



Notitie “Zandstempel en infiltratiekratten”

Aan TM, Raymond Krukkert, Harold IJskes, Marleen Cervelli, Ilca Italianer, Peer Maas,
Linda Docters van Leeuwen, Anne Uildriks
Van Hans Pauw, Arjan Wisse
Kopie aan
Datum 27 januari 2021 Concept 1,
24 maart 2021 Concept 2 (aanpassingen nav opm. Peer Maas en Waternet)
29 maart 2021 Concept 3 (aanpassing nav gegevens hoogwater in par. 1.5)
06 april 2021 Concept 4 (toegevoegd zakbaken, proefproject)
16 april 2021 Concept 5 (verdere uitwerking, proefproject)
29 april 2021 Definitief 1 (monitoring van functies, par 1.14)

1.1 Aanleiding en inhoudsopgave

De standaard veiligheidsconstructies, die in Amsterdam, als tijdelijke constructies, slechte kademuren steunen, bestaan momenteel uit een vrijstaande damwand voor de kade, een zandaanvulling tot 0,1 m onder het streefpeil van het water in de grachten en daarboven een stalen stempelraam tussen kade en damwand. Het water boven het zand staat via gaten in de damwand rechtstreeks in verbinding met het water in de gracht, zodat de ruimte tussen damwand en kade de functie van waterberging behoudt. De veiligheidsconstructies worden beschreven en berekend in het rapport 210311 “Standaard veiligheidsconstructies kademuren”.

Echter de ruimte tussen damwand en kade is op deze wijze onbegaanbaar en verder onbruikbaar geworden, doordat er water op het zand staat, het niveau van de bovenkant van het zand ligt op NAP -0,5 m, dus onder het streefpeil. Ook liggen de stalen stempels dwars over en boven het zand in de weg en mogen niet verticaal belast worden, vanwege de slechte staat van de kade, waaraan ze zijn bevestigd.

Toch is het op diverse locaties noodzakelijk of wenselijk om de ruimte ter plaatse van de veiligheidsconstructies wél aan de openbare ruimte toe te kunnen voegen. We denken daarbij aan de toegang naar woonboten, plezierboten en afvalboten, maar ook aan ruimte om fietsen te stallen of groen aan te leggen.

In het recente verleden zijn op een aantal locaties veiligheidsconstructies toegepast, waarbij het aanvulzand wel tot maaiveldhoogte werd aangebracht en werd het verdicht, zodat het zand tevens de stempelfunctie tussen damwand en kade vervult. Er zijn dan geen stalen stempelconstructies nodig en de oude kade wordt een gelijkmatige wijze gesteund, min of

meer conform aan de aandrijvende gronddruk tegen de achterkant van de kade. Op die wijze zijn er veel meer mogelijkheden voor de strook die de veiligheidsconstructie in beslag neemt.

De reden dat de constructie met damwand en alleen een zandaanvulling, niet meer standaard wordt toepast, is omdat er voldaan dient te worden aan de logische waterbergingseis van Waternet, die stelt dat de waterberging in de grachten door het plaatsen van de veiligheidsconstructies niet minder mag worden dan de huidige waterberging. Dat wil zeggen, dat het wateroppervlak gehandhaafd moet worden, zodat het water bij grote aanvoer naar de grachten, ongehinderd kan stijgen op dezelfde wijze als voor de plaatsing van de veiligheidsconstructies. Ook bij afvoer van het water moet dit op dezelfde wijze leiden tot het dalen van de waterspiegel. Het streefpeil in de Amsterdamse grachten is NAP -0,40 m en het waterpeil kan fluctueren tussen NAP -0,5 m en NAP -0,3 m.

Momenteel worden voor het uitbreiden van de openbare ruimte en voor het afmeren van boten aan de Kloveniersburgwal (westzijde rakken 0101, 0201 en 0301) voorbereidingen getroffen voor de uitvoering van een 5-tal houten steigers op palen. Deze steigers worden los van de veiligheidsconstructies gehouden, om de oude kade en stempels niet te belasten. Aan weerszijden van de steigers wordt de ruimte tussen damwand en kade, beplant met riet, lisdodden en andere waterplanten, om het geheel een aantrekkelijker beeld te geven en om de leefomgeving te verbeteren. Met deze steigerconstructies wordt aan de waterbergingseis voldaan.

Echter het plaatsen van steigers boven een te lage zandaanvulling, is omslachtig en er is daarom nog eens naar de eerder toegepaste hoge zandaanvullingen gekeken.

Het ontwerp met de hoge zandaanvulling geeft veel voordelen, maar voldoet niet aan de waterbergingseis. Om toch aan de waterbergingseis te voldoen, moet er in het zandlichaam een holle ruimte aanwezig zijn, die vrij in verbinding staat met het water in de gracht en waarin het water met het grachtwater kan stijgen en dalen. Die holle ruimte moet zich minimaal van NAP -0,5 m tot NAP -0,3 m bevinden. Zie ook paragraaf 1.5 Zettingen.

Er is besloten om een proefproject met een hoge zandaanvulling en infiltratiekratten te realiseren en te monitoren. Het project is aan de Leidse Gracht LEGO302 en de tekening daarvan is in de bijlage 4 opgenomen. In deze notitie worden de nieuwe aspecten van deze veiligheidsconstructies met infiltratiekratten algemeen behandeld en worden waar nodig toegespitst op de situatie van Leidse Gracht LEGO302.

In deze notitie worden achteréenvolgens behandeld:

- 1.2 Ontwerp zandstempel en infiltratiekratten;
- 1.3 Tekeningen en beschrijving van de opbouw;
- 1.4 Hoogte van de zandaanvulling;
- 1.5 Zettingen;
- 1.6 Voeg tussen infiltratie-laag en bestaande kade;
- 1.7 Voeg tussen infiltratie-laag en damwand;
- 1.8 Zakking van in- en uitstroombuizen door de kleikoffers;

- 1.9 Toepassen van zakbaken;
- 1.10 Circulatie van water door infiltratie-laag;
- 1.11 Voorkomen van stankoverlast;
- 1.12 Specificaties van mogelijke onderdelen en materialen;
- 1.13 Voordelen zandstempel en infiltratiekratten;
- 1.14 Nader te doen en reeds gedaan.

De volgende bijlagen zijn toegevoegd:

Bijlage 1 Geotechniek Globale beschouwing werking infiltratiekratten in veiligheidsconstructie;

Bijlage 2 Resultaten van monitoring van zettingen van hoge zandaanvullingen van reeds eerder uitgevoerde projecten;

Bijlage 3 De vervorming van de damwand in stappen;

Bijlage 4 Tekening LEGO302 Leidse Gracht, Veiligheidsconstructie met zandstempel en infiltratiekratten

1.2 Ontwerp zandstempel en infiltratiekratten

Om de holle ruimte te maken kunnen zgn. infiltratiekratten gebruikt worden, die in 1 laag worden aangebracht op het niveau NAP -0,5 m. Deze kratten, die onderling te koppelen zijn, worden veelvuldig gebruikt onder pleinen, parken en wegen om waterbergingscapaciteit te realiseren voor het opvangen van grote hemelwatertoevoer. De kratten zijn van (gerecycled) kunststof, kunnen grote belastingen opnemen, tot verkeersbelastingen en hebben een nuttige inhoud van ca. 95 % Zie figuren 1 en 2

.

Figuur 1 Infiltratiekrat





Figuur 2 Infiltratie-laag bestaande uit aan elkaar gekoppelde kratten ingepakt in geo-textiel.

Het zandpakket boven de infiltratie-laag vervult de functie van stempel. Dit wordt voor de diverse hoogten berekend. De steundruk van het zand onder de infiltratie-laag zal gering zijn, omdat het onder water moeilijk te verdichten is. De krachtswerking en de verplaatsingen onder de verschillende belastingen is vergelijkbaar met veiligheidsconstructies met een hoge zandaanvulling zonder infiltratie-laag en met veiligheidsconstructies met een lage zandaanvulling tot NAP -0,5m met een stalen stempelraam. Zie de bijlage 1 voor de vergelijkingen. Er wordt vanuit gegaan, dat de infiltratie-laag geen stempelfunctie heeft en om dat te borgen, wordt de laag met een voeg van 100 mm vrijgehouden van de kademuur. De voeg wordt gevuld met een goed samendrukbaar materiaal en wordt met geo-textiel aan de onderzijde en bovenzijde afgedekt, zodat er geen zand in kan stromen.

1.3 Tekeningen en beschrijving van de opbouw

Op de volgende tekeningen zijn 3 doorsneden weergegeven met de zandaanvulling tot aan de bovenkant van de damwanden. De 3 verschillende kadehoogten komen vaak voor.

De infiltratie-kratten wordt gelegd van kade tot aan damwand, waarbij de kratten aan elkaar worden gekoppeld tot een infiltratie-laag. De infiltratie-laag wordt onder, boven en aan de voor- en achterkant omkleed met geo-textiel. Het geo-textiel is goed waterdoorlatend, maar houdt zand en grond tegen.

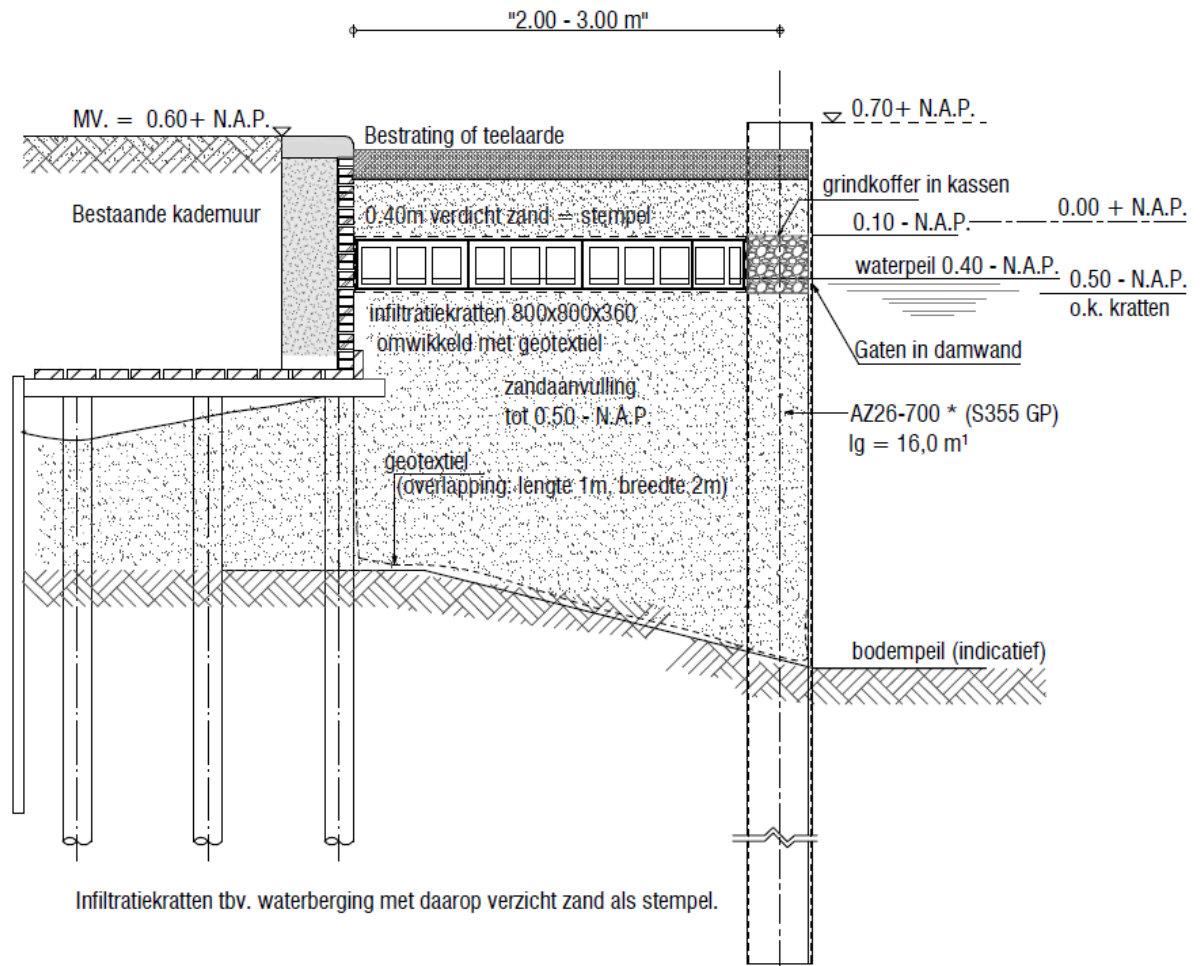
In de buiken van de damwanden, dus waar de damwand dicht (ca. 0,25 m) bij de infiltratie-laag staat, worden ter hoogte van de infiltratie-laag gaten 200 x 200 mm gemaakt, hart op hart 2,8 m, dus om de andere buik komt een gat. De gaten bevinden zich tussen NAP – 0,5 m en NAP – 0,3 m. Achter deze gaten wordt per gat, tussen damwand en infiltratie-laag, een met geo-textiel omkleedde grindkoffer geplaatst.

Het geo-textiel zorgt ervoor, dat het grachtwater schoon in en uit de kratten kan stromen, zonder dat het grind door de gaten in de damwand, in de gracht valt.

Aan de kopse kanten van de veiligheidsconstructie is het voor de doorstroming van de infiltratie-laag het beste om het water rechtstreeks in en uit te laten stromen. Dit wordt gerealiseerd door toepassing van meerdere PVC buizen Ø 315 mm, die door de damwanden van de kleikoffer steken en rechtstreeks op de zijkanten van de eerste rij kratten worden gemonteerd. De buizen liggen dus door de kleikoffer. Er zullen roestvrijstalen roosters van draadgaas met mazen van 6 x 6 mm voor de buisopeningen worden toegepast om ongedierte (o.a. muizen en ratten) tegen te houden. Om zakkingen van het zand (met de infiltratie-kratten) en de klei (met de buizen), mee te kunnen maken, wordende buizen door slobgaten (vertikale beweging) in de damwanden gevoerd. De extra ruimte van de gaten worden dicht gehouden door middel van flenzen en geotextiel om de buizen, tegen de damwand. Dit is een schuifconstructie.

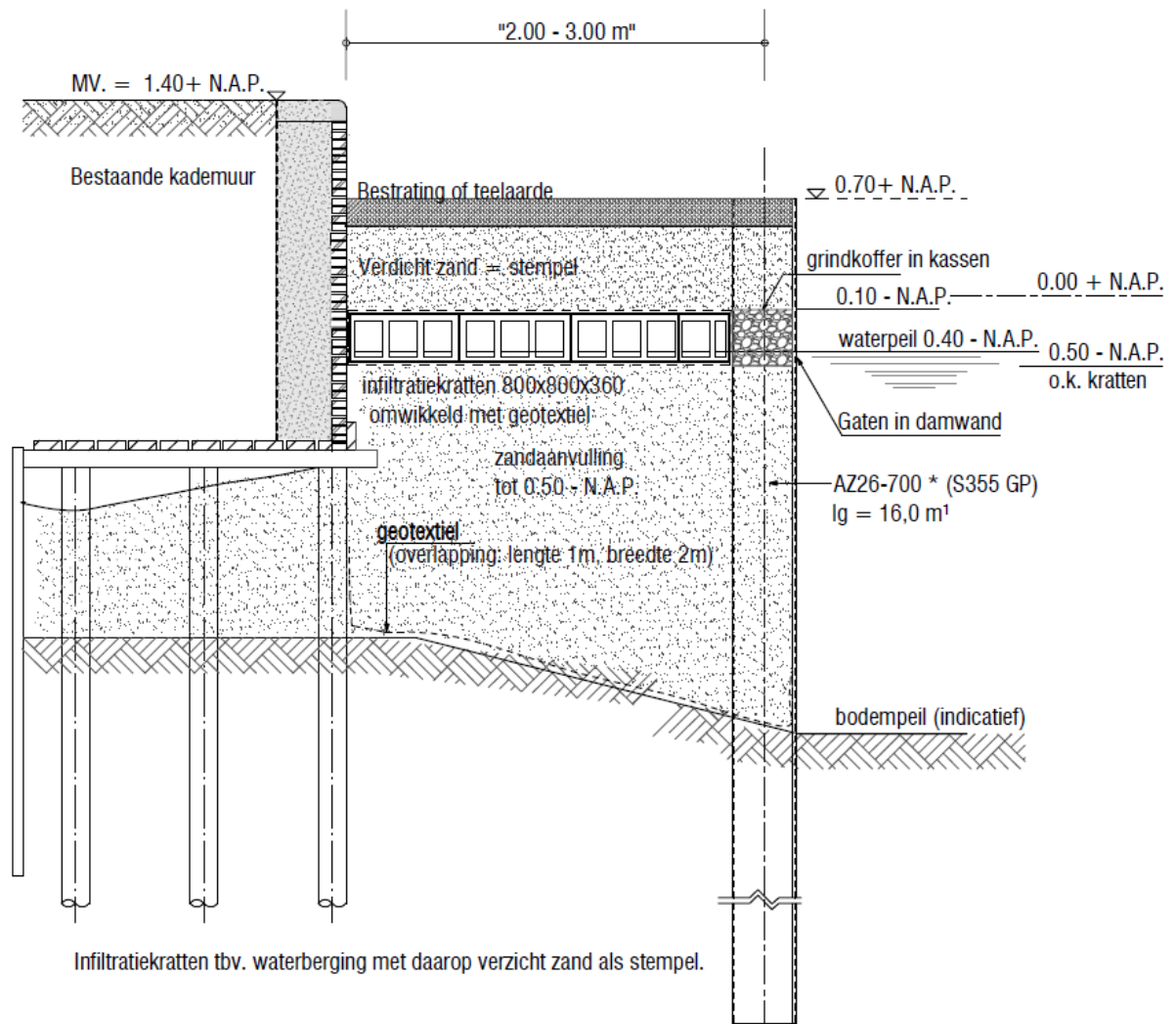
De openingen van de buizen zijn goed te inspecteren en te reinigen, indien er wat voor blijft liggen. Indien gewenst en afhankelijk van het te verwachten vuil in de gracht, kan op enige afstand van deze inlaten een drijfbalk worden gelegd, zodanig dat grof drijfvuil "voorbij" geleid wordt. Ook kan de infiltratielaag rechtstreeks of met een camera-wagentje via de buizen worden geïnspecteerd.

De infiltratie-laag wordt niet rechtstreeks tegen kade en damwand gelegd, zodat deze geen stempelfunctie krijgt en omdat deze vrij, met het zandpakket mee, moet kunnen zakken. De zetting van het zand, waarop de infiltratie-laag ligt, wordt in paragraaf 1.5 besproken.



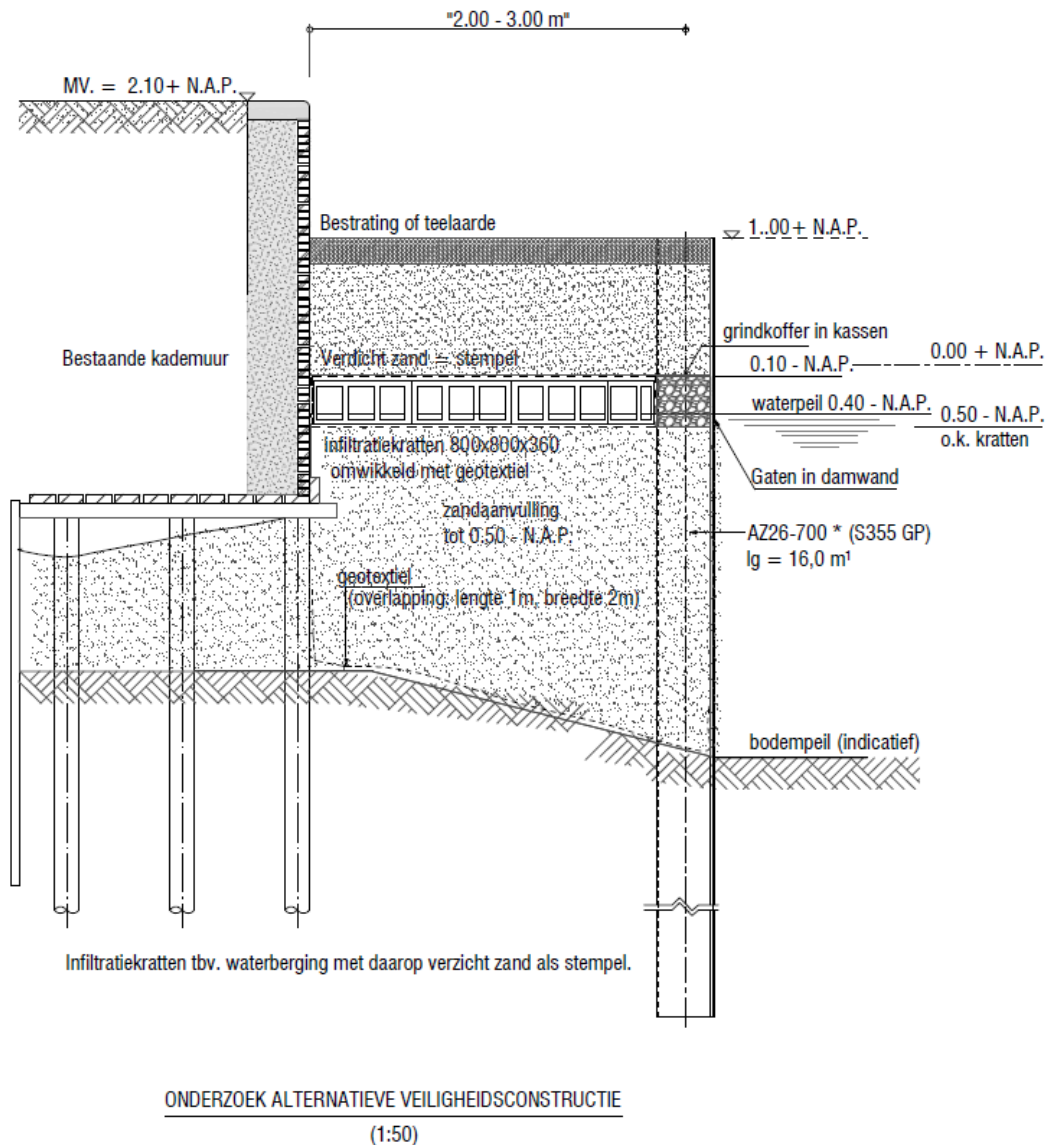
ONDERZOEK ALTERNATIEVE VEILIGHEIDSCONSTRUCTIE

(1:50)



ONDERZOEK ALTERNATIEVE VEILIGHEIDSCONSTRUCTIE

(1:50)



1.4 Hoogte van de zandaanvulling.

De zandaanvulling kan op meerdere hoogten worden aangelegd, zoals op de tekeningen staat aangegeven. De hoogte van de bovenkant van de damwand is maatgevend. Indien de damwand op dezelfde hoogte wordt gezet als de bovenkant van de kade, dan kan ook de zandaanvulling met daarop straatwerk of teelaarde met beplanting, tot aan die hoogte worden aangelegd en geeft dit een directe en welkome uitbreiding van het maaiveld.

Indien het pakket zand bij een hoge kade te zwaar zou worden, dan kan op de infiltratie-laag eerst een laag van een licht ophoogmateriaal worden toegepast.

Indien bij een lage kade een te dunne zandlaag zou komen, dan kan men een schrale zandcement stabilisatie toepassen om toch een goede stempelfunctie van het zand te verkrijgen.

1.5 Zettingen

Door de zandaanvulling onder water met daarop het gewicht van de zandaanvulling boven water, zal het zand onder water inklinken. Tevens worden slappe lagen in de ondergrond enigszins samengedrukt, wat zetting veroorzaakt.

Omdat zandaanvullingen tot boven aan toe eerder zijn toegepast in veiligheidsconstructies in Amsterdam, zijn gegevens van de inklinking en zetting in de praktijk gemeten en blijken deze mee te vallen. Zie daartoe de bijlage 2. Dit komt onder andere doordat de slappe lagen in de ondergrond, voordat de grachten gegraven werden, al zijn gezet door het gewicht van het vroeger aanwezige maaiveld. Per locatie en per hoogte van de aanvulling, zal dit moeten worden berekend.

Om de zandaanvulling goed verdeeld en zo mogelijk verdicht aan te brengen, wordt aanbevolen om met een (beton-)trilnaald het zand te verplaatsen en te verdichten.

Uit monitoring van voorgaande projecten met hoge zandaanvullingen (zonder infiltratie kratten), bleek dat de zettingen na aanbrengen 0,02 tot 0,10 m bedragen. Zie bijlage 2. Deze zettingen zijn exclusief het direct indrukken van de sliblaag op de grachtbodem.

De werkwijze van het aanbrengen van de kratten rekening houdend met de te verwachten zettingen is de volgende:

Het zand wordt onder water aangebracht tot NAP -0,4 m en op die hoogte horizontaal en vlak getrokken met de hark. Daarop wordt de infiltratie-kratten als een doorgaande infiltratie-laag geïnstalleerd. De hier gekozen infiltratie-laag heeft een hoogte van 0,39 m. Op de infiltratie-laag komt het droge zandpakket in lagen van 0,4 tot 0,5 m. Dit zand wordt verdicht door middel van inwatering.

Bij een aangenomen, maximaal geconstateerde, zetting van 0,1 m, komt de bodem van de infiltratie-laag uiteindelijk, na enkele maanden op NAP -0,5 m en de bovenkant ligt dan op NAP -0,11 m. Indien het water in de gracht op streefpeil is, stroomt er 0,1 m water door de infiltratie-laag. De bovenkant van de infiltratie laag ligt dan 0,29 m boven het streefpeil van NAP -0,4 m. Normaal varieert het waterpeil in de grachten van NAP -0,5 m tot NAP -0,3 m en varieert de vrije ruimte boven het water in de infiltratie-laag dus van 0,39 m tot 0,19 m.

Dit geeft een waterberging in de strook van de veiligheidsconstructie, die ongeveer 95% is van de bruto inhoud van de infiltratie-laag en dus ook 95% van de waterberging, zoals voor het aanbrengen van de veiligheidsconstructie aanwezig is.

Deze waterberging geldt, totdat een extreem waterpeil van NAP -0,11 m zou worden bereikt. Het waterpeil in de boezem van Amsterdam wordt geregeld met de gemalen in IJmuiden en aan het IJsselmeer en het extreme peil NAP -0,11 m, zal daarom nooit bereikt worden. Ter illustratie: het is 15 jaar geleden, dat er een extreme hoge waterstand van NAP -0,22 m werd gemeten (gedurende 1 dag) en in die situatie zou de infiltratie-laag haar functie als de waterberging goed hebben vervuld en zelfs nog een "reserve" van 0,11 m over hebben gehad.

Om vrij te kunnen zakken zal de infiltratie laag speling moeten hebben ten opzichte van kade en damwand. De infiltratie-laag mag niet klem komen te zitten. De voeg ten opzichte van de kade is 100 mm breed en wordt gevuld met een 50 mm dikke plaat polystyreen EPS 60-SE en zand. De voeg wordt aan de onder- en bovenzijde met een ruime overlap van het geo-textiel afgedicht, zodat er geen zand in de voeg stroomt tijdens de verschillende belastingfasen. Op vergelijkbare manier wordt de voeg tussen damwand en kade gevuld met een 50 mm dikke plaat EPS tegen de damwand en voor het overige met zand. Dit wordt in de volgende paragraaf verder behandeld.

De infiltratiekratten worden aan elkaar gekoppeld en vormen één geheel. De zo gevormde infiltratie-laag, zal gelijkmatig zakken, zoals ook het zand gelijkmatig zal zakken.

1.6 Voegen tussen infiltratie-laag en bestaande kade

Door de verschillende fasen in het aanbrengen van het zand komt de damwand iets naar voren ten opzichte van de kade. Dit heeft invloed op de voegbreedte van de voeg tussen de infiltratie-laag en de kade. Zie voor berekeningsresultaten ook de bijlage 3.

Fase 1: Aanbrengen van het zand tot NAP -0,4 m onder water geeft een vervorming van de damwand van 25 mm;

Fase 2: Aanbrengen van het zand op de infiltratie-laag tot NAP + 0,75 m geeft een extra vervorming van 40 mm. Cumulatief dus 65 mm;

Fase 3: De bestaande kade wordt belast geeft een bijkomende vervorming van 10 mm. Cumulatief is het dan 75 mm;

Fase 4: Stel de belasting op de zandaanvulling is 2,5 kN/m², dan geeft een bijkomende vervorming van de damwand van 5 mm. De damwand is dan cumulatief dus 80 mm naar voren gekomen.

De voegen tussen infiltratie-laag en kade respectievelijk de damwand liggen ca. 1,1 m lager dan de bovenkant van de damwand, daardoor is de verplaatsing ter hoogte van de voegen ongeveer $\frac{4}{5}$ van de verplaatsing van de bovenkant van de damwand.

In fase 2 zijn de kratten geplaatst en wordt het zand op de kratten aangebracht en worden de voegen daar door gezamenlijk $\frac{4}{5} \times 40 = 32$ mm breder.

In de fase 3 komt de kade zelf ook naar voren en wordt de voegen niet breder.

Ten gevolge van een maaiveldbelasting op het zand van 2,5 kN/m², dat is fase 4, de voegen worden totaal $\frac{4}{5} \times 10 = 8$ mm breder.

In totaal worden de voegen dus 40 mm breder en moet voorkomen worden dat er zand in extra ruimte in de voegen kan stromen. Hierdoor zouden de kratten een stempeldruk kunnen krijgen waardoor de infiltratie-laag klem zou komen tussen damwand en kade en niet vrij zou kunnen zakken met de zetting van de ondergrond.

Een horizontale (stempel)druk op de kratten zelf is geen probleem, immers infiltratie-kratten zoals bijvoorbeeld Dyka Rainbox Cube Core e.a. zijn geschikt om tot 5 m onder het maaiveld geïnstalleerd te worden onder een terrein waar vrachtauto's van 40 ton (20 kN/m²) rijden.

De maximale horizontale gronddruk tegen de onderste kratten is dan dus bij een actieve gronddruk coëfficiënt van 0,5: $q_g = 0,5 \times 4,8 \times 18 + 0,5 \times 20 = 43 + 10 = 53$ kN/m². Maar in de

toepassing als infiltratie-laag in de veiligheidsconstructie worden de kratten nauwelijks horizontaal belast.

Er wordt vanuit gegaan dat beide voegen evenveel vervormen en dat is dus 20mm per voeg. In de voeg wordt een 50 mm dikke EPS60-SE plaat tegen de kade gezet en daartegen zand. Instromen van zand wordt voorkomen door een overlap geo-textiel. De infiltratiekratten kunnen door het EPS met daartegen zand verticaal kunnen verplaatsen. Ook zullen er via het EPS met een lage druksterkte nooit grote horizontale krachten op de kratten uitgeoefend kunnen worden. Dit zal ook in principe niet optreden, doordat de voeg 20 mm groter zal worden in plaats van kleiner.

De EPS zal zelf met een vloeistof dichte folie worden omhuld om aantasting door eventuele olie, benzine o.i.d. in het water te voorkomen.

Aan de damwand zijde wordt de speling gevuld met zand en de grindkoffers.

1.7 Voeg tussen infiltratie-laag en damwand

De helft van de extra speling tussen kade en damwand, die ontstaat door zandaanvulling en door belasting op het zandpakket, zoals beschreven in paragraaf 1.6, zal optreden in de voeg tussen infiltratie-laag en damwand. Het betreft een extra speling van 20 mm.

Om de infiltratie-laag vrij van de damwand te kunnen laten zakken en om geen ongecontroleerde stempelkrachten op de kratten te krijgen, worden dezelfde maatregelen getroffen als in de voeg aan de kadezijde. Aan de damwand zijde wordt als volgt gewerkt. Tegen de damwand wordt een plaat van 50 mm dik polystyreen (EPS 60-SE) met lage druksterkte gezet en de voeg wordt verder aangevuld met zand.

De grindkoffers hebben voldoende flexibiliteit en zullen daardoor geen belemmering vormen voor een zakking van de infiltratie-laag en ook geen horizontale druk overbrengen. Tevens moeten deze open blijven voor een goede doorstroming voor de waterberging en komt ter plaatse van de grindkoffers geen plaat polystyreen.

1.8 Zakking van in- en uitstroombuizen door de kleikoffers

Ook de klei in de kleikoffers, met daarin de in-/uitstroombuizen Ø 315 mm, zal zakken, vergelijkbaar aan het zakken van de zandaanvulling, in de veiligheidsconstructie met de infiltratiekratten, dus 0,02 – 0,10 m. De gaten waardoor de buizen door de damwanden voeren, worden als slobgat uitgevoerd met een speling naar onderen toe van 200 mm. Om de buizen wordt aan de binnenzijde tegen de damwand een brede flens geschoven met tevens geotextiel ter afdichting van speling van het slobgat. Het is een schuif constructie. De aansluiting van de buizen op de kratten wordt flexibel uitgevoerd

1.9 Toepassen van zakbaken

De zettingen die optreden bij de toepassing van veiligheidsconstructies voor de kaden worden gemonitord door middel van zakbaken, die tussen damwand en bestaande kade worden geplaatst met hun vloetplaat op de grachtbodem en waarvan de buis tot ruim boven de zandaanvulling reikt. Bij veiligheidsconstructies met infiltratiekratten zullen de buizen van de zakbaken de kratten moeten kruisen, zonder dat beide elementen elkaar beïnvloeden. De zakbaken moeten niet blijven hangen aan de kratten en de kratten moeten vrij kunnen zetten met het zand.

Hieronder wordt de werkwijze aangegeven waarbij zakbaken en kratten los van elkaar blijven:

1. Zakbaak plaatsen tussen damwand en kade, met de voetplaat op de grachtbodem;
2. Zandaanvulling aanbrengen tot NAP – 0,4 m (of de hoogte die wordt aangegeven in de ontwerpnota van het betreffende project en rak);
3. Geotextiel neerleggen met een gat om de buis van de zakbaak;
4. PVC-buis bijvoorbeeld Ø80 of Ø100, (ruim t.o.v. de buis van de zakbaak) met een lengte 600 mm met een brede flens aan de onderzijde, op het geotextiel plaatsen. De flens moet de randen van het gat in het geotextiel volledig afdekken, zodat er geen zand van onderaf in het krat kan komen;
5. Op de juiste plaats een gat van Ø80 of Ø100 in de bodem van het betreffende infiltratiekrat boren en de bodem plaatsen over de PVC-buis (inclusief zakbaakbuis) heen;
6. Infiltratiekrat zelf plaatsen;
7. Ook in het deksel, op de uitgemeten plaats, eenzelfde gat boren en het deksel plaatsen over de PVC-buis heen;
8. Het geotextiel dat over de kratten (infiltratielaag) wordt gelegd, wordt ter plaatse van de zakbaak van een gat voorzien, dat nauw om de PVC-buis wordt geschoven, met daarop een brede flens om de PVC-buis, die de randen van het gat in het geotextiel volledig afdicht, zodat daar geen zand in het krat kan stromen;
9. De open bovenkant van de PVC-buis afdichten met een ruime strook geotextiel, die met een paar tie-rips stevig om de buis van de zakbaak wordt vastgezet en als een broek om de PVC-buis valt en daar ook om wordt vastgezet met tie-rips, zodat er geen zand in kan stromen;
10. Zandaanvulling bovenop de infiltratie laag in den droge aanbrengen in lagen van 0,4 tot 0,5 m en **verdichten door middel van inwateren** en niet met een trilplaat of wals, om de damwand niet onnodig extra te belasten en daarmee extra uitbuiging te geven!!

1.10 Circulatie van water door infiltratie-laag

Het waterpeil in de infiltratiekratten is hetzelfde als het waterpeil in de gracht, door de rechtstreekse verbinding via de gaten in de damwand, de grof grind koffer en het goed water door latende geo-textiel. Het water stroomt in langs richting door de grachten, afhankelijk van de water- aanvoer vanuit Amsterdam-Rijnkanaal en achterland en afhankelijk van de waterafvoer via het IJ en het Noordzeekanaal. Om te kunnen stromen is er een verhanglijn nodig over de lengte

van een gracht. Alle kratten staan in een open verbinding met elkaar en met de gracht, waardoor ook de doorgaande waterspiegel in de infiltratie-laag de verhanglijn van de gracht volgt. Er ontstaat hierdoor ook een waterstroming in langs richting door de infiltratie-laag heen. Het water circuleert door de infiltratie-laag, afhankelijk van de stroming in de gracht. Deze circulatie wordt versterkt, doordat aan het begin en aan het einde van de infiltratie-laag het grachtwater via de PVC-buizen Ø 315 mm door de kleikoffers heen, rechtstreeks de infiltratie-laag in en uit kan stromen, zoals in paragraaf 1.3 is beschreven.

1.11 Voorkomen van stankoverlast

Doordat het water in de grachten en ook in de infiltratiekratten circuleert is er geen sprake van stilstaand water. Het water dat in de kratten stroomt vanuit de gracht door de grindkoffers wordt gefilterd door het geo-textiel en grind. Het water dat aan de kopse kanten instroomt wordt gefilterd door draadgaas. Het water dat vanaf het maaiveld komt, wordt gefilterd door zand en geo-textiel of komt vanaf bestrating via kolken. Het water is dus schoon en stroomt door de infiltratie laag heen.

Als het water in de kratten stijgt stroomt de lucht boven het water af door de grindkoffers en de gaten in de damwanden en door de in- en uitstroombuizen aan de kopse kanten. Bij dalend water stroomt de lucht via dezelfde openingen weer toe.

Aanvullend worden be- en ontluchtingsbuizen op de infiltratie-laag geplaatst met daarop een straatkolk, zonder stankslot, op maaiveld, 1 op 5 m afstand aan het begin en 1 op 5 m afstand aan het einde van de constructie en 1 in het midden. Die in het midden wordt uitgevoerd als een inspectieput, die tevens dient als straatkolk en ontluchtingspunt. Ook hiermee blijft de lucht en het water in de kratten fris. Via de ontluchtingsbuizen, inspectieput en in – en uitstroombuizen is het mogelijk de infiltratie laag te inspecteren en eventueel door te spoelen.

1.12 Specificaties van mogelijke onderdelen en materialen

Infiltratiekratten van Dyka (of gelijkwaardig):

DuBoRain Rainbox Cube Core 800 x 800 x 390 mm, (of gelijkwaardig met een hoogte 390 – 500 mm. NB Voor hoogten groter dan 400 mm altijd eerst overleg met adviseur P&I, vanwege benodigde hoogte van zandstempel);

Dyka: Opneembaar permanent verticale belasting is 150kN/m² (hier is minimaal vereist een opneembaar permanent gewicht van zandpakket en bestrating)

Dyka, Aslast is maximaal 400 kN (hier is minimaal vereist een maaiveldbelasting van 5 kN/m² en aslast 25 kN)

Dyka: Om de infiltratie-laag Geotextiel Bontec geweven HF 180 (of gelijkwaardig, hier is minimaal vereist geweven geotextiel met zelfde treksterkte als Bontec en maaswijdte 180 µm en met goedkeuring van leverancier van de gekozen infiltratiekratten)

Om het grind van de grindkoffers geotextiel geweven met maaswijdten 600 µm

Grindkoffers: glad grind 30 – 60 mm

Roestvrijstalen gaas (muizen en ratten werend) voor de openingen van de in- en uitstroombuizen, mazen 6 x 6 mm

Straatkolken zonder stankslot aansluiten op infiltratie-laag, als ontluchtingen, hemelwaterafvoer put en voor inspectie.

Dyka: Inspectieput aansluiten op infiltratielaag. Deze dient tevens als ontluchting en hemelwaterafvoer.

Zie voor specificaties van de Dyka infiltratiekragen, aansluitingen, diverse onderdelen en beschrijving van het aanbrengen:

Rainbox Core (zie specificaties in de bijlage);

https://cdn.dyka.nl/media/documents/technische-documentatie-duborain-rainbox-cube-nl_1.pdf

1.13 Voordelen zandstempel en infiltratiekragen

- Gelijkmatische steun tegen de oude kade;
- Eenvoudige constructie;
- Goedkoper dan een stalen stempelraam;
- Infiltratiekragen zijn licht en eenvoudig en snel aan te brengen;
- Extra ruimte op het maaiveld voor woonboten (toegang tot boten, terras, tuin, groen, fietsen), dit kan men beschouwen als compensatie voor de bewoners van de woonboten;
- Extra openbare ruimte voor fietsen, groen, idylles, terrassen en tuinen, dit is een compensatie voor de buurt;
- Wordt sneller geaccepteerd door de buurt;
- Geen leuning nodig, want situatie wordt vergelijkbaar met de gewone kaden;
- Geen extra steigers nodig;
- Herbruikbare materialen: zand, Infiltratiekragen (gerecycled verkrijgbaar) en geo-textiel zijn alle her te gebruiken;
- De infiltratie-laag heeft een nuttige inhoud van 95 %;
- De extra strook maaiveld is gemakkelijker schoon te houden en schoon te maken van vuil dan een strook onder water en achter een damwand met daarover stempels;

1.14 Nader te doen en reeds gedaan

- *Damwandberekening met de diverse hoogten zandaanvulling:* Voor het proefproject Leidsegracht LEG 0302 zijn inmiddels vergelijkende geotechnische Plaxis berekeningen gemaakt voor een veiligheidsconstructie met een hoge zandaanvulling zonder infiltratiekragen, met een hoge zandaanvulling met infiltratiekragen en met een lage zandaanvulling (tot NAP -0,5 m) met een stempelraam. De resultaten laten zien dat een

hoge zandaanvulling met of zonder infiltratiekratten weinig verschillen in krachten en verplaatsingen vertonen en dat ook de verschillen van deze aspecten met constructie met een lage zandaanvulling en stempelraam klein zijn. De functie en de veiligheid van de methode met de infiltratiekratten is daarmee aangetoond. Zie daartoe de bijlage 1;

- *Nagaan de data van de inklinking en zettingen bij reeds uitgevoerde hoge zandaanvullingen:* Dit is inmiddels gedaan en staat in de bijlage 2. De zakkingen van de 3 onderzochte projecten bedragen 0,02 – 0,10 m.
- *Overleg met Waternet teneinde vergunning te krijgen:* Het overleg heeft inmiddels plaatsgevonden en de afspraak is gemaakt om de notitie op het punt van doorstroming en zetting te verduidelijken en het voorgenomen ontwerp voor het proefproject Leidsegracht LEGO302 in te dienen ter goedkeuring;
- *Verdere verbeteringen ontwerpen naar aanleiding van gesprek met V&OR:* Dit is inmiddels gebeurd. De infiltratielaag kan vrij met het zand meezakken (0,02 – 0,1 m) door de toepassing van goed samendrukbaar polystyreen (EPS met lage druksterkte) tussen kade en kratten waardoor geen stempeldruk in de infiltratie-laag kan worden opgebouwd en de laag vrij met het zand kan meezakken. Boven op de EPS en grindkoffers zorgen overlappen van geo-textiel dat er zand in eventueel ontstane spleten stroomt. Zo wordt stempelwerking van de infiltratie-laag voorkomen en blijft vrij om te kunnen zakken;
- *Het proefproject in de praktijk doen op een geschikt deel van een kade:* dat is gekozen aan de Leidsegracht project LEG 0302;
- *NB daar naast de brug ligt ook een zinker voor een riool en met daarop een gasleiding:* De veiligheidsconstructie met damwanden (kleikoffer) stopt op afstand van de zinker;
- *Om de zandaanvulling goed verdeeld en zo mogelijk verdicht aan te brengen wordt aanbevolen om met een (beton-)trilnaald het zand te verplaatsen en te verdichten:* Dat wordt in het proefproject meegenomen en gemonitord. De resultaten van het werken met een trilnaald zijn van belang voor eventuele toepassing op andere zandaanvullingen in veiligheidsconstructies;
- *Met Anne Uildriks van Toekomstbestendige Assets van het Ingenieursbureau Amsterdam is afgesproken om de waterhoogten in de kratten, naast de voorziene peilingen via de ontluchtingsbuizen, ook met behulp van 2 peilbuizen met divers te monitoren. Ook zal gekeken worden of de waterstroming door de infiltratie-kratten heen met een meetinstrument te meten is.*

Bijlage 1 Geotechniek

Globale beschouwing werking infiltratiekratten in veiligheidsconstructie

AAN: Hans Pauw – P&I

VAN: Arjan Wisse – P&I

Onderwerp: globale beschouwing werking infiltratiekragen in veiligheidsconstructie

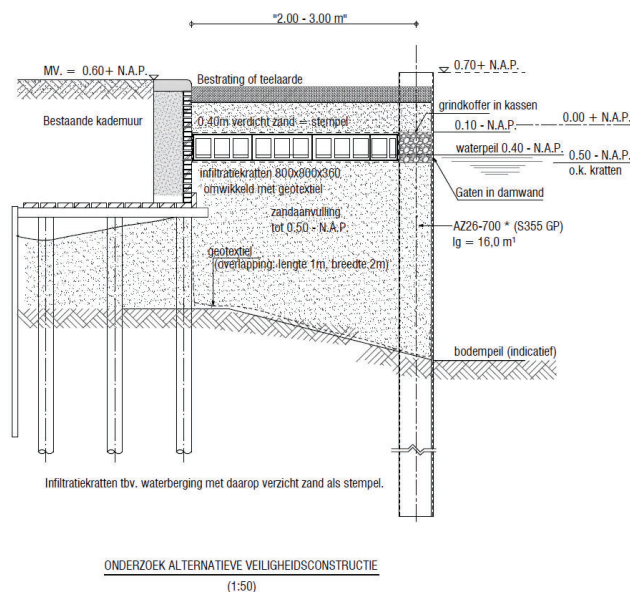
Versie: 1

d.d.: 09-04-2021

Inleiding

Voor de locatie aan de LEG0302 is een grove beschouwing gemaakt van de werking van de zandaanvulling met daarin infiltratiekragen. De zandaanvulling is onderdeel van de veiligheidsconstructie en wordt aangebracht tussen de te plaatsen damwand en kade.

Het principe is gegeven in onderstaand figuur.

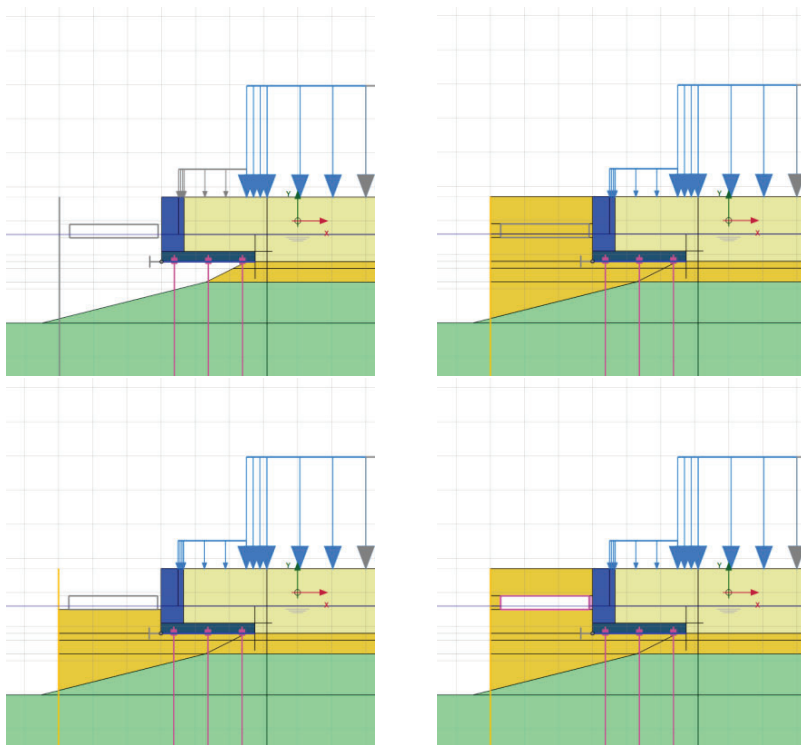


Figuur 1 - Voorbeeldoplossing met infiltratiekragen

Uitgangspunten en resultaat beschouwing

Het PLAXIS model is aangepast conform **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** In onderliggende memo worden drie varianten beschouwd:

- Aanvulling met volledig zand vanaf waterbodem tot aan huidig maaiveld van bestaande kade;
- Aanvulling met zand tot NAP -0,5 m en een stempel op NAP +0,15 m;
- Aanvulling met zand tot aan huidig maaiveld met kratten rond de waterlijn van NAP -0,5 m tot NAP -0,1 m.

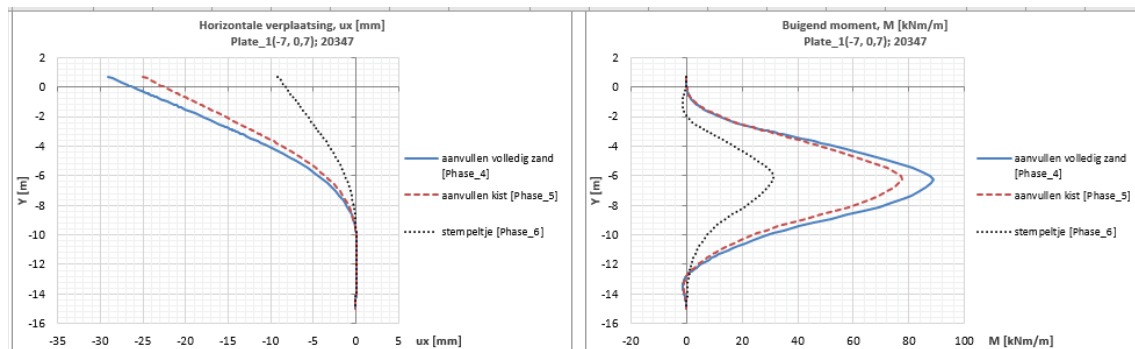


Figuur 1 - Linksboven: huidige situatie, rechtsboven: aanvulling volledig zand, linksonder: aanvulling met stempel, rechtsonder: aanvulling met zand en kratjes

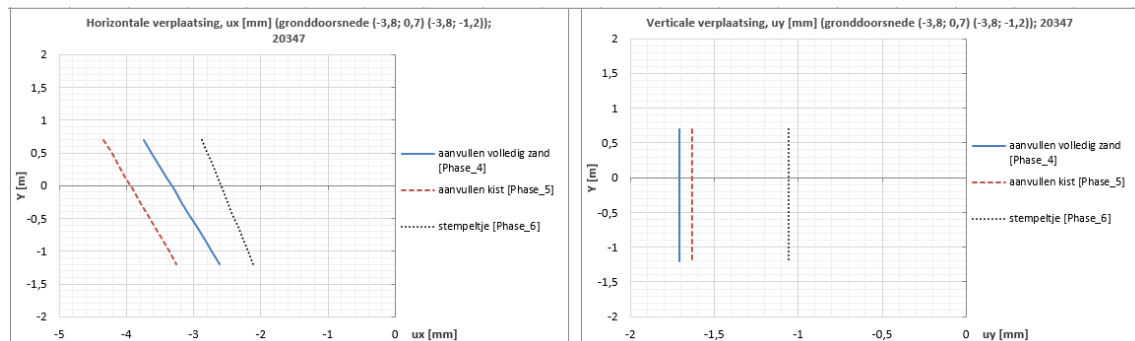
Van alle drie de varianten is de horizontale verplaatsing en het buigend in moment de damwand bepaald, de resultaten zijn weergegeven in Figuur 2. Ook zijn de horizontale verplaatsingen van de kademuur bepaald, deze zijn weergegeven in Figuur 3.

Te zien is dat alle verplaatsingen en het buigend moment in dezelfde orde grootte liggen, daaruit kan geconcludeerd worden dat de werking van de zandaanvulling met infiltratiekratten niet of nauwelijks anders functioneert dan een zandaanvulling tot zonder kratten of een beperkte zandaanvulling in combinatie met een stempel.

Aandachtspunt betreft wel het mogelijk 'klemmen' van de kratten tussen damwand en kade. Hier worden echter in voldoende mate voorzieningen getroffen (sterk samendrukbaar materiaal tussen kade en kratten) waardoor dit fenomeen in de praktijk naar verwachting niet zal optreden. Voor de locatie aan de Leidsegracht is het wel nuttig de monitoren in hoeverre dit optreedt door nabij de zakbaken ook het niveau van de bovenzijde van de zandaanvulling onder de kratten en het niveau van de bovenzijde van de aanvulling te monitoren. Uit deze monitoring moet als controle volgen dat de gehele aanvulling, inclusief kratten, gelijkmatig / over de volledige hoogte zakt.



Figuur 2 - Horizontale verplaatsing en buigend moment



Figuur 3 - Horizontale en verticale verplaatsingen kademuur

Bijlage 2 Resultaten van monitoring van zettingen van hoge zandaanvullingen van reeds eerder uitgevoerde projecten.

Hallo Hans, tav zettingen: op basis van de informatie die ik nu heb, komen we niet boven 200mm zetting in een periode van ca 2 jaar. Deze maximale waarde is op 1 plek gemeten. Zettingen bij bijvoorbeeld de Prinsengracht thv het Pullitzer liggen nu rond 10 à 13 cm. Zetting is ook deels afhankelijk van hoe de sliblaag inzakt bij aanvullen. In de metingen hieronder zie je dat dat ongeveer de helft van de gemeten zetting kan zijn. Deze zetting is wel gemeten in de zakking van de zakkaken, maar zal geen invloed hebben op de ligging van de kratten. Deze ontstaat immers al bij het aanvullen van het eerste deel zand waarop de kratten worden aangebracht.

<u>Locatie</u>	<u>initieel</u>	<u>max</u>	<u>Duur sinds nulmeting</u>	<u>Niveau aanvulling</u>
LG / HG 1	10 cm	20 cm	1,7 jaar	hoog
LG / HG 2	10 cm	12 cm	1,7 jaar	hoog
NHG		3cm	1,2 jaar	waterlijn
PRGo701		6 cm	1,8 jaar	waterlijn
PRGo401	< 5 cm	13 cm	1,2 jaar	hoog

Met vriendelijke groet,

Arjan Wisse

Adviseur Techniek

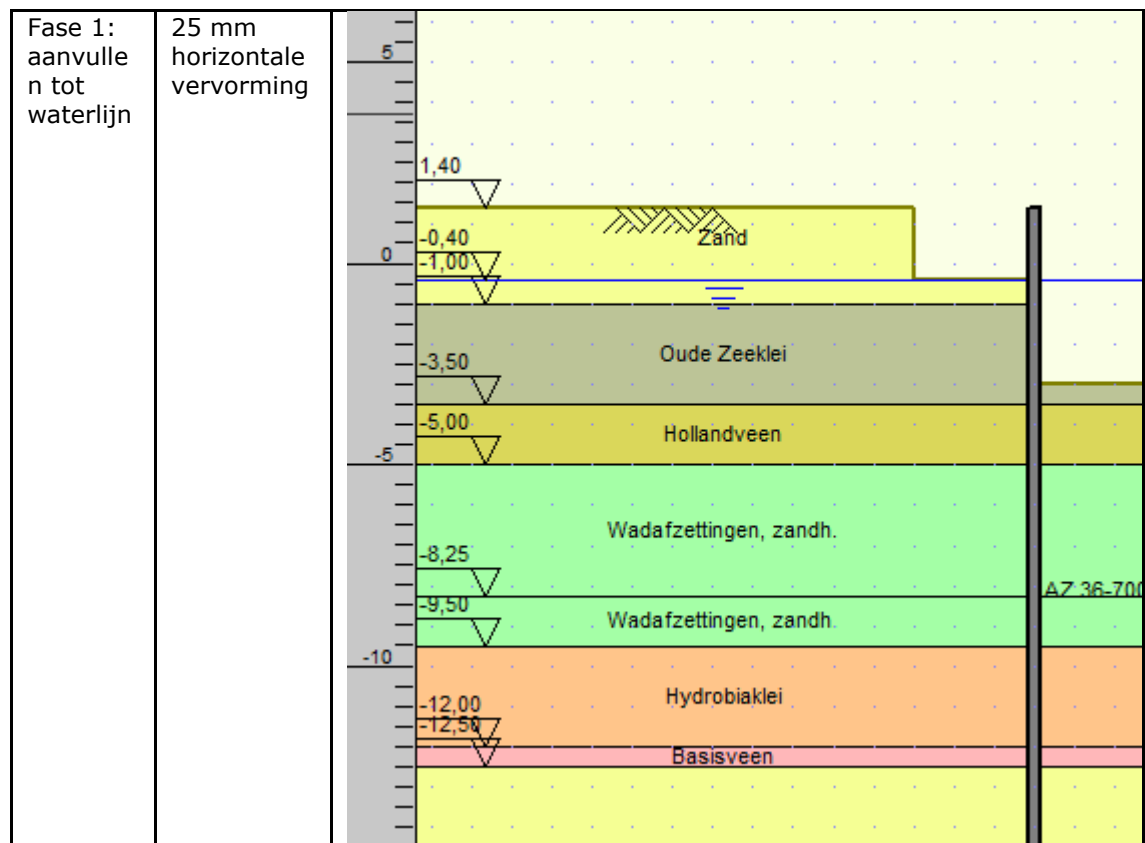
Programma Bruggen & Kademuren

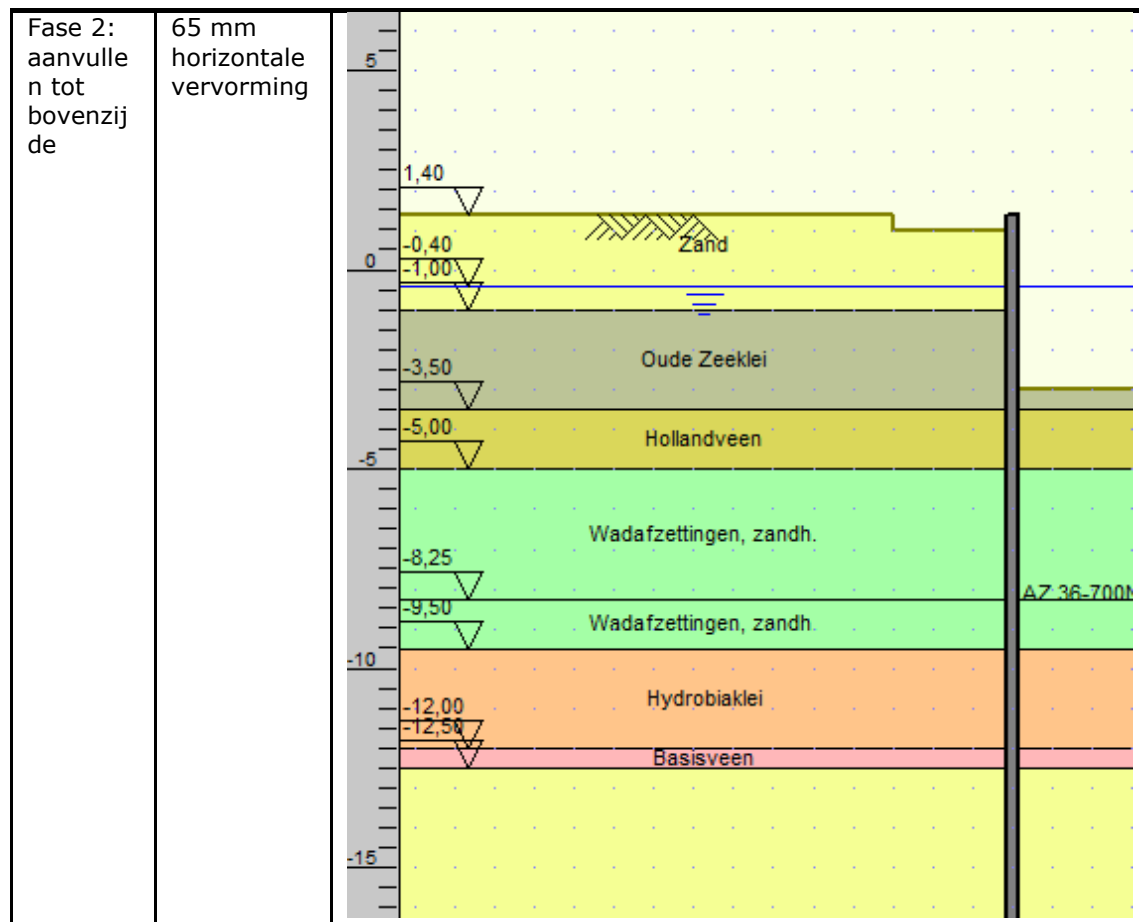
Gemeente Amsterdam

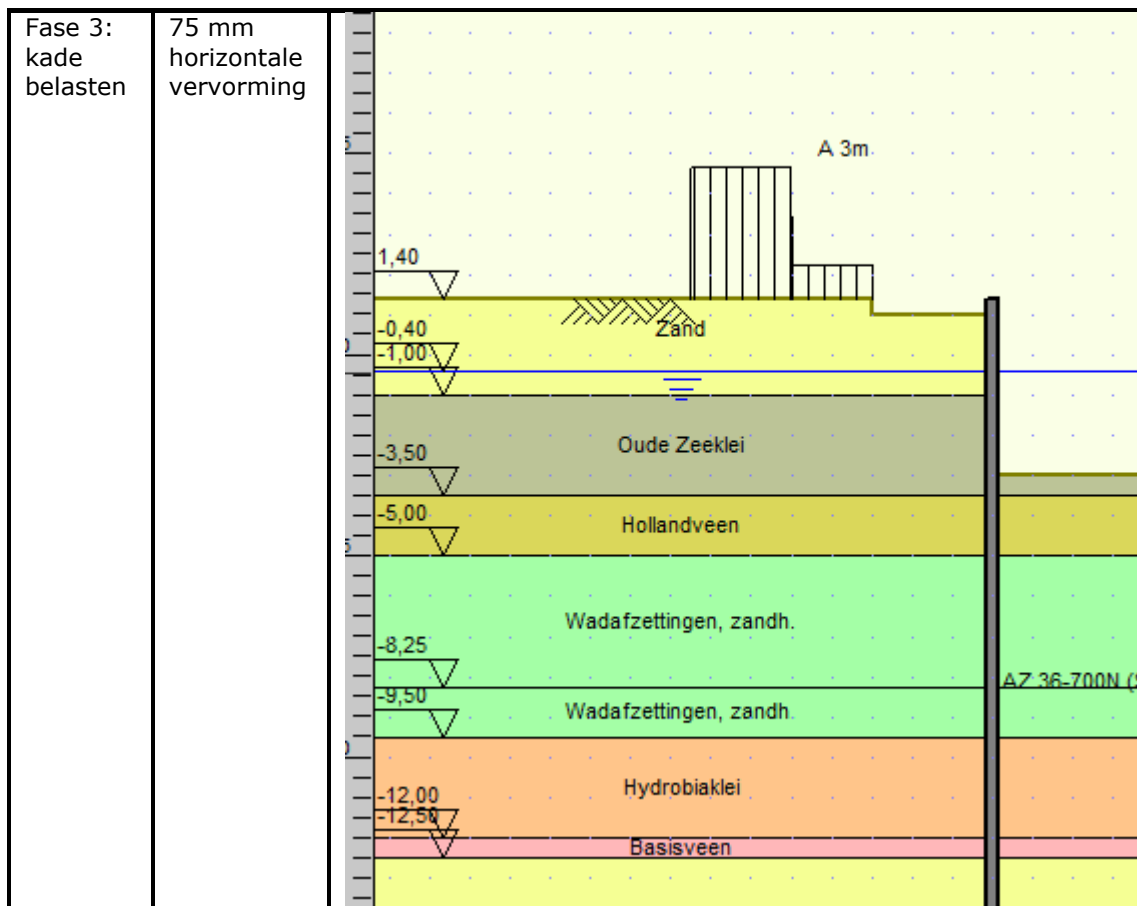
M 06 43 42 19 74

M arjan.wisse@amsterdam.nl

Bijlage 3 De vervorming van de damwand in stappen







Bijlage 4 VO-Tekening, LEGo302 Leidse Gracht, Veiligheidsconstructie met zandstempel en infiltratiekratten

