoud

1 Inleiding 3

2 Aanpak 5
2.1 Uitgevoerde onderzoeken 5
2.2 Expertmeeting 6

3 Brug 20 7
3.1 Schadepatroon 7
3.2 Resultaten onderzoek 7
3.3 Oorzaken en (beheers)maatregelen 8
3.4 Conclusie en advies 9

4 Brug 21 10
4.1 Schadepatroon 10
4.2 Resultaten onderzoek 10
4.3 Oorzaken en (beheers)maatregelen 12
4.4 Conclusie en aanbevelingen 12

5 Kadeconstructie evenzijde 14
5.1 Schadepatroon 14
5.2 Resultaten onderzoek 14
5.3 Oorzaken en (beheers)maatregelen 16
5.4 Conclusie en advies 16

6 Kadeconstructie onevenzijde 17
6.1 Schadepatroon 17
6.2 Resultaten onderzoek 17
6.3 Oorzaken en (beheers)maatregelen 18
6.4 Conclusie en advies 18

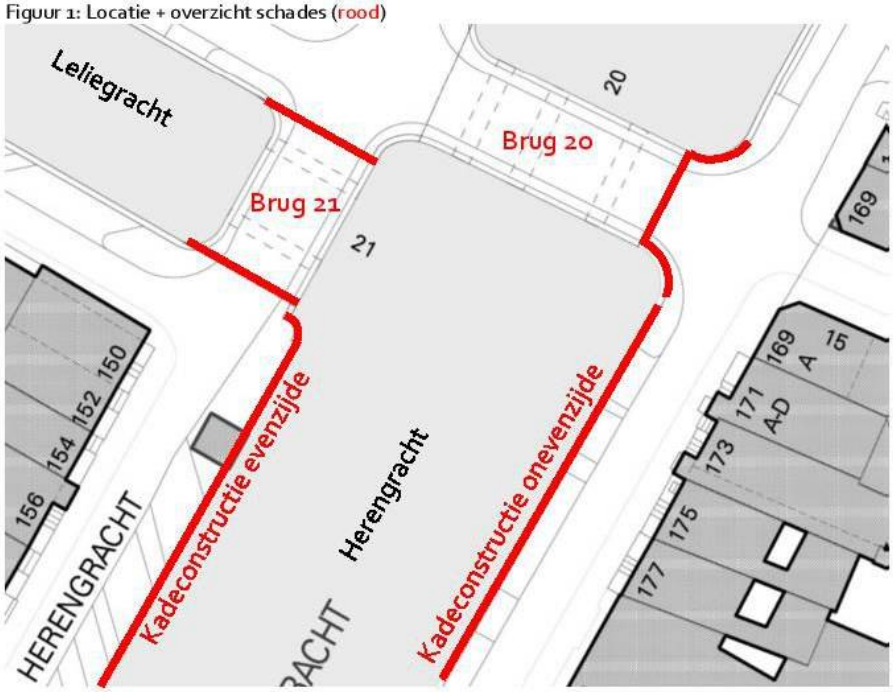
Bijlage(n)

Bijlage 1 - Verslag expertmeeting
Bijlage 2 - Rapportage funderingsinspectie Nebest
Bijlage 3 - Invloed bacteriële aantasting op sterkte palen

1 Inleiding

Het Stadsdeel Centrum heeft op basis van visuele inspecties aan de bruggen 20, 21 en de twee aangrenzende kadeconstructies langs de Keizergracht schades en onvolkomenheden geconstateerd, zie figuur 1, die nader onderzoek vereisen.

Figuur 1: Locatie + overzicht schades (rood)



Brug 20

Het metselwerk van het oostelijk landhoofd van brug 20 vertoont sterke veroudering en kalkuitslag.

Brug 21

- Het brugdek ter plaatse van het zuidelijk landhoofd lijkt ongelijkmatig verticaal verplaatst.
- Ter plaatse van de aansluiting van het zuidelijke landhoofd met de aangrenzende kadeconstructie langs de Leliegracht bevindt zich ter plaatse van de oplegging van het brugdek een verticale scheur in het metselwerk.
- In het noordelijk landhoofd is in een strook metselwerk direct boven de waterlijn aanzienlijke vochtophoping waargenomen.

Kadeconstructie evenzijde

- Ter plaatse van de aansluiting van het zuidelijk landhoofd van brug 21 met de aangrenzende kadeconstructie evenwijdig aan de Keizersgracht bevinden zich diverse verticale scheuren in het metselwerk.
- De kadeconstructie langs de Keizersgracht lijkt, ten opzichte van de aangrenzende kadeconstructie, horizontaal verplaatst (circa 15 cm).

Kadeconstructie onevenzijde

De aansluitende kadeconstructie langs de Keizersgracht, ten zuidoosten van het oostelijke landhoofd van brug 20, lijkt aan de onderzijde verplaatst en geroteerd te zijn.

Naar aanleiding van deze schades en onvolkomenheden heeft het Stadsdeel Centrum aan het Ingenieursbureau (IB) gevraagd onderzoek uit te laten voeren naar de oorzaak van deze schades en onvolkomenheden en een advies te geven van mogelijke (beheers)maatregelen. In deze rapportage vindt u de resultaten.

2 Aanpak

2.1 Uitgevoerde onderzoeken

Om de oorzaak van de schades/onvolkomenheden te achterhalen zijn de volgende onderzoeken uitgevoerd:

1. Uitvoeren van archiefonderzoek met als doel om de constructieopbouw van de bruggen en de kadeconstructies vast te stellen. Hiervoor zijn archieftekeningen bij 'Stadsarchief Amsterdam' opgevraagd en is het 'Amsterdamse Bruggenboek' geraadpleegd.
2. Uitvoeren van een voorinspectie met als doel te controleren of de locatie bereikbaar is voor een funderingsinspectie en een visuele inspectie. Op 6 februari 2015 heeft [redacted] deze voorinspectie uitgevoerd.
3. Uitvoeren van een visuele inspectie door [redacted] met als doel:
   - te controleren of de constructieopbouw volgens de archieftekeningen overeenkomt met de werkelijkheid;
   - het werkelijke schadepatroon inzichtelijk te krijgen en vast te leggen;
   - de oorzaak van de vochtophoping achter het noordelijk landhoofd van brug 21 trachten te achterhalen.
4. Uitvoeren van een funderingsinspectie door [redacted] met als doel:
   - te controleren of de constructieopbouw volgens de archieftekeningen overeenkomt met de werkelijkheid;
   - de werkelijke constructieopbouw inzichtelijk te krijgen als blijkt dat deze afwijkt van de archieftekeningen of als blijkt dat er géén archieftekeningen beschikbaar zijn (vaststellen constructieonderdelen, afmetingen, hart op hart afstanden palen, aantal palen, etc);
   - een mogelijk schadepatroon onder de waterlijn inzichtelijk te krijgen;
   - het inzichtelijk krijgen van de huidige technische staat van de fundering van de bruggen en de aangrenzende kadeconstructies inclusief de mate van (bacteriële) aantasting van de paalfundering met een doorkijk voor de komende 25 jaar; per object betekent dit het volgende aantal houtmonsters:
     - brug 20 = 25 stuks
     - brug 21 = 20 stuks
     - kadeconstructie Herengracht evenzijde = 10 stuks (ter plaatse van het oude deel van de kadeconstructie)
     - kadeconstructie Herengracht onevenzijde = 10 stuks (ter plaatse van het oude deel van de kadeconstructie)
   - inmeten waterbodem + bepaling slibdikte ter plaatse van de bruggen en de aangrenzende kadeconstructies.
5. Uitvoeren van 2 kernboringen per scheur door [redacted] om de diepte van de scheuren te bepalen.
   In maart 2015 heeft [redacted] de visuele inspectie, de funderingsinspectie en de kernboringen uitgevoerd. De resultaten zijn opgenomen in bijlage 2.

Er zijn géén resultaten van (deformatie)metingen beschikbaar.

2.2 Expertmeeting

Op 16-6-2015 heeft er bij het IB een expertmeeting[1] plaatsgevonden over onder andere de invloed van de bacteriële aantasting op de sterkte en het geotechnisch paaldraagvermogen van houten palen. Uit de ervaringen en op basis van de huidige kennis van de experts zijn de volgende conclusies te trekken:

- Het deel van de paal dat bacterieel is aangetast werkt niet mee in de sterkte van de paal. Dit leidt dus tot een afname van de sterkte van de paal. Echter weten we ook dat de paal over het algemeen een overcapaciteit heeft.
- De bacteriële aantasting heeft geen invloed op de rekenkundige bepaling van het geotechnisch paaldraagvermogen en het zettingsgedrag. Bacterieel aangetaste palen zakken dus niet meer dan onaangetaste palen.
- De zakking van een paal kan veroorzaakt worden door:
  - een overbelasting van het geotechnisch paaldraagvermogen door negatieve kleefbelasting boven de 1e zandlaag die in de loop der jaren is opgetreden door bijvoorbeeld veranderingen in maaiveldhoogte, grondwaterstanden, etc;
  - een overbelasting als gevolg van een afname van de sterkte van de paal;
  - een overbelasting als gevolg van een toename van de maaiveldbelastingen; de constructies zijn vroeger ontworpen op lagere belastingen.
- Een zakkingsverschil tussen de palen kan veroorzaakt worden door een verschil in paalafmeting, paalsterkte, inbrengniveau, maaiveldbelasting, conusweerstand, schoorstand, etc.

Ons advies is gebaseerd op bovenstaande ervaringen en kennis. Overige conclusies van de expertmeeting zijn opgenomen in bijlage 1.

3 Brug 20

3.1 Schadepatroon

Bij brug 20 is de volgende onvolkomenheid geconstateerd, zie figuur 2:
Het metselwerk van het oostelijk landhoofd van brug 20 vertoont sterke veroudering en kalkuitslag.

Figuur 2: Locatie + overzicht schade/onvolkomenheden (rood)

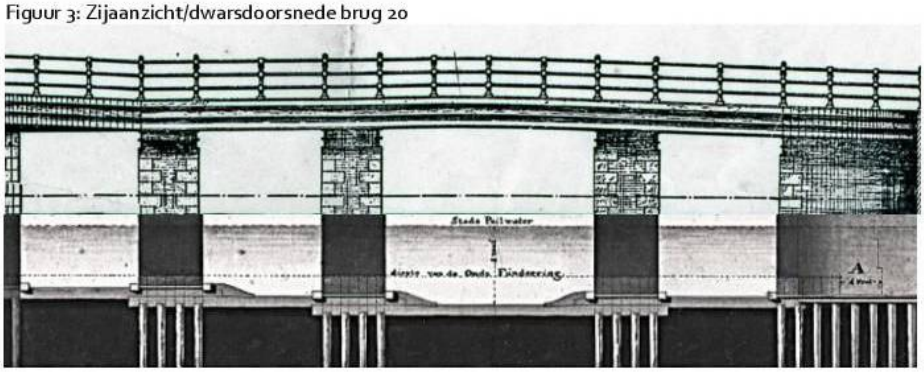


3.2 Resultaten onderzoek

Archiefonderzoek

Brug 20 is van oorsprong uit 1793 en in 1886 verlaagd en verbreed met behoud van de bestaande fundering. De brug bestaat uit 2 gemetselde landhoofden en 3 gemetselde pijlers die gefundeerd zijn op een houten paalfundering (circa 200 palen) die onderling verbonden zijn met houten koppelbalken, zie figuur 3. In 1962 is het brugdek vernieuwd door een staal/betondek (ongedeuveld) met een breedte van 8,80 meter. De brug is oorspronkelijk ontworpen op belastingklasse B volgens de [redacted] 1938.

Figuur 3: Zijaanzicht/dwarsdoorsnede brug 20



Funderingsonderzoek

Uit het funderingsonderzoek blijkt het volgende:

- Nebest heeft tijdens de funderingsinspectie de constructieopbouw volgens de archieftekeningen aangetroffen.
- De houten onderdelen vertonen geen insnoering of schades door materiaalafname en sluiten onderling goed op elkaar aan. Er zijn geen tekenen van overbelasting zichtbaar.
- Ondanks dat er geen schades, onregelmatigheden of ernstige materiaalafname aan de houten funderingsonderdelen (kespen/langshout/ koppelbalken/palen) voelbaar zijn blijkt uit de indringingsmetingen en de houtmonsteranalyse toch dat vrijwel alle funderingsonderdelen bacterieel zijn aangetast.
- Uit de houtmonsteranalyse is het volgende op te maken:
  - Bij 20 van de 23 onderzochte palen varieert de bacteriële aantasting in dikte van 5 tot 94 mm. De overige 3 onderzochte palen zijn onaangetast.
  - De sterkte van de onderzochte palen is afgenomen met een gemiddelde van 39%.
  - Bij de 3 onderzochte palen onder het westelijk landhoofd bedraagt de afname zelfs 81%

  In bijlage 3 is per houtmonster de mate van aantasting visueel weergegeven en in de tabel verder onderbouwd.

De gedetailleerde resultaten van [redacted] zijn te vinden in bijlage 2.

Visuele inspectie

Uit de visuele inspectie blijkt het volgende:

- Het voegwerk is in slechte staat. Circa 50% van de voegvulling is uitgesleten. Rond de waterlijn zijn de voegen maximaal 40 mm inprikbaar.
- Rond de waterlijn zijn vlakken metselwerk uitgebroken als gevolg van aanvaring.
- Op de aansluiting tussen het westelijk landhoofd en de noordelijke aangrenzende kadeconstructie is een diagonale scheur zichtbaar die doorloopt tot op de fundering.

De gedetailleerde resultaten van [redacted] zijn te vinden in bijlage 2.

3.3 Oorzaken en (beheers)maatregelen

Ondanks dat er géén specifiek onderzoek uitgevoerd is naar de veroudering en de kalkuitslag aan het oostelijk landhoofd is deze onvolkomenheid het gevolg van vochtdoorloop door het poreuze onsamenhangende metselwerk.

Om verdere degradatie van het metselwerk tegen te gaan kan een waterdicht membraam aangebracht worden tegen de achterzijde van het landhoofd. Of het metselwerk zijn kerende en dragende functie nog kan vervullen is echter onbekend. Hiervoor is aanvullend onderzoek vereist.

3.4 Conclusie en advies

De geconstateerde onvolkomenheid is lokaal en moet samen met de overige constateringen uit het onderzoek in een bredere context gezien worden. Een groot deel van de houten paalfundering is bacterieel aangetast. Omdat deformatiemetingen ontbreken en er géén rekenkundige toetst is uitgevoerd is het op dit moment niet in te schatten welk effect de bacteriële aantasting heeft op de constructieve veiligheid van de brug.
Echter, op basis van de ervaringen uit de expertmeeting en het feit dat er géén schades aan de fundering zijn aangetroffen die duiden op een instabiele constructie is in overleg met [redacted] besloten de brug voorlopig te handhaven en te monitoren (visuele inspectie + deformatiemeting in x-, y- en z-richting).

Om verdere degradatie van het metselwerk van het oostelijk landhoofd tegen te gaan kan bijvoorbeeld tegen de grondzijde van het metselwerk een waterdicht membraam aangebracht worden.

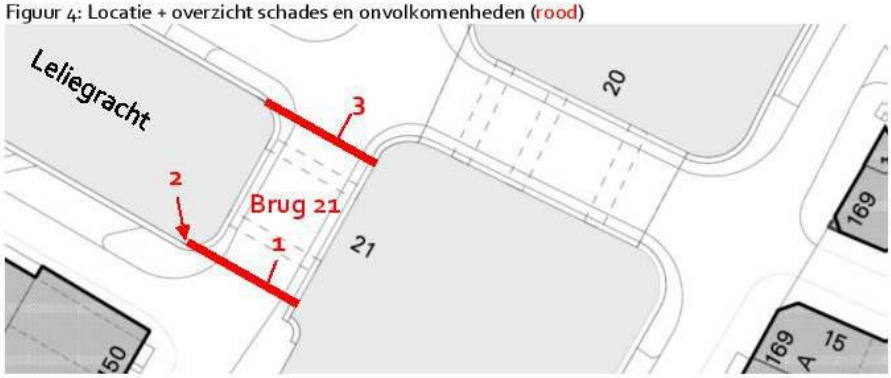
4 Brug 21

4.1 Schadepatroon

Bij brug 21 zijn de volgende schades en onvolkomenheden geconstateerd, zie figuur 4:

1. Het brugdek ter plaatse van het zuidelijk landhoofd lijkt ongelijkmatig verticaal verplaatst.
2. Ter plaatse van de aansluiting van het zuidelijk landhoofd met de aangrenzende kadeconstructie langs de Leliegracht bevindt zich ter plaatse van de oplegging van het brugdek een verticale scheur in het metselwerk.
3. In het noordelijk landhoofd is in een strook metselwerk direct boven de waterlijn aanzienlijke vochtophoping waargenomen.

Figuur 4: Locatie + overzicht schades en onvolkomenheden (rood)

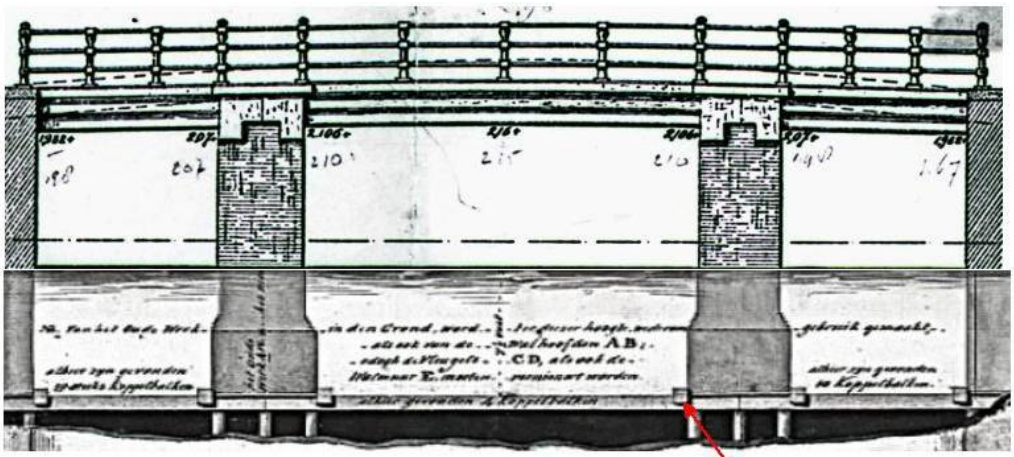


4.2 Resultaten onderzoek

Archiefonderzoek

Brug 21 is van oorsprong uit 1793 en in 1886 verlaagd en verbreed met behoud van de bestaande fundering. De brug bestaat uit 2 gemetselde landhoofden en 2 gemetselde pijlers die gefundeerd zijn op een houten paalfundering (circa 150 palen) die onderling verbonden zijnmet houten koppelbalken, zie figuur 5. Net als brug 20 is ook dit brugdek in 1962 vernieuwd door een staal/betondek (ongedeuveld) alleen met een breedte van 8,50 meter. De brug is oorspronkelijk ontworpen op belastingklasse B volgens de [redacted] 1938.

Figuur 5: Zijaanzicht/dwarsdoorsnede brug 21



Funderingsonderzoek

Uit de funderingsonderzoek blijkt het volgende:

- [redacted] heeft tijdens de funderingsinspectie de constructieopbouw volgens de archieftekeningen aangetroffen.
- De houten onderdelen vertonen geen insnoering of schades door materiaalafname en sluiten onderling goed op elkaar aan. Er zijn geen tekenen van overbelasting zichtbaar.
- Ter plaatse van de noordelijke pijler ontbreekt in de vaaropening de langsligger, zie figuur 5.
- Vanwege de slechte bereikbaarheid heeft [redacted] zowel het noordelijk als zuidelijk landhoofd niet kunnen inspecteren.
- Ondanks dat er geen schades, onregelmatigheden of ernstige materiaalafname aan de houten funderingsonderdelen (kespen/langshout/ koppelbalken/palen) voelbaar zijn blijkt uit de indringingsmetingen en de houtmonsteranalyse toch dat vrijwel alle funderingsonderdelen bacterieel zijn aangetast.
- Uit de houtmonsteranalyse blijkt het volgende:
  - Bij 14 van de 15 onderzochte palen varieert de bacteriële aantasting in dikte van 5 tot 100 mm. 1 onderzochte paal is onaangetast.
  - De sterkte van de 15 onderzochte palen is afgenomen met een gemiddelde van 43%.

  In bijlage 3 is per houtmonster de mate van aantasting visueel weergegeven en in de tabel verder onderbouwd.
- De aangrenzende kadeconstructie langs de Leliegracht bestaat uit een betonnen L-wand gefundeerd op stalen buispalen.

De gedetailleerde resultaten van [redacted] zijn te vinden in bijlage 2.

Visuele inspectie

Uit de visuele inspectie blijkt het volgende:

- Het voegwerk is in matige staat. Circa 20% van de voegvulling rond de waterlijn is uitgesleten en maximaal 20 mm inprikbaar.

- Er is een verticale scheur in het zuidelijk landhoofd ontdekt vanaf de haalkom tot op de fundering.
- Er is een diagonale scheur zichtbaar van de aangrenzende kadeconstructie van de Leliegracht (=schade 2).
- Om de vochtophoping in het noordelijk landhoofd in een strook metselwerk te achterhalen is een boorkern genomen uit het metselwerk. Na het uitnemen liep een ononderbroken straal schoon water uit het boorgat.

De gedetailleerde resultaten van [redacted] zijn te vinden in bijlage 2.

4.3 Oorzaken en (beheers)maatregelen

Schade 1 en 2

De westelijke randligger van het brugdek is opgelegd op de betonnen L-wand + metselwerk langs de Leliegracht. Deze kadeconstructie is vrij nieuw (jaartal onbekend) en gefundeerd op de 2e zandlaag. De overige stalen liggers van het brugdek zijn opgelegd op het zuidelijke landhoofd van brug 21 dat op de 1e zandlaag is gefundeerd. Het verschil in paalpuntniveau en het verschil in leeftijd leidt tot zettingsverschillen en verklaart mogelijk de ongelijkmatige verticale verplaatsing van het brugdek (het landhoofd is meer gezakt dan de betonnen L-wand). Echter is dit niet met een deformatiemeting aangetoond. De zettingsverschillen verklaren mogelijk ook de diagonale scheur in het metselwerk onder de westelijke randligger wat het gevolg is van een lokale overbelasting van het metselwerk.

De volgende (beheers)maatregelen zijn mogelijk:

- Herstellen van het metselwerk op de betonnen L-wand. De ruimte tussen de westelijke randligger en het onderliggende metselwerk moet dan vrij zijn.
- Versterken van het brugdek in dwarsrichting om toekomstige scheurvorming in het brugdek te voorkomen.
- Permanent versterken van het landhoofd.
- Vervanging van het landhoofd.

Schade 3

De vochtophoping in het metselwerk is vermoedelijk veroorzaakt door een lekkage in een (drinkwater)leiding achter het landhoofd.

Deze schade moet in overleg met Waternet verholpen worden. Als blijkt dat dit niet de oorzaak is, dan is nader onderzoek vereist.

4.4 Conclusie en aanbevelingen

Uit het onderzoek blijkt dat de schade aan het brugdek en het metselwerk mogelijk veroorzaakt worden door een ongelijkmatige zetting tussen het zuidelijk landhoofd van brug 21 en de aangrenzende kadeconstructie langs de Leliegracht omdat het brugdek op beide constructies is

gefundeerd. Om de schade te herstellen zijn een aantal (beheers)maatregelen mogelijk. Echter adviseren we deze maatregelen samen met de overige constateringen uit het onderzoek in een bredere context te zien.

Ondanks dat een groot deel van de houten paalfundering van de brug bacterieel is aangetast zijn er verder géén grote schades aan de fundering aangetroffen die op dit moment duiden op een instabiele constructie. Echter, het ontbreken van de langsligger naast de noordelijke pijler is in combinatie met de afname van de 5 onderzochte palen met 59% zorgelijk te noemen. Omdat deformatiemetingen ontbreken en er géén rekenkundige toetst is uitgevoerd is het op dit moment niet in te schatten welk effect de schade aan het brugdek en de bacteriële aantasting van de paalfundering heeft op de constructieve veiligheid van de brug. Hiervoor is aanvullend onderzoek vereist.

Om een beter onderbouwd advies te kunnen geven adviseren we de volgende aanvullende stappen uit te voeren:

- Controleren of de westelijke langsligger van het brugdek gefundeerd is op de betonnen L-wand langs de Leliegracht en een controle of de constructie hierop gedimensioneerd is.
- Uitvoeren van een herberekening waarbij de constructieve veiligheid van de brug inclusief de invloed van de bacteriële aantasting getoetst wordt aan de huidig geldende rekennormen ten aanzien van veiligheid.. De resultaten van de herberekening worden vervolgens per constructieonderdeel uitgedrukt in een unity check (uc). De uc is de toetsing van de constructie, uitgedrukt in een verhouding tussen de optredende belasting en de sterkte van het constructieonderdeel:
  uc < 1 → constructieonderdeel voldoet aan de constructie veiligheid
  uc > 1 → constructieonderdeel voldoet niet aan de constructieve veiligheid
- Als uit de herberekening blijkt dat de constructie(onderdelen) niet voldoen zal in overleg met het Stadsdeel Centrum op basis van een risicobenadering bepaald worden welke van de volgende (beheers)maatregelen noodzakelijk zijn:
  - handhaven van de brug in combinatie met jaarlijkse monitoring (visuele inspectie + deformatiemeting in x-, y- en z-richting);
  - het versterken van de (paal)fundering(en);
  - versterken van het brugdek;
  - volledige vervanging van het zuidelijk landhoofd;
  - volledige vervanging van de brug.

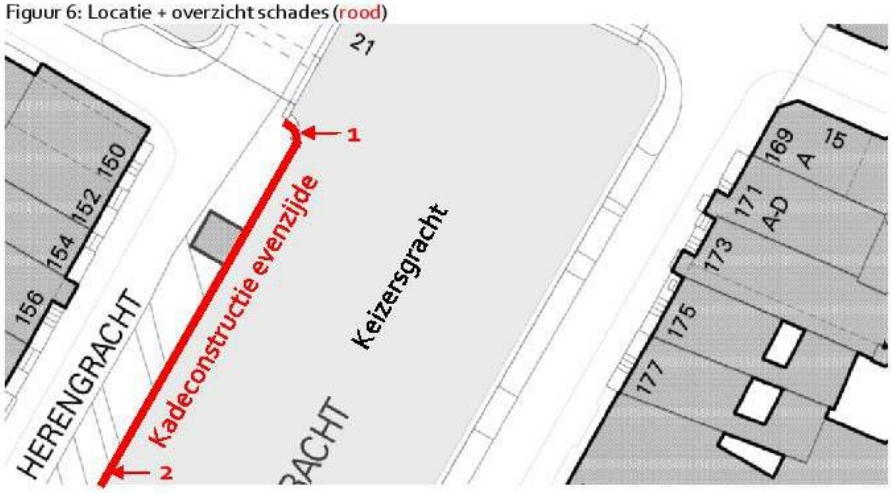
5 Kadeconstructie evenzijde

5.1 Schadepatroon

Bij de kadeconstructies zijn de volgende schades geconstateerd, zie figuur 6:

1. Ter plaatse van de aansluiting van het zuidelijk landhoofd van brug 21 met de aangrenzende kadeconstructie evenwijdig aan de Keizersgracht bevinden zich diverse verticale scheuren in het metselwerk.
2. De kadeconstructie langs de Keizersgracht lijkt, ten opzichte van de aangrenzende kadeconstructie, horizontaal verplaatst (circa 15 cm).

Figuur 6: Locatie + overzicht schades (rood)



5.2 Resultaten onderzoek

Archiefonderzoek

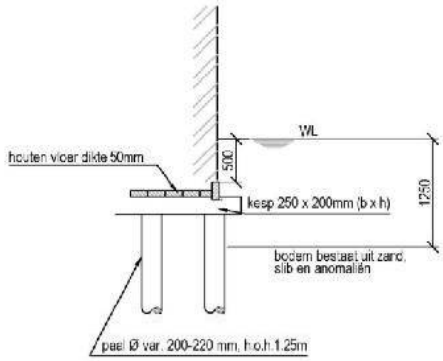
Er zijn géén archieftekeningen van de kadeconstructie aangetroffen.

Funderingsonderzoek

Uit het funderingsonderzoek blijkt het volgende:

- De kadeconstructie is opgebouwd uit een gemetselde kademuur, gefundeerd op een houten funderingsconstructie, zie figuur 7.

Figuur 7: Constructieopbouw kadeconstructie



- Uit dieptepeilingen blijkt de gemiddelde waterbodemdiepte 1,25 meter te zijn. Er is geen uitspoeling aangetroffen.
- De koppen van de kespen zijn maximaal 5 cm ingewaterd.
- De paal-kespverbinding is intact en er zijn aan de fundering geen tekenen van overbelasting zichtbaar.
- Uit de indringingsmetingen en de houtmonsteranalyse blijkt dat vrijwel alle funderingsonderdelen zijn aangetast.
- Uit de houtmonsteranalyse blijkt het volgende:
  - Bij de 8 onderzochte grenen palen varieert de bacteriële aantasting van 38 tot 110 mm.
  - De sterkte van de onderzochte palen is afgenomen met een gemiddelde van 75% en neemt de komende 30 jaar verder af tot 83%.

  In bijlage 3 is per houtmonster de mate van aantasting visueel weergegeven en in de tabel verder onderbouwd.

De gedetailleerde resultaten van [redacted] zijn te vinden in bijlage 2.

Visuele inspectie + kernboringen

Uit de visuele inspectie blijkt het volgende:

- Er zijn 4 verticale scheuren waargenomen variërend in breedte met een maximale scheurwijdte van 5 mm.
- Ter plaatse van 2 scheuren zijn boorkernen genomen. Hieruit blijkt dat het metselwerk ter plaatse van de scheuren zeer onsamenhangend is en het voorliggende metselwerk al eens vervangen lijkt.
- De kadeconstructie is ter plaatse van de aansluiting met de vleugelwand van brug 21 circa 5 cm verplaatst.
- De kadeconstructie lijkt ten opzichte van de aangrenzende nieuwe zuidelijke kadeconstructie circa 10 cm verplaatst. Het lijkt dat deze verplaatsing niet recent is opgetreden.

De gedetailleerde resultaten van [redacted] zijn te vinden in bijlage 2.

5.3 Oorzaken en (beheers)maatregelen

De verticale scheuren in het metselwerk en de horizontale verplaatsing zijn vermoedelijk ontstaan door ongelijkmatige zettingen, de slechte technische staat van het metselwerk in combinatie met een overbelasting van de funderingsconstructie. Dit kan veroorzaakt zijn door een te hoge maaiveldbelasting of door een overbelasting van de sterkte van de paal als gevolg van de bacteriële aantasting. Uit het onderzoek blijkt namelijk dat de sterkte van de onderzochte palen is afgenomen met gemiddeld 75%. Echter is dit niet rekenkundig aangetoond. Omdat deformatiemetingen ontbreken is onbekend of de verplaatsing recent is opgetreden.

De volgende (beheers)maatregelen zijn mogelijk:

- Halfjaarlijkse monitoring (visuele inspectie + deformatiemeting in x-, y- en z-richting), eventueel in combinatie met het afzetten van bovenliggend maaiveld.
- Aanbrengen van een (tijdelijke) stabiliteitsconstructie vóór de kadeconstructie.
- Permanente versterking van de kadeconstructie.
- Volledige vervanging van de kadeconstructie.

5.4 Conclusie en advies

De scheuren en de verplaatsing van de kadeconstructie is vermoedelijk ontstaan door ongelijkmatige zettingen, de slechte technische staat van het metselwerk in combinatie met een overbelasting van de funderingsconstructie.

Ondanks dat er géén deformatiemetingen beschikbaar zijn en een rekenkundige toets ontbreekt, adviseren we dit deel van de kadeconstructie volledig te vervangen. Omdat onbekend is of de horizontale verplaatsing recentelijk is opgetreden adviseren we uit veiligheidsoverweging het volgende stappenplan uit te voeren:

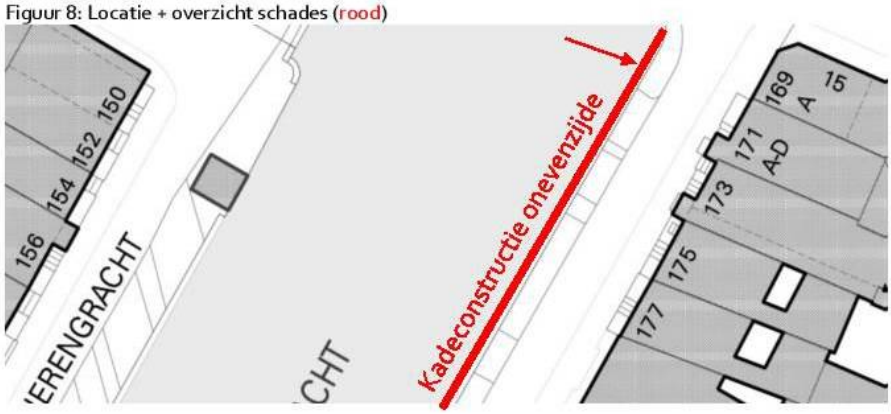
1. De kadeconstructie halfjaarlijks te monitoren (visuele inspectie + deformatiemeting in x-, y- en z-richting).
2. Als uit de monitoring blijkt dat de kadeconstructie blijft verplaatsen adviseren we tot het moment van volledige vervanging de parkeervakken rondom de kadeconstructie direct af te zetten totdat de kadeconstructie is versterkt met een (tijdelijke) stabiliteitsconstructie.

6 Kadeconstructie onevenzijde

6.1 Schadepatroon

Bij de kadeconstructie is de volgende schade geconstateerd, zie figuur 8:
De aansluitende kadeconstructie langs de Keizersgracht, ten zuidoosten van het oostelijke landhoofd van brug 20, lijkt aan de onderzijde verplaatst en geroteerd te zijn.

Figuur 8: Locatie + overzicht schades (rood)



6.2 Resultaten onderzoek

Archiefonderzoek

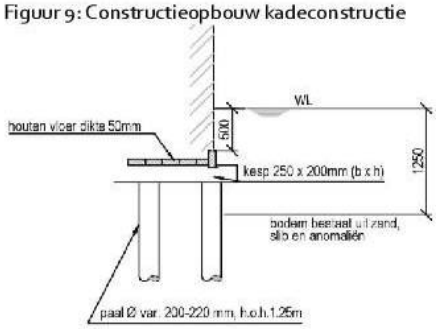
Er zijn géén archieftekeningen van de kadeconstructie aangetroffen.

Funderingsonderzoek

Uit de funderingsonderzoek blijkt het volgende:

- De kadeconstructie is opgebouwd uit een gemetselde kademuur, gefundeerd op een houten funderingsconstructie, zie figuur 9.

Figuur 9: Constructieopbouw kadeconstructie



- Uit de dieptepeilingen blijkt de gemiddelde waterbodemdiepte 1,25 meter. Er is geen uitspoeling aangetroffen.
- De koppen van de kespen zijn maximaal 5 cm ingewaterd.
- De paal-kespverbinding is intact en er zijn aan de fundering geen tekenen van overbelasting zichtbaar.
- Uit de houtmonsteranalyse blijkt het volgende:
  - Bij de 10 onderzochte palen varieert de bacteriële aantasting van 18 tot 49 mm.
  - De sterkte van de onderzochte palen is afgenomen met een gemiddelde van 52 % en neemt de komende 30 jaar verder af tot 61%.

  In bijlage 3 is per houtmonster de mate van aantasting visueel weergegeven en in de tabel verder onderbouwd.

De gedetailleerde resultaten van [redacted] zijn te vinden in bijlage 2.

Visuele inspectie

Uit de visuele inspectie blijkt het volgende:

- Bij de overgang met de aangrenzende zuidelijke kadeconstructie is de kadeconstructie circa 65 mm verplaatst en lijkt recentelijk nog 8 mm extra verplaatst te zijn.
- Er zijn 7 verticale scheuren waargenomen met een geringe scheurwijdte tot maximaal 1 mm.

De gedetailleerde resultaten van [redacted] zijn te vinden in bijlage 2.

6.3 Oorzaken en (beheers)maatregelen

De verplaatsing en rotatie zijn vermoedelijk veroorzaakt door een overbelasting van de kadeconstructie. Dit kan het gevolg zijn van een te hoge maaiveldbelasting (invloed van de boom(wortels)) of door een overbelasting van de sterkte van de paal als gevolg van de bacteriële aantasting. Uit onderzoek blijkt namelijk dat de sterkte van de onderzochte palen is afgenomen met gemiddeld 52%. Echter is dit niet rekenkundig aangetoond.

De volgende (beheers)maatregelen zijn mogelijk:

- Halfjaarlijkse monitoring (visuele inspectie + deformatiemeting in x-, y- en z-richting), eventueel in combinatie met het afzetten van bovenliggend maaiveld.
- Aanbrengen van een (tijdelijke) stabiliteitsconstructie vóór de kadeconstructie.
- Permanente versterking van de kadeconstructie.
- Volledige vervanging van de kadeconstructie.

6.4 Conclusie en advies

De rotatie en verplaatsing zijn vermoedelijk veroorzaakt door een overbelasting van de kadeconstructie. Echter moet de schade in combinatie met de overige constateringen uit dit onderzoek in een bredere context gezien worden. De vele verticale scheuren wijzen op ongelijkmatige zettingen. Daarnaast lijkt de onderzochte kadeconstructie ten opzichte van het aangrenzende zuidelijke nieuwe deel circa 73 mm verplaatst te zijn waarbij de laatste 8 mm

recentelijk lijkt opgetreden. Echter is dit niet met deformatiemetingen en een rekenkundige toets aangetoond.

Op basis van bovenstaande constateringen is in overleg met [redacted] bepaald dat de kadeconstructie voorlopig gehandhaafd blijft en halfjaarlijks gemonitord wordt (visuele inspectie + deformatiemeting in x-, y- en z-richting). Als uit de monitoring blijkt dat de kadeconstructie zowel horizontaal als verticaal blijft verplaatsen en de veiligheid in het geding komt kunnen aanvullende beheersmaatregelen getroffen worden volgens paragraaf 6.3.

Bijlage(n)

Bijlage 1 - Verslag expertmeeting

Bijlage 2 - Rapportage funderingsinspectie [redacted]

Bijlage 3 - Invloed bacteriële aantasting op sterkte palen