

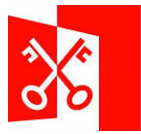
LVO Kademuren Leiden:

voorlopig ontwerp

Locatie: Algemeen

Onderdeel: Damwand + uitvulling onder kademuren

Opdrachtgever:



Leiden

Gemeente Leiden

Stadhuisplein 1

2311 EJ LEIDEN

<http://www.leiden.nl>

Opsteller:



OC2 B.V.

Advies en ontwerp Civiele Constructies

Postbus 328

8200 AH LELYSTAD

info@oc2-bv.nl

www.oc2-bv.nl

In samenwerking met:



OmniformGroup | ESG

OmniformGroup

Ingenieursdiensten

Kelvinring 23

2952 BG ALBLASSERDAM

info@omniformgroup.nl

www.omniformgroup.com



adviesbureau voor
bruggen & sluizen

TAS

Adviesbureau voor bruggen & sluizen

Peulenstraat-zuid 85

3371 AL HARDINXVELD-GIESSENDAM

info@tas-bv.nl

www.tas-bv.nl



Nebest

Marconiweg 2

4131 PD VIANEN

info@nebest.nl

www.nebest.nl



wagemaker

Wagemaker

Burgemeester Burgerslaan 44/30

5245 NH ROSMALEN

info@wagemaker.nl

www.wagemaker.nl

Verantwoording

Titel : LVO Kademuren Leiden: voorlopig ontwerp
Locatie: Algemeen
Onderdeel: Damwand + uitvulling onder kademuren

Projectnummer : P220103

Documentnummer : P220103-03-B

Revisie : 2

Omschrijving revisie : Bijlage 1 aangepast

Datum : 11-10-2022

Auteur : J. Hendrikse (BSEng)

Paraaf auteur : 

Vrijgave opdrachtgever : S. van Dam

Paraaf vrijgave :



OC2 B.V.

Advies en ontwerp Civiele Constructies

Postbus 328

8200 AH LELYSTAD

info@oc2-bv.nl

www.oc2-bv.nl

Inhoudsopgave

1	<i>Inleiding</i>	4
2	<i>Huidige situatie</i>	5
3	<i>Toekomstige situatie</i>	6
4	<i>Berekening damwand</i>	7
5	<i>Uitvulling</i>	9
6	<i>Uitvulling (vervolg)</i>	10

Bijlagen

- 1** *Rapport P220103-01-R (damwandberekeningen)*
- 2** *Memo P220103-02-M (onderzoek uitvulling)*

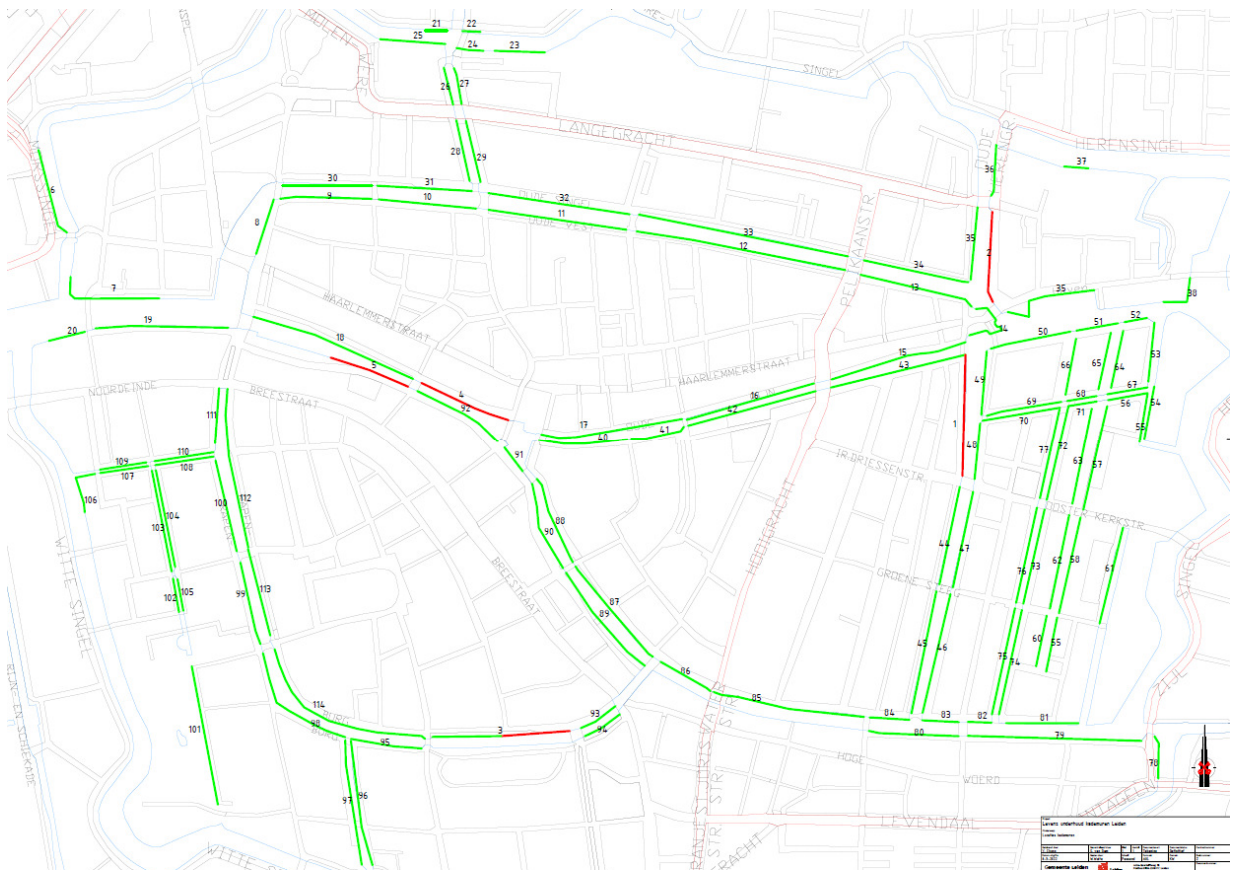
1 Inleiding

De gemeente Leiden is voornemens zogenaamd levensduurverlengend onderhoud (LVO) te plegen aan de kademuren in de binnenstad.

De gemeente heeft ca. 20 kilometer kade in beheer en onderhoud. De meeste kaden dateren uit de jaren 80 en 90 van de vorige eeuw, zij zijn derhalve ca. 30 tot 40 jaar oud. De kaden bestaan voornamelijk uit betonnen L-wanden, gefundeerd op houten of betonnen palen. Aan de achterzijde zijn (zacht)houten damplanken aangebracht om uitspoeling te voorkomen. Echter, de planken zijn aangetast waardoor (lokaal) gaten ontstaan. Dit heeft tot gevolg dat het maaiveld (lokaal) gaat zakken omdat grond uitspoelt richting watergang. In principe kan worden vastgesteld dat de planken het einde van haar (theoretische) levensduur hebben bereikt. Dit geldt voor ca. 13 kilometer.

In dit voorlopige ontwerp zijn enkele varianten berekend en is gekeken naar (technische) haalbaarheid. Van de te plaatsen damwanden zijn ontwerpsommen gemaakt en is een memo opgesteld om een keuze te maken voor een eventuele uitvulling van de holle ruimte onder de kade. Dit laatste is overigens variant-afhankelijk.

In onderstaand overzicht zijn de onderzoekslocaties aangegeven, de meest urgent geachte kaden zijn **rood**.



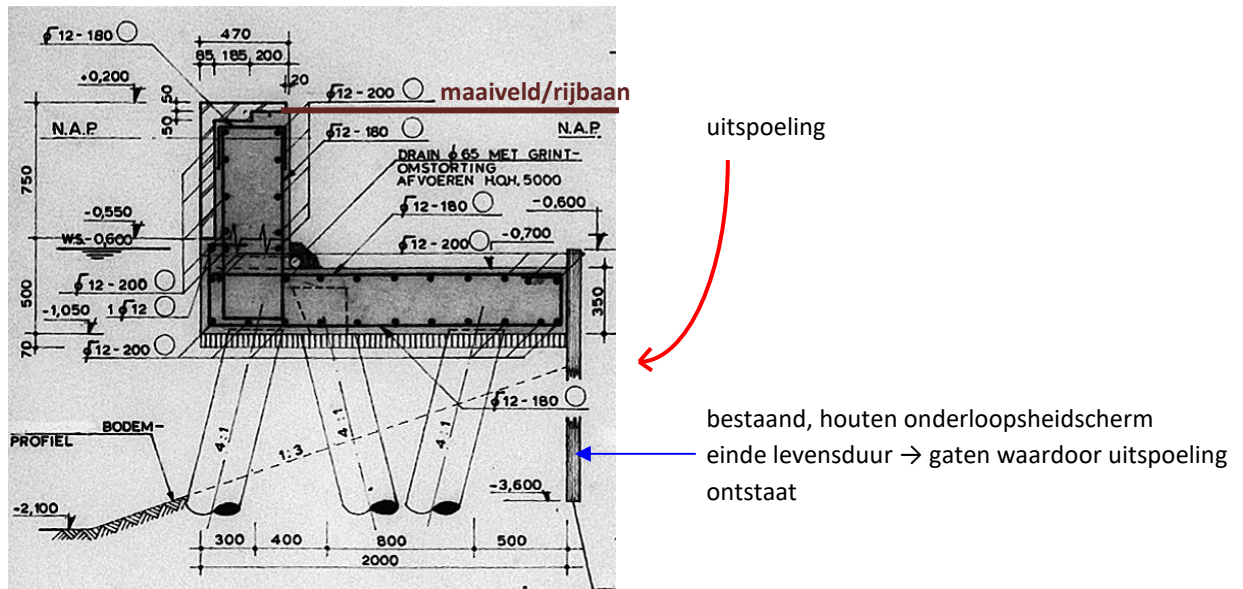
Totaaloverzicht kademuren waarbij LVO wordt toegepast (bron: gemeente Leiden)

NB: in de hoofdstukken 1 t/m 5 zullen diverse zaken zijn overgenomen uit de bijlagen, derhalve 2x genoemd. Het eerste deel van dit voorlopige ontwerp is namelijk een samenvatting vanuit de bijlagen, omwille van praktische redenen is gekozen om de dubbelingen niet te verwijderen.

2 Huidige situatie

De huidige kademuren zijn in grote lijnen op dezelfde wijze opgebouwd. Zij bestaan uit een betonnen L-wand gefundeerd op (meestal) houten palen. Op de oorspronkelijke aanlegtekeningen is te zien dat in bijna alle gevallen aan de achterzijde een houten onderloopsscherm is aangebracht. Vanuit de aansluiting houten damwand - onderzijde L-wand zou een theoretisch profiel aangebracht zijn van veelal 1:3.

In onderstaand figuur is de huidige situatie weergegeven:

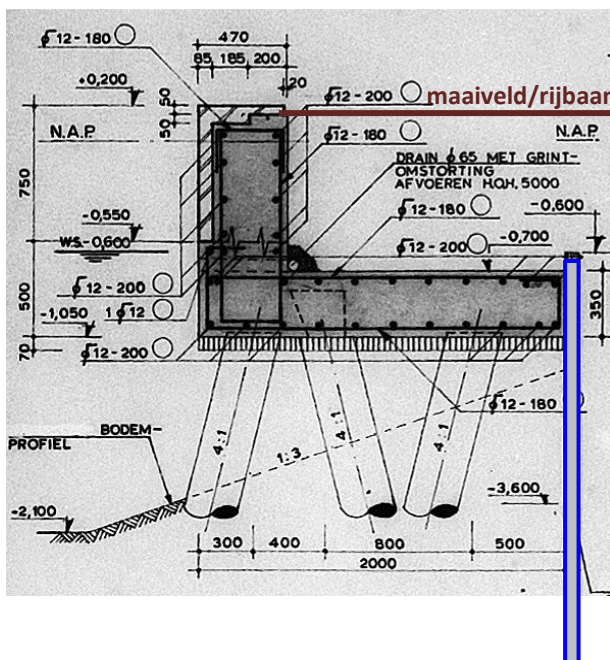


Zoals aangegeven is het houten scherm aan het einde van haar levensduur en vertoont tekenen van degradatie. Dit heeft tot gevolg dat gaten ontstaan in de damwand waardoor zand vanaf het maaiveld weggevoerd kan worden richting de watergang. Hierdoor ontstaan verzakkingen in het wegdek met alle gevolgen van dien. In de huidige situatie is het nu zo dat elke verzakking hersteld wordt, echter zijn de kaden toe aan een permanente oplossing, het zogenaamde Levensduur Verlengend Onderhoud (LVO).

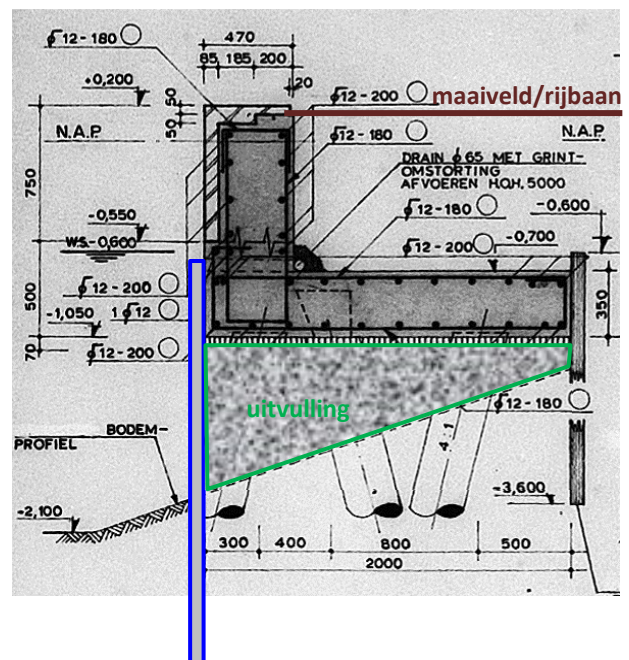
3 Toekomstige situatie

Het verhelpen van de problemen kan op verschillende wijzen. De bestaande damwand is in feite niet herbruikbaar, een alternatieve oplossing zal beschouwd moeten worden. Binnen het ontwerpteam is gekeken naar diverse opties en verschillende materialen. Onderstaand een overzicht van de mogelijkheden.

- 1) houten damwand verwijderen, nieuwe damwand op dezelfde plaats aanbrengen;
- 2) nieuwe damwand aan de voorzijde van de kademuur aanbrengen (waterzijde), de bestaande damwand kan achterblijven;



Optie 1): damwand aan achterzijde



Optie 2): damwand aan voorzijde

Bij het aanbrengen van de damwand aan de achterzijde spelen de volgende zaken (niet uitputtend):

- de weg dient (volledig) te worden afgesloten i.v.m. graafwerkzaamheden en geeft hinder voor de omgeving;
- bij een aantal kademuuren zijn direct achter de vloer kabels & leidingen gelegen alsmede riolering. Dit belemmert "vrije werkzaamheden";
- de ruimte onder de kademuur hoeft niet te worden uitgevuld;

Bij het aanbrengen van de damwand aan de voorzijde spelen de volgende zaken (niet uitputtend):

- minder overlast voor de omgeving, diverse werkzaamheden worden vanaf het water uitgevoerd;
- minder tot geen hinder van kabels & leidingen;
- de ruimte onder de kademuur moet worden uitgevuld om alsnog zakkingen te voorkomen door verdere degradatie van de bestaande damwand (extra werkzaamheden);

Om een keuze te kunnen maken zijn diverse disciplines binnen het team aanwezig, denk hierbij aan techniek, omgeving, milieu, vergunningen, stakeholders enz.

Naast deze aspecten spelen nog enkele zaken, waaronder aan te houden (verkeers)belastingen. Hier wordt later op ingegaan.

Uiteindelijk is, alles in overweging nemende, de keuze gemaakt om de nieuwe damwand aan de voorzijde aan te brengen (waterzijde).

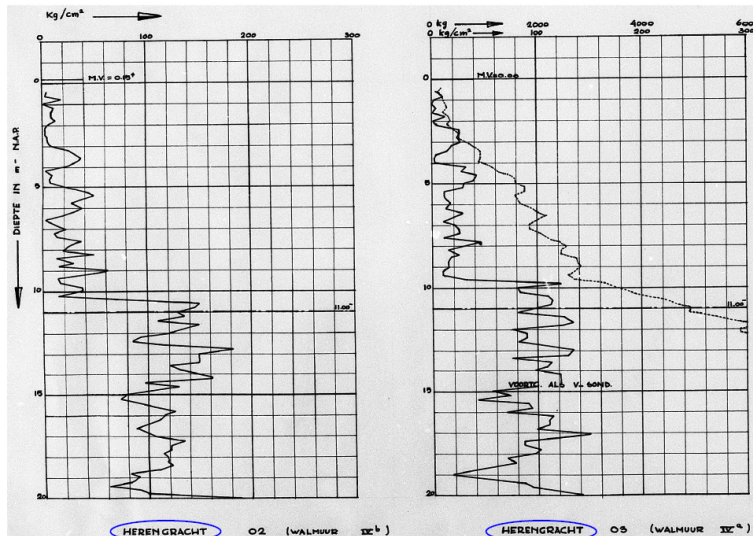
4 Berekening damwand

Om een berekening te kunnen opstellen is het (vanzelfsprekend) van belang om de randvoorwaarden vast te stellen. Hieronder vallen o.a. de bodemopbouw/-gesteldheid en de overige (verkeers)belastingen.

De bodemopbouw ter plaatse van de kademuren in Leiden is voor een groot deel consistent. De toplaag bestaat uit een straat- of asfaltlaag inclusief (puin)fundering. De wat dieper gelegen lagen zijn slap, zij bestaan uit veen en klei. Het (vaste) zandpakket begint pas vanaf ca. NAP-12 à NAP-13 meter.

De informatie die hiervoor wordt gebruikt, wordt gehaald van de aanlegtekeningen danwel het DINO-loket.

In **bijlage 1** is een volledige berekening van de Herengracht toegevoegd, in hoofdstuk 7 staat beschreven hoe hier de bodemopbouw is bepaald.



Sonderingen (bron: archiefgegevens, exacte positie onbekend)

Voor de verkeersbelastingen kan het handboek "Binnenstedelijke kademuren" worden gehanteerd.

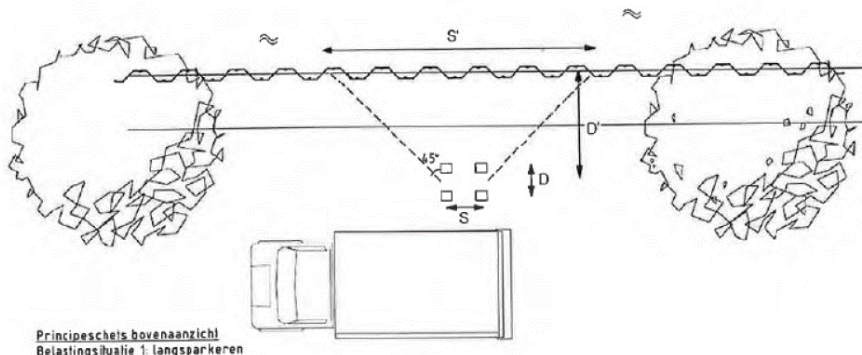
In feite wordt hierin de verkeersbelasting, in feite geldend voor bruggen en viaducten, vertaald naar een aan te houden equivalente, gelijkmatig verdeelde mobiele belasting.

Hierbij moet worden aangetekend dat de vigerende normen, de Eurocode, uitgaat van een aan te houden tandemstelsel van 2 assen met een totaalgewicht van 60 ton. De assen staan 1,20 m uit elkaar.

Gelet op de locatie en de bereikbaarheid in combinatie met de leeftijd van de kademuren kan feitelijk worden vastgesteld dat (zeer) zwaar verkeer niet/nauwelijks bij deze kade kan komen i.v.m. lengte (draaicirkels).

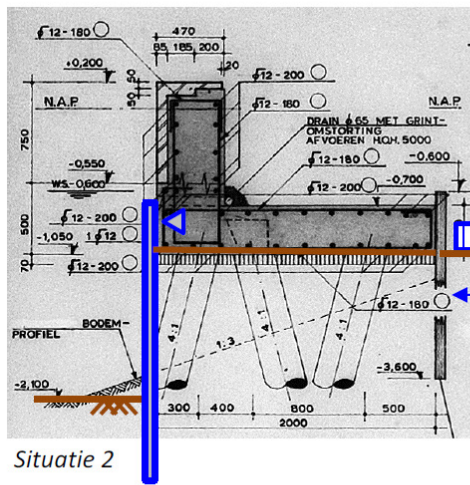
Daarnaast zijn de kademuren, gelet op het bouwjaar, naar alle waarschijnlijkheid niet berekend op een zwaardere klasse dan de destijds geldende verkeersklasse 300 danwel enkel een gelijkmatig verdeelde belasting.

In genoemde bijlage wordt in hoofdstuk 4 de aan te houden verkeersbelasting bepaald.



Berekening damwand (vervolg)

Onderstaand schema is gehanteerd:



Situatie 2

Geometrische gegevens:

- maaiveld NAP **0,05** m¹
- bk. ontlastvloer NAP **-0,70** m¹
- ok. ontlastvloer NAP **-1,05** m¹

25,2 kN/m²

6,20 m¹

De meest ongunstige situatie is wanneer aan de achterzijde van de damwand is aangevuld/volgelopen. Dit is beschouwd.

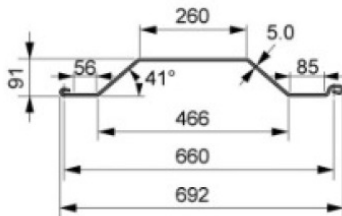
Waterstand NAP **-0,60** m¹

Bodemniveau NAP **-2,10** m¹

Op basis van voorgaande uitgangspunten inclusief enkele aanvullende uitgangspunten zoals beschreven in genoemde bijlage, zijn de volgende resultaten gevonden:

- o PAL 3050 (koudgevormd)
- o staalkwaliteit S235
- o gerekend met een levensduur van 50 jaar

- o bovenzijde damwand = NAP -0,70 m¹
- o puntniveau = NAP -5,80 m¹
- o lengte = 5,10 m¹ *)
- o gewicht = 249 kg/m¹ kade



- o UC moment = 0,34 -
- o UC dwarskracht = 0,06 -

- NB: er is enkel gekeken naar profielen met een minimale wanddikte van 5 mm.

- Productblad PAL 3050

**) de lengte is nodig om in D-Sheet een stabiele constructie te krijgen, niet i.v.m. vervormingen o.i.d.*

5 Uitvulling

Zoals op blz. 6 is aangegeven dient, bij plaatsing van de damwand aan de voorzijde, de holle ruimte te worden uitgevuld. Het opvullen van deze ruimte kan op verschillende manieren, hiervan is in [bijlage 2](#) een wat ruimere beschrijving weergegeven.

De volgende mogelijkheden zijn beschouwd:

- 1) Schuimbeton
- 2) Injectiemortel
- 3) Hardschuim

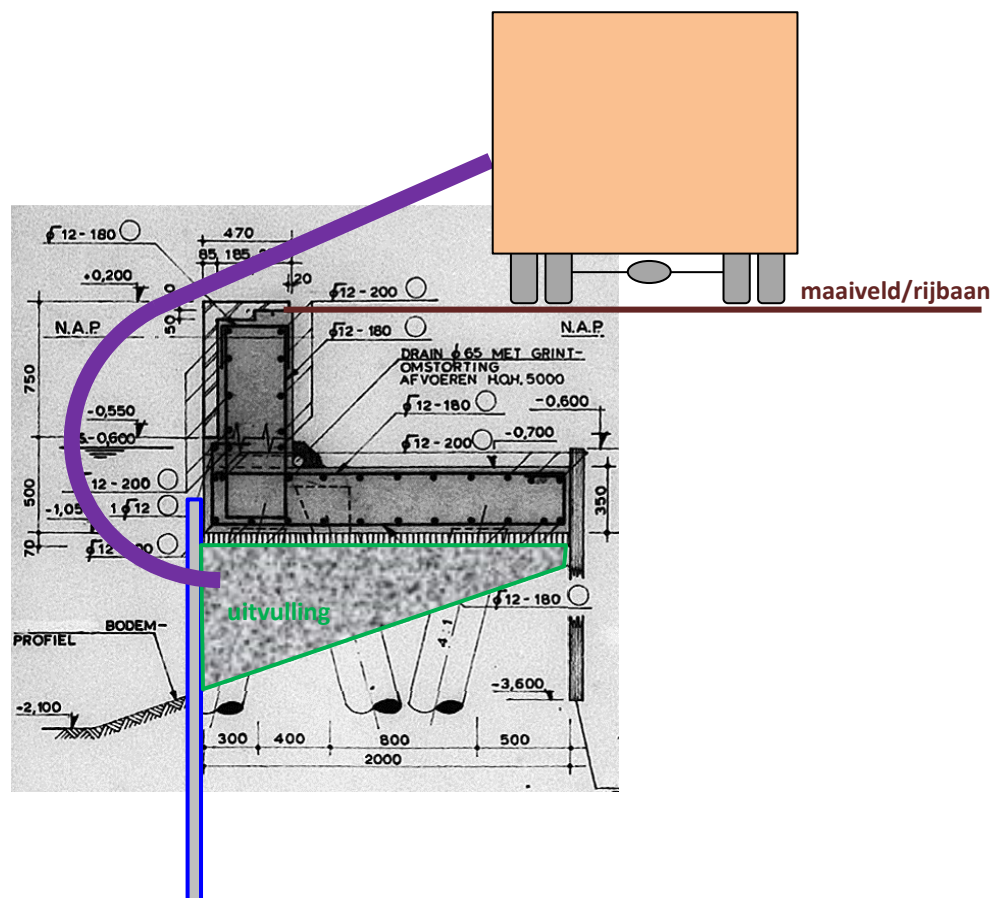
Uit de analyse in genoemde bijlage blijkt het volgende:

Optie 1) heeft grote negatieve gevolgen voor het paal draagvermogen van de kademuren. Het beton zal, na verharding als dood gewicht aan de palen hangen zodat er minder draagkracht overblijft voor de veranderlijke belastingen (verkeer). Dit kan bezwijken van de kade tot gevolg hebben.

Optie 2) is enkel en alleen toepasbaar als de grondslag hiervoor geschikt is. Voor het injecteren wordt feitelijk een zanderige ondergrond vereist, dit is echter niet aanwezig (enkel op grote diepte). Om deze reden is deze optie niet haalbaar.

Optie 3) daarentegen kent een laag eigen gewicht, heeft geen negatieve gevolgen voor de constructie en blijkt volledig composteerbaar. Deze toepassing heeft de beste papieren om toegepast te gaan worden.

Alle opties zijn zowel vanaf het water als vanaf het land aan te brengen, echter door de beperkte doorvaarthoogte in de binnenstad lijkt een aanvoer via land de meest voor de hand liggende. Middels slangen zou het wél via de waterzijde aangebracht kunnen worden, zodat er geen graaf- danwel boorwerkzaamheden om en nabij de bestaande kademuur plaatsvinden.



Uit de inspecties van Nebest is gebleken dat de ruimte onder de kade soms aanzienlijk groter is doordat zij in het geheel verdwenen is (horizontaal bodemverloop). Bovenstaand figuur is dan ook een theoretisch profiel/uitvulling.

Uitvulling (vervolg)

Voor de verschillende mogelijkheden is een TOM opgesteld, onderstaand het resultaat hieruit:

	Schuimbeton			Injectiemortel			Hardschuim	
Technische haalbaarheid								
• vanaf de kade	-	0		+	1		++	2
• vanaf het water	--	-2		--	-2		-	0
Impact constructie	--	-2		-	0		+	1
Gewicht	--	-2		-	0		++	2
Levensduur	++	2		+	1		++	2
Milieu-impact	+	1		+	1		++	2
Kosten	-	0		--	-2		+	1
Score		-3			-1			10

Een aandachtspunt is de noodzakelijke afdichting van "alle gaten en kieren" om het Hardschuim te kunnen aanbrengen. Dit onderdeel zal nader worden uitgezocht danwel aan de markt worden gelaten, het concept an sich is een beproefd concept zodat een oplossing hiervoor zeer zeker mogelijk is.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1

Rapport P220103-01-R (damwandberekeningen)

LVO Kademuren Leiden: ontwerpberekening grondkerende schermen

Locatie: Herengracht

Opdrachtgever:



Leiden

Gemeente Leiden

Stadhuisplein 1

2311 EJ LEIDEN

<http://www.leiden.nl>

Opsteller:



OC2 B.V.

Advies en ontwerp Civiele Constructies

Postbus 328

8200 AH LELYSTAD

info@oc2-bv.nl

www.oc2-bv.nl

In samenwerking met:



OmniformGroup | ESG

OmniformGroup

Ingenieursdiensten

Kelvinring 23

2952 BG ALBLASSERDAM

info@omniformgroup.nl

www.omniformgroup.com



adviesbureau voor
bruggen & sluizen

TAS

Adviesbureau voor bruggen & sluizen

Peulenstraat-zuid 85

3371 AL HARDINXVELD-GIESSENDAM

info@tas-bv.nl

www.tas-bv.nl



Nebest

Marconiweg 2

4131 PD VIANEN

info@nebest.nl

www.nebest.nl



wagemaker

Wagemaker

Burgemeester Burgerslaan 44/30

5245 NH ROSMALEN

info@wagemaker.nl

www.wagemaker.nl

Verantwoording

Titel : LVO Kademuren Leiden: ontwerpberekening grondkerende schermen
Locatie: Herengracht

Projectnummer : P220103

Documentnummer : P220103-01-R

Revisie : 4

Omschrijving revisie : Toevoeging gording en verankering damwand

Datum : 08-10-2022

Auteur : J. Hendrikse (BSEng)

Paraaf auteur :



Gecontroleerd : ir. M.A. van Heesch

Paraaf gecontroleerd :



Vrijgave opdrachtgever : S. van Dam

Paraaf vrijgave :



OC2 B.V.

Advies en ontwerp Civiele Constructies

Postbus 328

8200 AH LELYSTAD

info@oc2-bv.nl

www.oc2-bv.nl

Inhoudsopgave

1	<i>Inleiding</i>	4
2	<i>Scope werkzaamheden</i>	5
3	<i>Overzicht constructie</i>	5
4	<i>Uitgangspunten</i>	7
5	<i>Ontvangen gegevens</i>	9
6	<i>Voorschriften en richtlijnen</i>	9
7	<i>Bodemopbouw</i>	10
8	<i>Berekening damwandconstructie (voor keermuur)</i>	12

Bijlagen

- A** *Damwandberekening middels D-Sheet*
- B** *Berekening verankering (software leverancier)*
- C** *Tekening K&L (informatief, situatie juni 2022)*

1 Inleiding

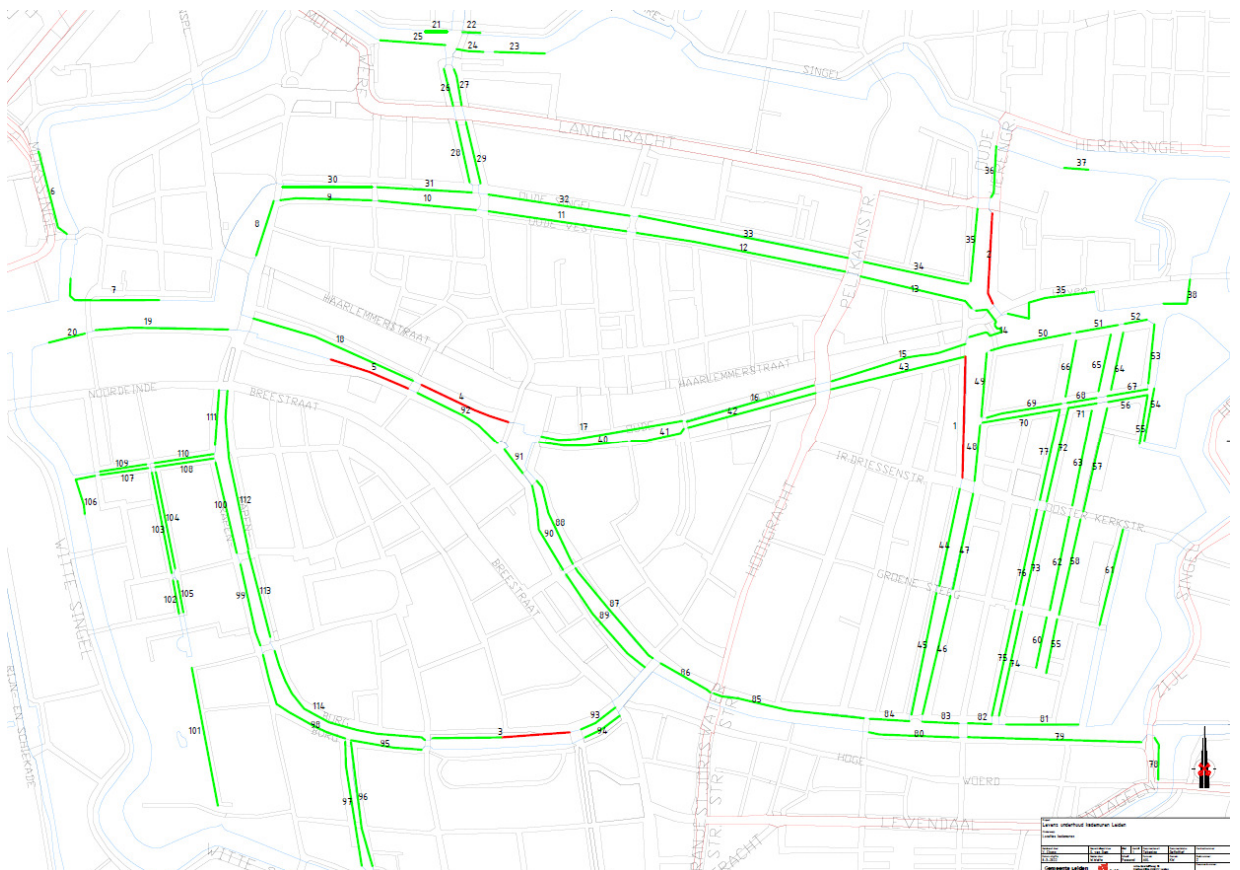
De gemeente Leiden is voornemens zogenaamd levensduurverlengend onderhoud (LVO) te plegen aan de kademuren in de binnenstad.

De gemeente heeft ca. 20 kilometer kade in beheer en onderhoud. De meeste kaden dateren uit de jaren 80 en 90 van de vorige eeuw, zij zijn derhalve ca. 30 tot 40 jaar oud. De kaden bestaan voornamelijk uit betonnen L-wanden, gefundeerd op houten of betonnen palen. Aan de achterzijde zijn (zacht)houten damplanken aangebracht om uitspoeling te voorkomen. Echter, de planken zijn aangetast waardoor (lokaal) gaten ontstaan. Dit heeft tot gevolg dat het maaiveld (lokaal) gaat zakken omdat grond uitspoelt richting watergang. In principe kan worden vastgesteld dat de planken het einde van haar (theoretische) levensduur hebben bereikt. Dit geldt voor ca. 13 kilometer.

In onderhavig rapport worden ontwerpberekeningen gemaakt voor de nieuw aan te brengen damwanden. Hierbij is de Herengracht als basis genomen, echter is deze berekening representatief voor meerdere kademuren. In dit rapport is uitgegaan van het aanbrengen van de damwand aan de voorzijde van de kade, dit is de waterzijde.

Uitgegaan is van een theoretische levensduur van 50 jaar, overeenkomstig de te verwachten restlevensduur van de kaden zelf. Onderzoeken aan de houten palen en o.a. aantasting door chloriden wijzen uit dat de huidige kaden in goede staat zijn.

In onderstaand overzicht zijn de onderzoekslocaties aangegeven, de meest urgent geachte kaden zijn **rood**.



Totaaloverzicht kademuren waarbij LVO wordt toegepast (bron: gemeente Leiden)

In hoofdstuk 2 is de scope van dit werk beschreven. Voor een overzicht van de toe te passen schermen wordt verwezen naar hoofdstuk 3. De basis voor de berekening is beschreven in de hoofdstukken 4 t/m 7. De feitelijke berekening is in hoofdstuk 8 e.v. verzorgd.

2 Scope werkzaamheden

In onderhavige berekening zijn de volgende onderdelen berekend:

- Damwand bij bevestiging aan de voorzijde van de keerwand (waterzijde)

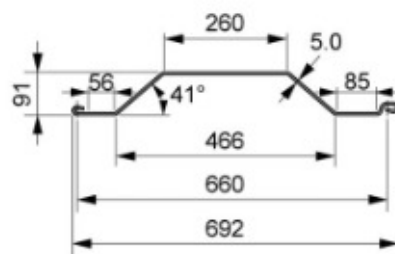
Hierbij is gekeken naar:

- lengte
- dikte
- materialisatie (staal, vastgesteld binnen projectteam)
- bevestiging aan bestaande constructie;

3 Overzicht constructie

- *Damwand voor de kade*

- PAL 3050 (koudgevormd)
- staalkwaliteit S235
- gerekend met een levensduur van 50 jaar



- bovenzijde damwand = NAP -0,70 m¹
- puntniveau = NAP -5,80 m¹
- lengte = 5,10 m¹ *)
- gewicht = 249 kg/m¹ kade

- UC moment = 0,34 -
- UC dwarskracht = 0,06 -

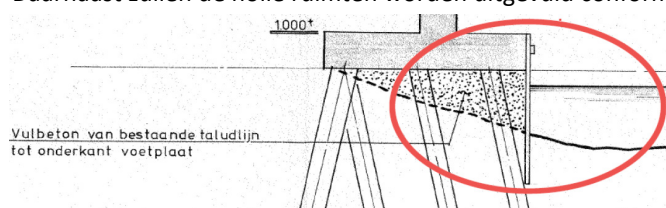
- NB: er is enkel gekeken naar profielen met een minimale wanddikte van 5 mm.

- [Productblad PAL 3050](#)

*) de lengte is nodig om in D-Sheet een stabiele constructie te krijgen, niet i.v.m. vervormingen o.i.d.

- *Algemene situatie*

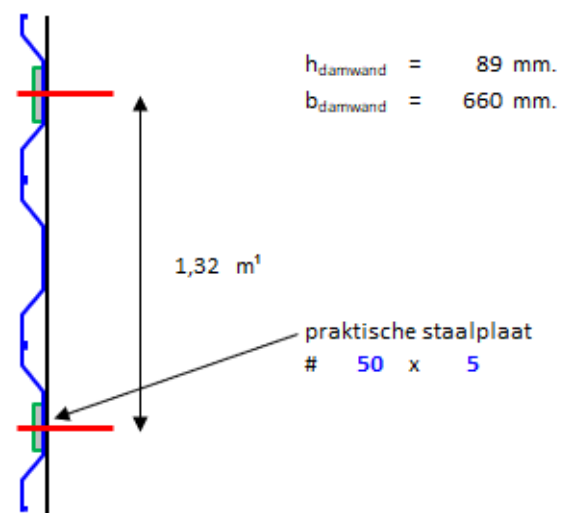
- Door de schoorstand van de palen aan de voorzijde zal er een clash ontstaan bij het inbrengen van de damwand. De damwand dient hier gestaffeld te worden aangebracht. Het aanbrengen van de damwand mag niet leiden tot schade aan de bestaande houten palen, derhalve zullen palen vooraf ingemeten moeten worden zodat een (veilige) lengte van de in te brengen damwanden kan worden bepaald. Daarnaast zullen de holle ruimten worden uitgevuld conform onderstaand principe:



Dit is beschreven in memo P220103-04-M.

- *Bevestiging aan bestaande kade*

- De bevestiging aan de kade kan met behulp van verschillende typen verankeringen. In dit rapport zijn enkele opties beschouwd, een keuze kan door de aannemer worden gemaakt, bijvoorbeeld:
 - 1) betonschroef;
 - 2) spreidanker;
 - 3) in te lijmen draadeind;
- Voor de benodigde inboordiepten e.d. wordt verwezen naar blz. 16.



Overzicht constructie (vervolg)

- *Revisie 1*
 - In onderhavige berekening is gekeken naar een meer realistische verkeersbelasting. Voor de binnenstad van Leiden geldt in principe een verbod voor (vracht)verkeer zwaarder dan 7,5 ton. Hierop wordt echter niet gehandhaafd.
Binnen het Projectteam is besproken om de schermen uit te rekenen op een totaalgewicht van 36 ton als totale verkeersbelasting. Dit is arbitrair, echter met dien verstande dat zwaar vrachtverkeer niet in de nabijheid van de kademuren kan komen (beperkte ruimte, draaicirkels, verboden enz.) én dat de huidige kademuren geenszins zijn berekend op de verkeersbelastingen vanuit de Eurocode.
- *Revisie 2*
 - De gewenste levensduur is aangepast van 30 naar 50 jaar.
- *Revisie 3*
 - De verkeersbelastingen zoals gehanteerd in revisie 1 zijn "teruggedraaid", gerekend is met de volledige verkeersbelasting conform de Eurocode;
- *Revisie 4*
 - Toegevoegd is de berekening van de verankering van de damwand aan de bestaande constructie;
 - De berekening is aangepast aan de hand van de gekozen oplossing waarbij de damwand aan de voorzijde wordt aangebracht (waterzijde). De variant waarbij de damwand aan de zijde van de weg wordt aangebracht is uit deze revisie gehaald, er is een definitieve keuze gemaakt;

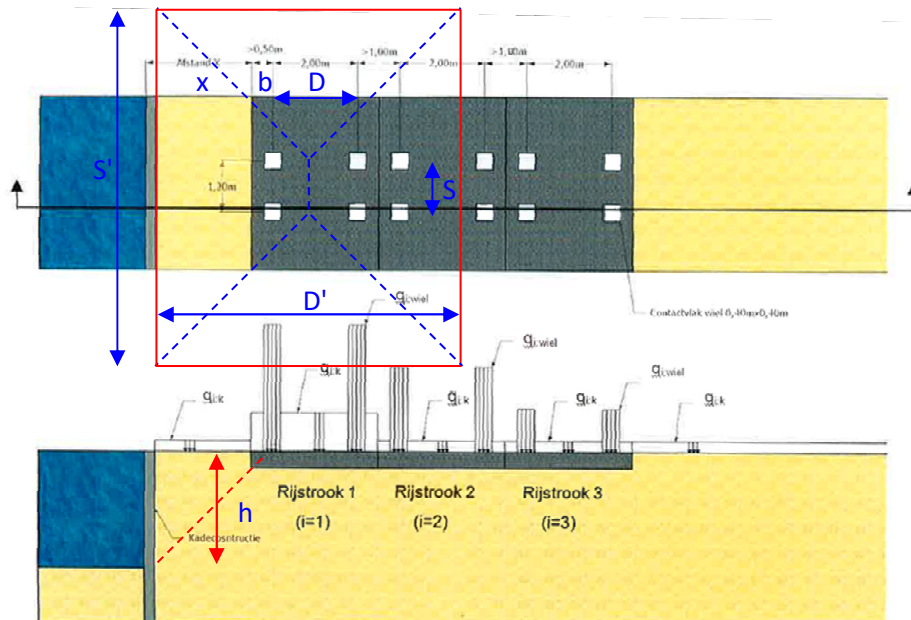
4 Uitgangspunten

Gevolgklasse	RC/CC 1	NEN-EN 1990 (tabel NB.23-B1) / CUR 166 (deel 2, art. 2.4.2)
(Gewenste rest)levensduur	50 jaar	(staal, composiet)
Geotechnische categorie	2 -	NEN-EN 9997-1 (2.1 (17))

- Belastingen
- door eigen gewicht grond (zie blz. 13)
 - door verkeer zoals hieronder bepaald:

Uitgangspunten

- er wordt gerekend met één rijstrook, de wegen in de binnenstad zijn dermate smal dat het onwaarschijnlijk is dat 2 (zware) vrachtwagens elkaar passeren;
- er wordt uitgegaan van "onderliggend wegennet" conform NEN 8701 bijlage C, er wordt voldaan aan:
 - $N_{obs} < 125.000$ stuks/jaar
 - Bijzonder Transport niet toegestaan
- de verkeersbelasting wordt berekend conform "Handboek Binnenstedelijke Kademuren"
- de verkeersbelasting wordt gespreid tot aan hart ontlastvloer kademuur (bevestigingspunt damwand)



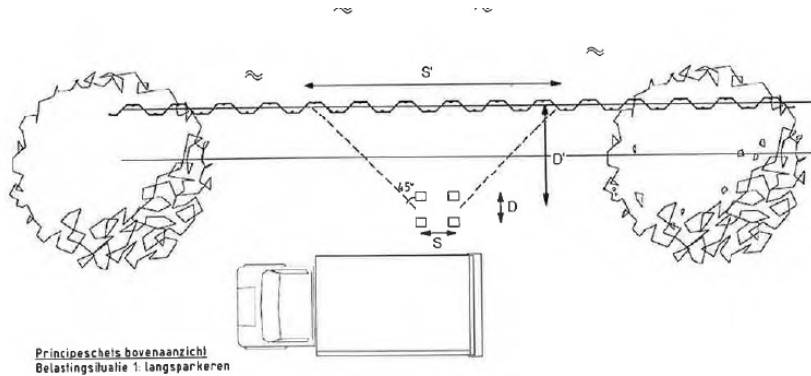
Figuur 4-1 Schematische weergave van het assenstelsel conform belastingmodel 1.

Wegindeling/geometrie (bron: Handboek Binnenstedelijke Kademuren)

w_b	=	3,00 m ¹	(rijstrookbreedte)	N_{obs}	=	125.000 st.	(dit zijn er ca. 342 per dag)
q_{UDL}	=	9,00 kN/m ²		α_Q	=	0,80 -	(NEN 8701 art. C.3.2)
F_{wiel}	=	150 kN		$\alpha_{t\&r}$	=	0,95 -	(NEN 8701 tabel C.1)
F_{wiel}	=	114 kN	($F_{wiel} \times \alpha_Q \times \alpha_{t\&r} \times \alpha_n$)	α_n	=	1,00 -	(NEN 8701 tabel C.1)
D	=	2,00 m ¹	(spoorbreedte)	h	=	1,10 m ¹	(maaiveld - onderkant vloer)
S	=	1,20 m ¹	(asafstand)	n	=	2 : 1	(spreiding ondergrond)
x	=	0,50 m ¹	(afstand damwand - rand asfalt)				
b	=	0,50 m ¹	(afstand rand asfalt - hart 1 ^e wiel)				
D'	=	6,20 m ¹	(spreidingsbreedte)				
S'	=	5,40 m ¹	(spreidingslengte)				
q_{TS}	=	13,6 kN/m ²					
α_q	=	1,35 -	(NEN 8701 art. C.3.2)				
q_{UDL}	=	11,5 kN/m ²	($q_{UDL} \times \alpha_q \times \alpha_{t\&r} \times \alpha_n$)				
q_{tot}	=	25,2 kN/m ²	($q_{TS} + q_{UDL}$)				

Uitgangspunten (vervolg)

Belastingen (vervolg)

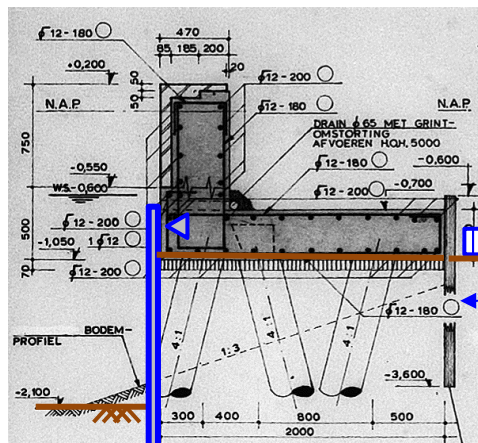


Figuur 4-3 Belasting spreiding op een kademuur.



Spreiding belasting (bron: Handboek Binnenstedelijke Kademuren)

Situatie:



Situatie 2

Geometrische gegevens:

- maaiveld NAP **0,05** m¹
- bk. ontlastvloer NAP **-0,70** m¹
- ok. ontlastvloer NAP **-1,05** m¹

25,2 kN/m²
6,20 m¹

De meest ongunstige situatie is wanneer aan de achterzijde van de damwand is aangevuld/volgelopen. Dit is beschouwd.

Waterstand NAP **-0,60** m¹
Bodemniveau NAP **-2,10** m¹

Gebruikte computerprogrammatuur Excel van Microsoft versie **Office365**
D-Sheet Piling van Deltares versie **22.1**

5 Ontvangen gegevens

De volgende gegevens zijn ter beschikking (niet uitputtend, enkel meest relevante gegevens):

- Uitvraag gemeente Leiden
Datum 31-01-2022
Contactpersoon dhr. S. van Dam / dhr. J. van Kernebeek
- Archieftekeningen
- Duikinspecties
Uitgevoerd door Nebest t.b.v. inspectie palen.
Datum 31-03-2022

6 Voorschriften en richtlijnen

Normen

Eurocode 0: grondslag voor het ontwerp

- NEN-EN 1990:2019 (nl) + NB:2019 (nl) *Grondslagen van het constructief ontwerp*

Eurocode 1: belastingen op constructies

- NEN-EN 1991-1-1:2019 (nl) + NB:2019 (nl) *Algemene belastingen*

Eurocode 2: ontwerp en berekening van betonconstructies

- NEN-EN 1992-1-1:2011 (nl) + NB:2020 (nl) *Algemene regels en regels voor gebouwen*

Eurocode 3: ontwerp en berekening van staalconstructies

- NEN-EN 1993-1-1:2016 (nl) + NB:2016 (nl) *Algemene regels en regels voor gebouwen*

Eurocode 5: ontwerp en berekening van houtconstructies

- NEN-EN 1995-1-1:2011 (nl) + NB:2013 (nl) *Algemene regels en regels voor gebouwen*

Eurocode 7: geotechnisch ontwerp van constructies

- NEN 9997-1:2017 (nl) *Algemene regels*

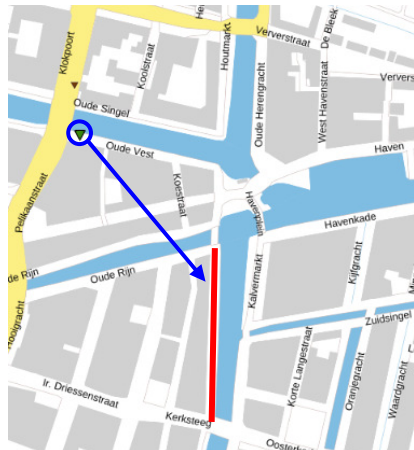
Richtlijnen

- CUR 166 *Damwandconstructies*

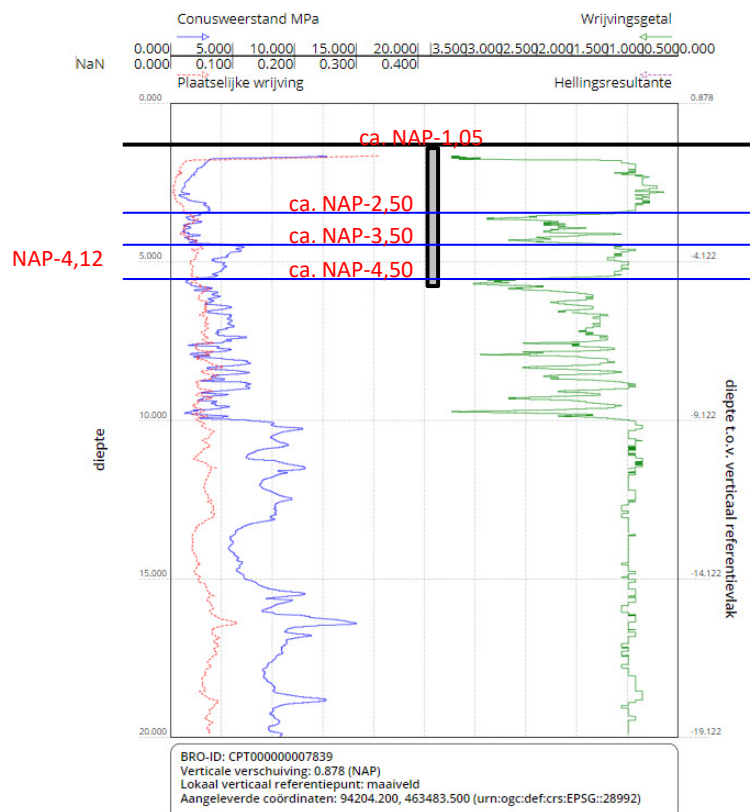
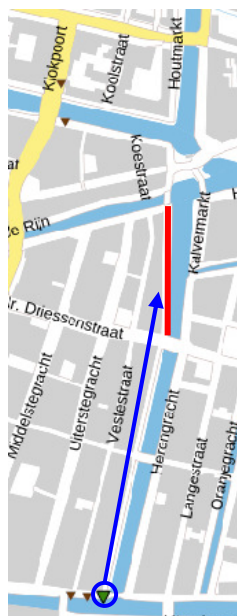
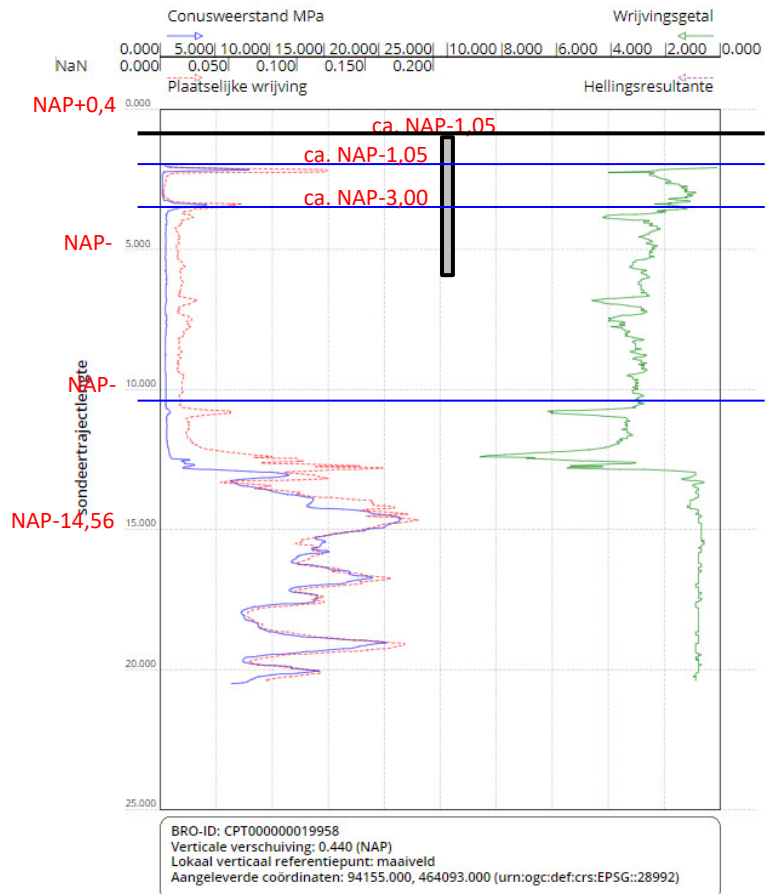
7 Bodemopbouw

Voor het bepalen van de bodemopbouw is gebruik gemaakt van archiefgegevens en/of het DINO-loket. Met behulp van deze gegevens is een bodemprofiel bepaald welke voldoende representatief is voor de situatie ter plaatse. Voor dit werk zullen géén sonderingen worden genomen, dit in overleg met de OG. Verondersteld wordt dat de dieper gelegen lagen niet zijn veranderd door bijvoorbeeld werkzaamheden.

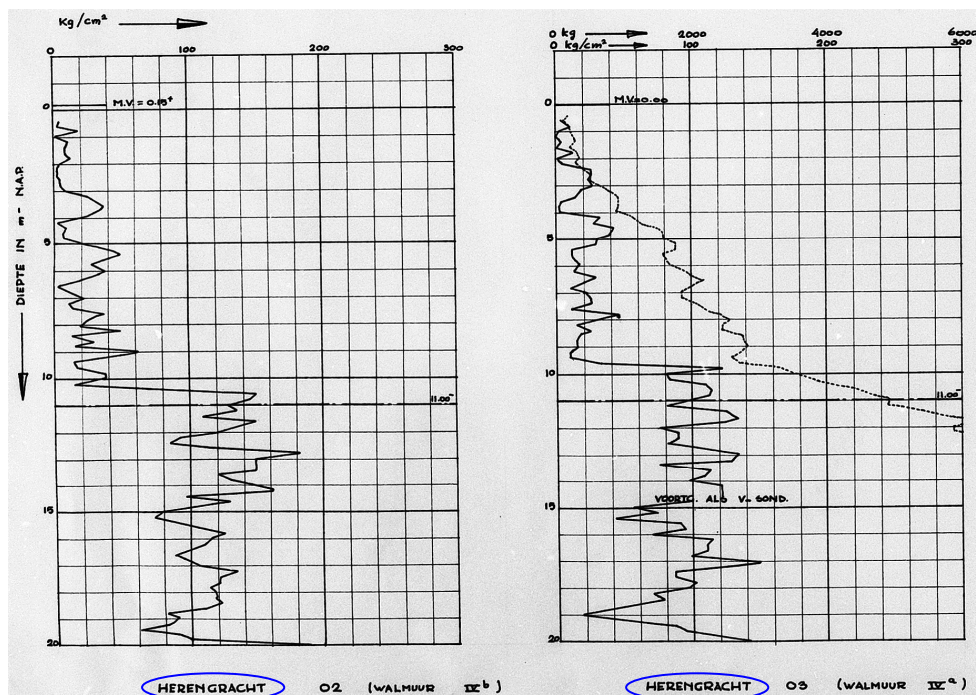
Gegevens DINO-loket:



BRO-ID: CPT000000019958
 Registratie: BRO
 Aangeleverde coördinaten: 94155.000, 464093.000 (RD)
 Kwaliteitsregime: IMBRO/A
 Starttijd meten conuspenetratietest: 03-03-1999
 Tijdstip van registratie: 11-01-2017 14:17
 Einddiepte t.o.v. maaiveld: 20.50 m
 Lokaal verticaal referentiepunt: maaiveld
 Verticaal referentievlak: NAP
 Verschuiving van maaiveld t.o.v. NAP: 0.44 m
 Sondeernorm: NEN5140
 Kwaliteitsklasse: klasse2
 Dissipatietest uitgevoerd: nee
 Aantal parameters bepaald: 7



Bodemopbouw (vervolg)



Sonderingen (bron: archiefgegevens, exacte positie onbekend)

O.b.v. van deze gegevens is onderstaande bodemopbouw bepaald:

	laag-nr.	laag-dikte m ¹	gewicht		coh.	phi	delta	bedding		
			γ_{dr}	γ_{sat}	c'	ϕ'_{rep}	δ'	$K_{h;1}$	$K_{h;2}$	$K_{h;3}$
			kN/m ³		°	°	°	kN/m ³		
Bestrating + zand ▼ 0,05	1	0,50	19,0	21,0	0,0	30,0	20,0	20000	10000	5000
klei, zwak zandig, matig ▼ -0,45	2	1,55	18,0	18,0	4,0	22,5	15,0	7200	3600	1640
klei, schoon, slap ▼ -2,00	3	3,50	14,0	14,0	0,0	17,5	11,7	2000	800	500
klei, zwak zandig, matig ▼ -5,50	4	5,00	18,0	18,0	4,0	22,5	15,0	7200	3600	1640
zand, schoon, los ▼ -10,5	5	0,00	17,0	19,0	0,0	30,0	20,0	12000	6000	3000
zand, schoon, los ▼ -10,5	6	0,00	17,0	19,0	0,0	30,0	20,0	12000	6000	3000
zand, schoon, los ▼ -10,5	7	0,00	17,0	19,0	0,0	30,0	20,0	12000	6000	3000

8 Berekening damwandconstructie (voor keermuur)

Uitgangspunten

Veiligheidsklasse	RC/CC 1	(geringe persoonlijke veiligheidsrisico's bij bezwijken)
Schematisatie glijvlakken	recht	(methode c, fi, delta)
Indeling damwand oppervlak	ruw	(delta = 0,67 x ϕ)
Referentieperiode damwand	50 jaar	
Tijdelijke damwand	nee	
Bouwkuip	nee	
Bovenbelasting op maaiveld	25,2 kN/m ²	(zie blz. 7)

In de berekening is één strekkende meter damwandbreedte beschouwd.

Schematisatie

Zie ook de volgende bladzijden.

De UGT-waarden van de grondparameters worden gecorrigeerd op basis van onderstaande tabel en indeling:

User Defined Partial Factors

EC7 General EC7 NL CUR EC7 BE

RC 0 RC 1,2,3 RC 1 RC 2 RC 3

		RC 1				RC 2				RC 3			
		Geotechnical loads		Constructive loads		Geotechnical loads		Constructive loads		Geotechnical loads		Constructive loads	
Factor on permanent load, unfavourable	[-]	1.000	1.000	1.215	1.215	1.000	1.000	1.350	1.350	1.000	1.000	1.485	1.485
Factor on permanent load, favourable	[-]	1.000	1.000	0.900	0.900	1.000	1.000	0.900	0.900	1.000	1.000	0.900	0.900
Factor on variable load, unfavourable	[-]	1.000	1.000	1.350	1.350	1.100	1.100	1.500	1.500	1.250	1.250	1.650	1.650
Factor on variable load, favourable	[-]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Material factors													
Factor on cohesion	[-]	1.50	1.150			1.250	1.250			1.400	1.400		
Factor on tangent phi	[-]	1.50	1.150			1.175	1.175			1.200	1.200		
Factor on low rep. mod. of subg. reactions	[-]	1.300	1.300			1.300	1.300			1.300	1.300		
Geometry modification													
Increase retaining height	[%]	10.00	10.00			10.00	10.00			10.00	10.00		
Maximum increase retaining height	[m]	0.50	0.50			0.50	0.50			0.50	0.50		
Change in phreatic line on passive side	[m]	0.20	0.20			0.25	0.25			0.25	0.25		
Raise in phreatic line on active side	[m]	0.05	0.05			0.05	0.05			0.05	0.05		
Overall stability factors													
Factor on cohesion	[-]	1.300	1.300			1.450	1.450			1.600	1.600		
Factor on tangent phi	[-]	1.200	1.200			1.250	1.250			1.300	1.300		
Factor on unit weight soil	[-]	1.000	1.000			1.000	1.000			1.000	1.000		
Factors on representative values													
Factor on rep. values of M, D and Pmax	[-]	1.200	1.200			1.200	1.200			1.350	1.350		
Vertical balance factors													
Partial factor base resistance (gamma_b)	[-]	1.200	1.200			1.200	1.200			1.200	1.200		

Reset OK Cancel Help

Berekening damwandconstructie (voor keermuur) (vervolg)

Geometrie

Overeenkomstig de gegevens worden de volgende hoogten aangehouden:

Maaiveldniveau 1		NAP	0,05 m ¹	
Maaiveldniveau 2		NAP	0,05 m ¹	
Waterstand	=	NAP	-0,60 m ¹	
Bodemniveau 1	=	NAP	-2,10 m ¹	(conform aanlegtekening)
Bodemniveau 2	=	NAP	-2,10 m ¹	(conform aanlegtekening)
Niveau top damwand	= maximaal	NAP	-0,70 m.	(bk. ontlastvloer)
Verankeringsniveau (bovenzijde)	=	NAP	-0,88 m.	
Inheinniveau damwand	=	NAP	-5,80 m.	
Lengte damwand	=		5,10 m.	

Belastingen

Er wordt verwezen naar blz. 7 hoe de verkeersbelasting in rekening is gebracht. Deze belasting grijpt aan ter plaatse van onderzijde ontlastvloer.

De belasting uit de bovenliggende grondlagen wordt als gelijkmatig verdeelde belasting handmatig ingevoerd in D-Sheet. Hiervoor geldt:

- maaiveld NAP 0,05 m¹ } totaal 0,65 m¹ droge grond
- ok. ontlastvloer NAP -1,05 m¹ } totaal 0,45 m¹ natte grond
- waterstand NAP -0,60 m¹

O.b.v. de bodemopbouw op blz. 11 geldt dan:

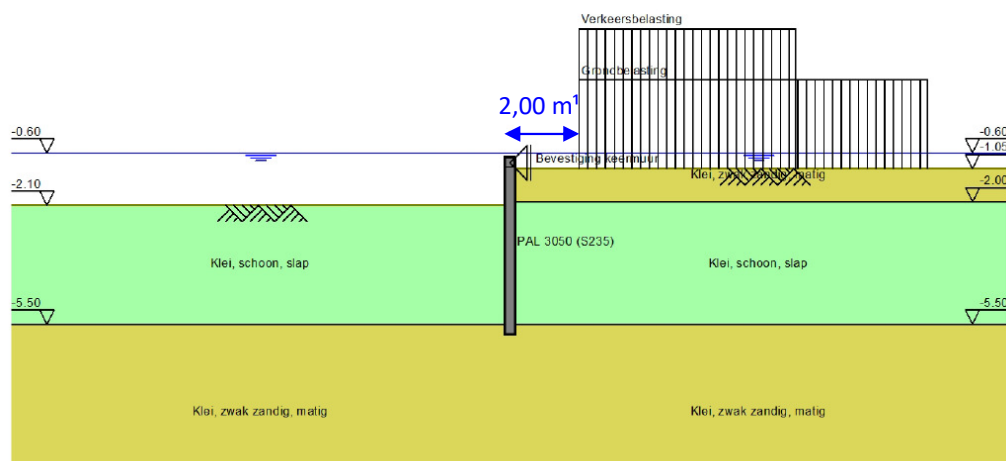
$$\sigma_{\text{grond; invoer D-Sheet}} = 0,65 \times 19,0 \text{ kN/m}^3 + 0,45 \times 8,00 = 16,0 \text{ kN/m}^2$$

Parameterbepaling

Er wordt verwezen naar blz. 11.

Invoer D-Sheet piling

Overzicht - Fase 1: Eindsituatie



Berekening damwandconstructie (voor keermuur) (vervolg)

Invoer profielgegevens damwand

Damwandprofiel

Materiaalkeuze

PAL 3050 ▼

S235 ▼

$$E_{rep} = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

$$W_{el} = 181 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I = 831 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$f_{y;d} = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{rep} = 1.745 \text{ kNm}^2/\text{m}^1$$

$$\tau_{u;d} = 136 \text{ N/mm}^2$$

Reductiefactor corrosie

$$T = \text{referentieperiode} = 50 \text{ jaar}$$

$$\text{Bodemsoort t.p.v. maximaal moment} = \text{Onverdichte grond (klei, zand)}$$

$$\text{Zone t.p.v. maximaal moment} = \text{Schoon, zoet water (rond de waterlijn)}$$

$$a_1 = \text{corrosie totaal aan de landzijde (o.b.v. tabel 9.2)} = 1,20 \text{ mm}$$

$$a_2 = \text{corrosie totaal aan de waterzijde (o.b.v. tabel 9.3)} = 0,90 \text{ mm}$$

$$a_{tot} = \text{totale optredende corrosie (aan beide zijden)} = 2,10 \text{ mm}$$

$$t_{dmw} = \text{lijfdikte damwand} = 5,00 \text{ mm}$$

$$R_{corr} = \text{reductiefactor corrosie} = 2,90 / 5,00 = 0,58$$

Reductiefactor scheve buiging (conform tabel 3.4, deel 2)

$$\text{Sloten in neutrale lijn} = \text{nee (Z-profiel)}$$

$$\text{Wijze van aanbrengen (1=enkelvoudig, 2=dubbel, 3=drievoudig)} = 2 \text{ n.v.t.}$$

$$\beta_B = \beta_D = 1,00$$

(Let op: indien voor enkelvoudige U-profielen "1" wordt ingevuld, zijn alleen de invloeden 4, 5 en 6 van onderstaande tabel van toepassing)

(Koudgeformde profielen reageren ten aanzien van scheve buiging hetzelfde als enkelvoudige planken)

$$\text{Voor het weerstandsmoment geldt} = W_{corr} = \beta_B \cdot W_{el} \quad \text{met} \quad \beta_B = b_{B;0} + \sum \Delta b_{B;i} \leq 1,00$$

$$\text{Voor het traagheidsmoment geldt} = I_{corr} = \beta_D \cdot I_{el} \quad \text{met} \quad \beta_D = b_{D;0} + \sum \Delta b_{D;i} \leq 1,00$$

(Onderstaande tabel is niet van toepassing, bèta is 1,00)

$$\beta_{B;0} = \text{minimum waarde van de reductiefactor (conform opgave leverancier)} = 0,00$$

$$\beta_{D;0} = \text{minimum waarde van de reductiefactor, afhankelijk van type:}$$

verankerd/gestempeld (ja/nee): ja = 0,55

$$\Delta \beta_{B;i} = \underline{1) \text{ schuifweerstand grond}}$$

grondsoort kerend gedeelte (klei of zand)

klei

classificatie (slap, matig of vast)

matig

$$\Delta \beta_B = 0,10$$

ondersteuning en weerstand tegen schuiven

2) aantal verankeringen/ondersteuning (OWB)

1

$$\Delta \beta_B = 0,05$$

3) gording/betonnen deksloof aanwezig (ja/nee)

ja

$$\Delta \beta_B = 0,05$$

4) schuifvaste verbindingen aangebracht (ja/nee)

ja

$$\Delta \beta_B = 0,05$$

(indien er een gording/deksloof aanwezig is, mag bij punt 4 "ja" ingevuld worden)

5) installatie

trillend/heidend aangebracht (ja/nee)

ja

$$\Delta \beta_B = 0,10$$

(controleer benodigde W_x o.b.v. tabellen bijlage B (deel 1) m.b.t. schadevrij installeren)

6) zandlaag boven GWS

minimaal 5 m. droog zand aanwezig (ja/nee)

nee

$$\Delta \beta_B = 0,00$$

h / b (hoogte / breedte damwandplanker $0,13 < 0,20$)

zand zowel achter als bij teen aanwezig (ja/nee)

nee

$$\Delta \beta_B = \Delta \beta_D = \frac{-0,05}{\sum \Delta \beta} = \frac{-0,05}{0,30}$$

Berekening damwandconstructie (voor keermuur) (vervolg)

Gehanteerde waarden

$$\begin{aligned}\beta_B &= 1,00 + 0,00 = 1,00 \\ \beta_D &= 1,00 + 0,00 = 1,00 \\ R_{\text{corr}} &= (\text{zie "reductiefactor corrosie"}) = 0,58\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{\text{corr}} &= \beta_B \times R_{\text{corr}} \times W_{\text{el}} = 1,00 \times 0,58 \times 181 = 105 \times 10^3 \text{ mm}^3 \\ I_{\text{corr}} &= \beta_D \times R_{\text{corr}} \times I_{\text{el}} = 1,00 \times 0,58 \times 831 = 482 \times 10^4 \text{ mm}^4 \\ EI_{\text{corr}} &= \beta_D \times R_{\text{corr}} \times EI_{\text{el}} = 1,00 \times 0,58 \times 1.745 = 1.012 \text{ kNm}^2/\text{m}^1 \\ M_{r,d;\text{red}} &= W_{\text{corr}} \times f_{y;d} = 105 \times 235 / 1000 = 25 \text{ kNm}/\text{m}^1\end{aligned}$$

Resultaten damwandberekening

In **bijlage B** is de feitelijke berekening toegevoegd. Een samenvatting van de berekeningsresultaten wordt hieronder gepresenteerd, waarna deze worden getoetst:

$$\begin{aligned}M_E &= \text{BGT-moment} &= 4,79 \text{ kNm}/\text{m}^1 \\ M_{Ed} &= \text{UGT-moment} &= 8,46 \text{ kNm}/\text{m}^1 \\ V_{Ed} &= \text{UGT-dwarskracht} &= 7,49 \text{ kN}/\text{m}^1 \\ N_{Ed} &= \text{UGT-ankerkracht (axiaal)} &= \text{n.v.t. kN}/\text{m}^1 \\ \delta_{s;\text{rep}} &= \text{BGT-verplaatsing} &= 15 \text{ mm} \\ \mu_{s;d} &= \text{UGT-waarde stabiliteitsfactor methode 'Bishop'} &= 1,12 - \\ \text{g.w.} &= \text{UGT-waarde gemobiliseerde grondweerstand} &= 87,9 \%\end{aligned}$$

Toetsing resultaten

Buigend moment

$$\begin{aligned}M_{s;d} &= \text{optredend moment} &= 8 \text{ kNm}/\text{m}^1 \\ M_{r,d;\text{red}} &= \text{gereduceerd toelaatbaar moment} &= 25 \text{ kNm}/\text{m}^1 \\ UC &= 0,34 &\text{voldoet}\end{aligned}$$

Dwarskracht

$$\begin{aligned}V_{s;d} &= \text{optredende dwarskracht} &= 7 \text{ kN}/\text{m}^1 \\ V_{r;d} &= A_{ijf} * 2 / 3 * \tau_{u;d} = 7,0 \times 1/3 \times 2/3 \times 136 \times 0,58 = 122 \text{ kN}/\text{m}^1 \\ &(\text{met: } A_{ijf} = \text{bij benadering } A_{\text{tot}} \times 1/3) &UC = 0,06 \text{ voldoet}\end{aligned}$$

NB: m.b.t. de interactie geldt dat beide extremen zijn getoetst en (vanzelfsprekend) nooit gelijktijdig optreden.

Doorbuiging

$$\begin{aligned}\delta_{\text{rep}} &= 15 \text{ mm.} \\ \delta_{\text{toel;BGT}} &= \text{geen eis, de damwand bevindt zich onder maaiveldniveau} &= 50 \text{ mm.} \\ &&\text{voldoet}\end{aligned}$$

Diepgelegen glijcirkel

toetsing middels D-Sheet op basis van methode "Bishop"

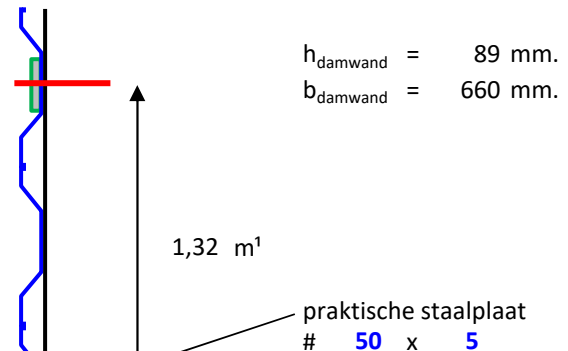
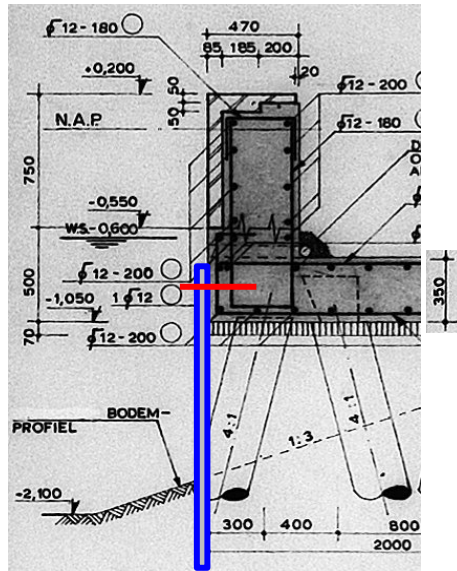
$$\begin{aligned}\mu_{s;d} &= \text{rekenwaarde stabiliteitsfactor} &= 1,12 - \\ \mu_{u;d} &= \text{vereiste stabiliteitsfactor} &\geq 1,00 - \\ &&\text{voldoet}\end{aligned}$$

NB: uit de berekeningsresultaten volgt derhalve een lange plank welke benodigd is voor stabiliteit (evenwicht).

Berekening damwandconstructie (voor keermuur) (vervolg)

Bevestiging aan bestaande kade

- N_{Ed} = horizontale ankerkracht = $7,49 \times 1,1$ (γ_{CUR}) = $8,24 \text{ kN/m}^1$
- a = h.o.h. afstand verankering = per **2** planken = $1,32 \text{ m}^1$
- N_{Ed} = ankerkracht = $8,24 \times 1,32$ = $10,9 \text{ kN}$



Voor een dergelijke constructie kunnen verschillende opties worden toegepast. De volgende opties zijn haalbaar bij een willekeurig gekozen leverancier van verankeringen:

1) betonschroef;

Product:	B+BTec Export Division B+BTec CS Betonschroef - Materiaal: EV CS 12 x 110 CS 12 x 130 Andere producten: Zie opmerkingen.	
Ontwerpmethode:	ETAG 001, Bijlage C, Ontwerpmethode A	
Goedkeuring:	ETA-17/0001 4/3/2017	
Basismateriaal:	Ongescheurd beton C20/25 Geen of normale wapening	
Installatie:	Doorsteekmontage Hamerboren Doorvoergat niet opgevuld.	
Verankeringsdiepte:	$h_{ef} = 67 \text{ mm}$	

2) spreidanker;

Product:	B+BTec Export Division B+BTec SMD CC - Materiaal: TV M12 x 110 - Art.nr. 3.612.002	
Ontwerpmethode:	ETAG 001, Bijlage C, Ontwerpmethode A	
Goedkeuring:	ETA-12/0397 12/17/2015	
Basismateriaal:	Ongescheurd beton C20/25 Geen of normale wapening	
Installatie:	Doorsteekmontage Hamerboren Doorvoergat niet opgevuld.	
Verankeringsdiepte:	$h_{ef} = 70 \text{ mm}$	

3) in te lijmen draadeind;

Product:	B+BTec Export Division Injectie systeem BIS-HY GEN2 - Materiaal: 8.8 EV M12	
Ontwerpmethode:	ETAG 001, TR 029	
Goedkeuring:	ETA-19/0131 3/13/2019	
Basismateriaal:	Ongescheurd beton C20/25 Geen of normale wapening Temperatuur: Korte termijn = 40°C Lange termijn = 24°C	
Installatie:	Doorsteekmontage Hamerboren Reiniging met perslucht (min. 6 bar CAC) Doorvoergat niet opgevuld. Waterverzadigd	
Verankeringsdiepte:	$h_{ef} = 70 \text{ mm}$	

De berekeningen zijn als bijlage toegevoegd.,

NB: mogelijk dat de bovenzijde van de damwand afgedekt moet worden i.v.m. de aan te brengen vulling onder de kademuur. Dit kan een permanente oplossing zijn (bijv. praktische staalplaat) danwel een tijdelijke afdichting. Dit ter keuze aannemer.

BIJLAGEN

BIJLAGE A

Damwandberekening middels D-Sheet

Rapport voor D-Sheet Piling 22.2

Ontwerp van Diepwanden en Damwanden
Ontwikkeld door Deltares



Bedrijfsnaam: OC2 B.V.
Datum van rapport: 9/19/2022
Tijd van rapport: 8:14:41 AM
Rapport met versie: 22.2.1.38119
Datum van berekening: 9/19/2022
Tijd van berekening: 8:13:33 AM
Berekend met versie: 22.2.1.38119
Bestandsnaam: Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Verificatie volgens Nationale Bijlage van Eurocode 7 in Nederland (NEN 9997-1:2016)



OC2 B.V.

D-Sheet Piling 22.2

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Overzicht	3
2.1 Overzicht per Fase en Toets	3
2.2 Steunpunten	3
2.3 Totale Stabiliteit per Fase	3
2.4 CUR Verificatie Stappen	4
3 Invoergegevens voor alle Bouwfases	5
3.1 Algemene Invoergegevens	5
3.2 Damwandeigenschappen	5
3.2.1 Algemene Eigenschappen	5
3.2.2 Stijfheid EI (elastisch gedrag)	5
3.2.3 Maximale Toelaatbare Momenten	5
3.3 Rekenopties	5
4 Overzicht Fase 1: Eindsituatie	7
5 Totale Stabiliteit Fase 1: Eindsituatie	8
5.1 Totale Stabiliteit	8
6 Stap 6.3 Fase 1: Eindsituatie	9
6.1 Algemene Invoergegevens	9
6.1.1 Starre Steunpunten	9
6.2 Invoergegevens Links	9
6.2.1 Berekeningsmethode	9
6.2.2 Waterniveau	9
6.2.3 Maaiveld	9
6.2.4 Eigenschappen van de Grondmaterialen in Profiel: Opbouw Herengracht	9
6.2.5 Beddingsconstanten (Secant)	10
6.3 Invoergegevens Rechts	10
6.3.1 Waterniveau	10
6.3.2 Maaiveld	10
6.3.3 Bovenbelastingen	10
6.4 Berekeningsresultaten	10
6.4.1 Grafieken van Momenten, Krachten en Verplaatsingen	11
6.4.2 Grafieken van Spanningen	11
6.4.3 Percentage Gemobiliseerde Weerstand	12
6.4.4 Stijve en Verende Steunpunten	12
7 Stap 6.5 Fase 1: Eindsituatie	13
7.1 Algemene Invoergegevens	13
7.1.1 Starre Steunpunten	13
7.2 Invoergegevens Links	13
7.2.1 Waterniveau	13
7.2.2 Maaiveld	13
7.2.3 Eigenschappen van de Grondmaterialen in Profiel: Opbouw Herengracht	13
7.2.4 Beddingsconstanten (Secant)	14
7.3 Invoergegevens Rechts	14
7.3.1 Waterniveau	14
7.3.2 Maaiveld	14
7.3.3 Bovenbelastingen	14
7.4 Berekeningsresultaten	14
7.4.1 Grafieken van Momenten, Krachten en Verplaatsingen	15
7.4.2 Grafieken van Spanningen	15
7.4.3 Percentage Gemobiliseerde Weerstand	16
7.4.4 Stijve en Verende Steunpunten	16

9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 2



OC2 B.V.

D-Sheet Piling 22.2

2 Overzicht

2.1 Overzicht per Fase en Toets

Fase nr.	Verificatie type	Verplaat-sing [mm]	Moment [kNm]	Dwars-kracht [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. weerstand [%]	Status
Alle	EC7(NL)-Stap 6.1						(D)*
Alle	EC7(NL)-Stap 6.2						(D)*
1	EC7(NL)-Stap 6.3		-8.46	7.49	85.7	87.2	
1	EC7(NL)-Stap 6.4		-6.24	6.03	85.5	87.9	
1	EC7(NL)-Stap 6.5	-14.5	-4.79	5.70	60.4	62.1	
1	EC7(NL)-Stap 6.5 x 1.200		-5.75	6.84			
Max		-14.5	-8.46	7.49	85.7	87.9	

*(A) Berekening numerisch instabiel, (B) Fout gevonden tijdens berekening, (C) Geen convergentie van probabilistische berekening, (D) Bij vrije waterspiegel aan passieve zijde is een lage waterstand het meest ongunstig, daarom worden stappen 6.1 en 6.2 achterwege gelaten.

2.2 Steunpunten

Fase nr.	Verificatie type	Steunpunt Bevestiging keermuur		Status
		Kracht [kN]	Moment [kNm]	
1	EC7(NL)-Stap 6.1			(D)*
1	EC7(NL)-Stap 6.2			(D)*
1	EC7(NL)-Stap 6.3	3.23	0.00	
1	EC7(NL)-Stap 6.4	2.12	0.00	
1	EC7(NL)-Stap 6.5	0.50	0.00	
1	EC7(NL)-Stap 6.5 x 1.200	0.60	0.00	
Max		3.23	0.00	

2.3 Totale Stabiliteit per Fase

Fase naam	Stabiliteitsfactor [-]
Eindsituatie	1.12

9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

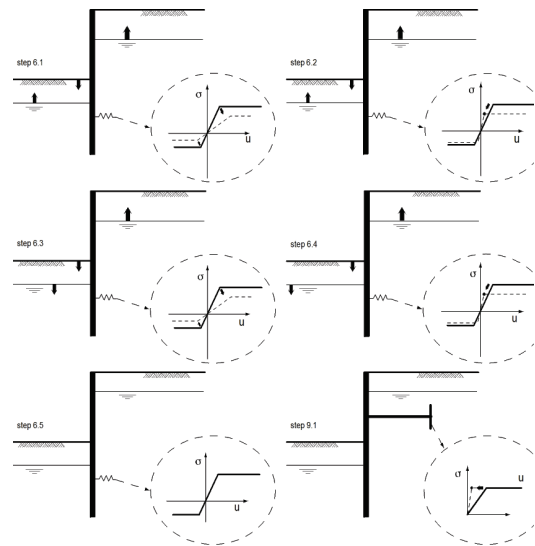
Pagina 3



OC2 B.V.

D-Sheet Piling 22.2

2.4 CUR Verificatie Stappen



9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 4

3 Invoergegevens voor alle Bouwfasen

3.1 Algemene Invoergegevens

Verificatie volgens Nationale Bijlage 7 in Nederland (NEN 9997-1:2016)

Model	Damwand
Check verticaal evenwicht	Nee
Aantal bouwfasen	1
Soortelijk gewicht van water	9.81 kN/m ³
Aantal takken van de veer karakteristiek	3
Ontlastak van de veer karakteristiek	Nee
Elastische berekening	Ja

3.2 Damwand eigenschappen

Lengte	5.10 m
Bovenkant	-0.70 m
Aantal secties	1

3.2.1 Algemene Eigenschappen

Snede naam	Van [m]	Tot [m]	Materiaal type	Werkende breedte [m]
PAL 3050 (S235)	-5.80	-0.70	Staal	1.00

3.2.2 Stijfheid EI (elastisch gedrag)

Snede naam	Elastische stijfheid EI [kNm ² /m]	Red. factor op EI [-]	Gecorrig. elas. stijfheid EI [kNm ² /m]	Toelichting op reductiefactor
PAL 3050 (S235)	1.3090E+03	0.58	7.5922E+02	

3.2.3 Maximale Toelaatbare Momenten

Snede naam	Mr _{kar,el} [kNm/m]	Modificatie factor [-]	Materiaal factor [-]	Red. factor toelaat. moment [-]	Mr _{d,el} [kNm]
PAL 3050 (S235)	42.67	1.00	1.00	0.58	24.75

3.3 Rekenopties

Eerste fase beschrijft initiële situatie	Nee
Fijnheid berekening	Grof
Reduceren delta(s) volgens CUR	Ja
Verificatie	EC7 NB NL - methode A: Partiële factoren (ontwerpwaarden) in alle fasen. Eurocode 7 gebruik makend van de factoren zoals beschreven in de Nationale Annex van Nederland. Het valt onder ontwerp benadering III.

Gebruikte partiële factor set

RC 1

Factoren op belastingen - Geotechnische belastingen	
- Permanente belasting, ongunstig	1.000
- Permanente belasting, gunstig	1.000
- Variabele belasting, ongunstig	1.000
- Variabele belasting, gunstig	0.000
Factoren op belastingen - Constructieve belastingen	
- Permanente belasting, ongunstig	1.100 Gebruiker gedefinieerd
- Permanente belasting, gunstig	0.900
- Variabele belasting, ongunstig	1.200 Gebruiker gedefinieerd

9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 5

- Variabele belasting, gunstig	0.000
Materiaalfactoren	
- Cohesie	1.150
- Tangens phi	1.150
- Delta (wandwrijvingshoek)*	1.150
- Lage karakteristieke beddingsconstanten	1.300
Aanpassing geometrie	
- Toename kerende hoogte	10.00 %
- Maximum toename kerende hoogte	0.50 m
- Verlaging grondwaterniveau, passieve zijde**	0.20 m
- Verhoging grondwaterniveau, passieve zijde**	0.20 m
- Verhoging grondwaterniveau, actieve zijde	0.05 m
Factoren op representatieve waarden	
- Partiële factor op M, D en Pmax	1.200
Factoren op totale stabiliteit	
- Cohesie	1.300
- Tangens phi	1.200
- Factor op volumegewicht grond	1.000

* Voor delta (wandwrijvingshoek) wordt de invoerwaarde van tangens phi gebruikt.

** Deze aanpassing van het grondwaterniveau is niet van toepassing als de damwand volledig onder water staat.

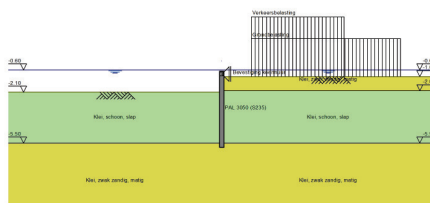
9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 6

4 Overzicht Fase 1: Eindsituatie

Overzicht - Fase 1: Eindsituatie



9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

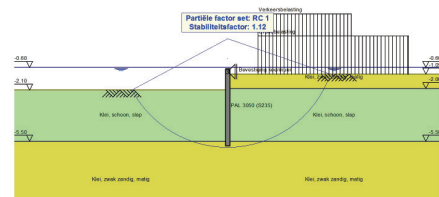
Pagina 7

5 Totale Stabiliteit Fase 1: Eindsituatie

Stabiliteitsfactor : 1.12

5.1 Totale Stabiliteit

Totale Stabiliteit - Fase 1: Eindsituatie



9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 8

6 Stap 6.3 Fase 1: Eindsituatie

6.1 Algemene Invoergegevens

Passieve kant bepalingmethode Door gebruiker gedefinieerd
Passieve kant Linkerkant

6.1.1 Starre Steunpunten

Naam	Niveau [m]	Verhinderd van rotatie	Verhinderd van translatie
Bevestiging kee...	-0.88	Nee	Ja

6.2 Invoergegevens Links

6.2.1 Berekeningsmethode

Rekenmethode: C, phi, delta

6.2.2 Waterniveau

Freatisch niveau: -0.60 [m]

6.2.3 Maasveld

X [m]	Y [m]
0.00	-2.24

6.2.4 Eigenschappen van de Grondmaterialen in Profiel: Opbouw Herengracht

Laag naam	Niveau [m]	Volumegewicht	
		Onverz. [kN/m³]	Verz. [kN/m³]
Bestrating + zand	0.05	19.00	21.00
Klei, zwak zandi...	-0.45	18.00	18.00
Klei, schoon, slap	-2.00	14.00	14.00
Klei, zwak zandi...	-5.50	18.00	18.00
Zand, schoon, ...	-10.50	18.00	20.00

Laag naam	Niveau [m]	Cohesie [kN/m²]	Wrijvingshoek phi [°]	Delta wrijvingshoek*	
				Niet gereduc. [°]	Gereduc. [°]
Bestrating + zand	0.05	0.00	26.66	17.77	17.77
Klei, zwak zandi...	-0.45	3.48	19.81	13.21	13.21
Klei, schoon, slap	-2.00	1.74	15.33	10.25	10.25
Klei, zwak zandi...	-5.50	3.48	19.81	13.21	13.21
Zand, schoon, ...	-10.50	0.00	28.99	19.35	19.35

* De 'niet gereduceerde' Delta-hoek wordt gebruikt voor de berekening van de actieve gronddrukcoëfficiënt van Culmann terwijl de 'gereduceerde' Delta-hoek wordt gebruikt voor de passieve gronddrukcoëfficiënt.

Laag naam	Niveau [m]	Schelpfactor [-]	OCR [-]	Korreltype
Bestrating + zand	0.05	1.00	1.00	Fijn
Klei, zwak zandi...	-0.45	1.00	1.00	Fijn
Klei, schoon, slap	-2.00	1.00	1.00	Fijn
Klei, zwak zandi...	-5.50	1.00	1.00	Fijn
Zand, schoon, ...	-10.50	1.00	1.00	Fijn

9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 9

Laag naam	Niveau [m]	Gronddrukcoëfficiënten			Wateroverspanning	
		Actief [-]	Neutraal [-]	Passief [-]	Boven [kN/m²]	Onder [kN/m²]
Bestrating + zand	0.05	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.00	0.00
Klei, zwak zandi...	-0.45	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.00	0.00
Klei, schoon, slap	-2.00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.00	0.00
Klei, zwak zandi...	-5.50	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.00	0.00
Zand, schoon, ...	-10.50	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.00	0.00

6.2.5 Beddingsconstanten (Secant)

Laag naam	Niveau [m]	Tak 1		Tak 2	
		Boven [kN/m²]	Onder [kN/m²]	Boven [kN/m²]	Onder [kN/m²]
Bestrating + zand	0.05	1538.46	1538.46	615.38	615.38
Klei, zwak zandi...	-0.45	5538.46	5538.46	2769.23	2769.23
Klei, schoon, slap	-2.00	1538.46	1538.46	615.38	615.38
Klei, zwak zandi...	-5.50	5538.46	5538.46	2769.23	2769.23
Zand, schoon, ...	-10.50	15384.62	15384.62	7692.31	7692.31

Laag naam	Niveau [m]	Tak 3	
		Boven [kN/m²]	Onder [kN/m²]
Bestrating + zand	0.05	384.62	384.62
Klei, zwak zandi...	-0.45	1261.54	1261.54
Klei, schoon, slap	-2.00	384.62	384.62
Klei, zwak zandi...	-5.50	1261.54	1261.54
Zand, schoon, ...	-10.50	3846.15	3846.15

6.3 Invoergegevens Rechts

6.3.1 Waterniveau

Freatisch niveau: -0.60 [m]

6.3.2 Maasveld

X [m]	Y [m]
0.00	-1.05

6.3.3 Bovenbelastingen

Naam	Afstand [m]	Karakteristieke belasting [kN/m²]	Gunstig / Ongunstig	Blijvend / Variabel
Verkeersbelasting	2.00	25.20	Ongunstig (Automatisch)	Variabel
	8.20	25.20		
Grondbelasting	2.00	16.00	Ongunstig (Automatisch)	Blijvend
	12.00	16.00		

6.4 Berekeningsresultaten

Aantal iteraties: 6

9/19/2022

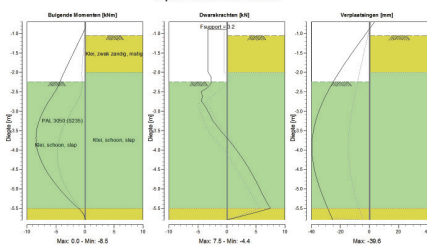
Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 10

6.4.1 Grafieken van Momenten, Krachten en Verplaatsingen

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 1: Eindsituatie

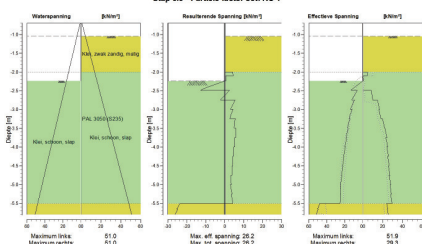
Stap 6.3 - Partiele factor set: RC 1



6.4.2 Grafieken van Spanningen

Spanningstoestanden - Fase 1: Eindsituatie

Stap 6.3 - Partiele factor set: RC 1



9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 11

6.4.3 Percentage Gemobiliseerde Weerstand

Horizontale gronddruk	Links [kN]	Rechts [kN]
Effectief	72.9	76.1
Water	132.6	132.6
Totaal	205.5	208.7

Maximale effectieve weerstand aan linkerzijde 83.59 kN
Gemobiliseerde effectieve weerstand aan linkerzijde 72.90 kN
Percentage gemobiliseerde weerstand aan linkerzijde 87.2 %
Positie enkelvoudige ondersteuning -0.88 m
Maximale moment aan linkerzijde 305.99 kNm
Gemobiliseerd moment aan linkerzijde 262.20 kNm
Percentage gemobiliseerd moment aan linkerzijde 85.7 %

Maximale effectieve weerstand aan rechterzijde 419.61 kN
Gemobiliseerde effectieve weerstand aan rechterzijde 76.13 kN
Percentage gemobiliseerde weerstand aan rechterzijde 18.1 %
Positie enkelvoudige ondersteuning -0.88 m
Maximale moment aan rechterzijde 1245.59 kNm
Gemobiliseerd moment aan rechterzijde 262.20 kNm
Percentage gemobiliseerd moment aan rechterzijde 21.1 %

6.4.4 Stijve en Verende Steunpunten

Knoop nummer	Niveau [m]	Kracht [kN]	Moment [kNm]
2	-0.88	3.23	0.00

9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 12

7 Stap 6.5 Fase 1: Eindsituatie

7.1 Algemene Invoergegevens

Passieve kant bepalingsmethode Door gebruiker gedefinieerd
Passieve kant Linkerkant (niet relevant)

7.1.1 Starre Steunpunten

Naam	Niveau [m]	Verhinderd van rotatie	Verhinderd van translatie
Bevestiging kee...	-0.88	Nee	Ja

7.2 Invoergegevens Links

7.2.1 Waterniveau

Freatisch niveau: -0.60 [m]

7.2.2 Maaveld

X [m]	Y [m]
0.00	-2.10

7.2.3 Eigenschappen van de Grondmaterialen in Profiel: Opbouw Herengracht

Laag naam	Niveau [m]	Volumegewicht	
		Onverz. [kN/m³]	Verz. [kN/m³]
Bestrating + zand	0.05	19.00	21.00
Klei, zwak zandl...	-0.45	18.00	18.00
Klei, schoon, slap	-2.00	14.00	14.00
Klei, zwak zandl...	-5.50	18.00	18.00
Zand, schoon, ...	-10.50	18.00	20.00

Laag naam	Niveau [m]	Cohesie [kN/m²]	Wrijvingshoek phi [°]	Delta wrijvingshoek*	
				Niet gereduc. [°]	Gereduc. [°]
Bestrating + zand	0.05	0.00	30.00	20.00	20.00
Klei, zwak zandl...	-0.45	4.00	22.50	15.00	15.00
Klei, schoon, slap	-2.00	2.00	17.50	11.70	11.70
Klei, zwak zandl...	-5.50	4.00	22.50	15.00	15.00
Zand, schoon, ...	-10.50	0.00	32.50	21.70	16.60

* De 'niet gereduceerde' Delta-hoek wordt gebruikt voor de berekening van de actieve grondrukcoëfficiënt van Culmann terwijl de 'gereduceerde' Delta-hoek wordt gebruikt voor de passieve grondrukcoëfficiënt.

Laag naam	Niveau [m]	Schelpfactor [-]	OCR [-]	Korreltype
Bestrating + zand	0.05	1.00	1.00	Fijn
Klei, zwak zandl...	-0.45	1.00	1.00	Fijn
Klei, schoon, slap	-2.00	1.00	1.00	Fijn
Klei, zwak zandl...	-5.50	1.00	1.00	Fijn
Zand, schoon, ...	-10.50	1.00	1.00	Fijn

Laag naam	Niveau [m]	Grondrukcoëfficiënten			Wateroverspanning	
		Actief [-]	Neutraal [-]	Passief [-]	Boven [kN/m²]	Onder [kN/m²]
Bestrating + zand	0.05	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.00	0.00
Klei, zwak zandl...	-0.45	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.00	0.00
Klei, schoon, slap	-2.00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.00	0.00
Klei, zwak zandl...	-5.50	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.00	0.00

9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 13

Laag naam	Niveau [m]	Grondrukcoëfficiënten			Wateroverspanning	
		Actief [-]	Neutraal [-]	Passief [-]	Boven [kN/m²]	Onder [kN/m²]
Zand, schoon, ...	-10.50	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0.00	0.00

7.2.4 Beddingsconstanten (Secant)

Laag naam	Niveau [m]	Tak 1		Tak 2	
		Boven [kN/m³]	Onder [kN/m³]	Boven [kN/m³]	Onder [kN/m³]
Bestrating + zand	0.05	2000.00	2000.00	800.00	800.00
Klei, zwak zandl...	-0.45	7200.00	7200.00	3600.00	3600.00
Klei, schoon, slap	-2.00	2000.00	2000.00	800.00	800.00
Klei, zwak zandl...	-5.50	7200.00	7200.00	3600.00	3600.00
Zand, schoon, ...	-10.50	20000.00	20000.00	10000.00	10000.00

Laag naam	Niveau [m]	Tak 3	
		Boven [kN/m³]	Onder [kN/m³]
Bestrating + zand	0.05	500.00	500.00
Klei, zwak zandl...	-0.45	1640.00	1640.00
Klei, schoon, slap	-2.00	500.00	500.00
Klei, zwak zandl...	-5.50	1640.00	1640.00
Zand, schoon, ...	-10.50	5000.00	5000.00

7.3 Invoergegevens Rechts

7.3.1 Waterniveau

Freatisch niveau: -0.60 [m]

7.3.2 Maaveld

X [m]	Y [m]
0.00	-1.05

7.3.3 Bovenbelastingen

Naam	Afstand [m]	Karakteristieke belasting [kN/m²]	Gunstig / Ongunstig	Blijvend / Variabel
Verkeersbelasting	2.00	25.20	Ongunstig (Automatisch)	Variabel
	8.20	25.20		
Grondbelasting	2.00	16.00	Ongunstig (Automatisch)	Blijvend
	12.00	16.00		

7.4 Berekeningsresultaten

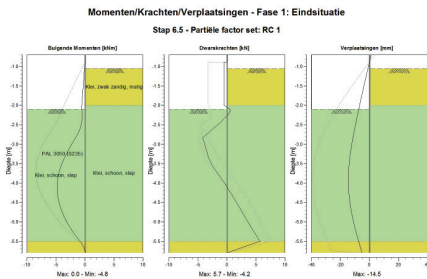
Aantal iteraties: 4

9/19/2022

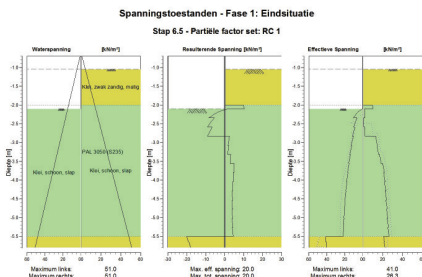
Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 14

7.4.1 Grafieken van Momenten, Krachten en Verplaatsingen



7.4.2 Grafieken van Spanningen



9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 15

7.4.3 Percentage Gemobiliseerde Weerstand

Horizontale grondruk	Links [kN]	Rechts [kN]
Effectief	65.1	65.6
Water	132.6	132.6
Totaal	197.7	198.2

Maximale effectieve weerstand aan linkerzijde 104.81 kN
Gemobiliseerde effectieve weerstand aan linkerzijde 65.10 kN
Percentage gemobiliseerde weerstand aan linkerzijde 62.1 %
Positie enkelvoudige ondersteuning -0.88 m
Maximale moment aan linkerzijde 378.64 kNm
Gemobiliseerd moment aan linkerzijde 228.56 kNm
Percentage gemobiliseerd moment aan linkerzijde 60.4 %

Maximale effectieve weerstand aan rechterzijde 477.30 kN
Gemobiliseerde effectieve weerstand aan rechterzijde 65.60 kN
Percentage gemobiliseerde weerstand aan rechterzijde 13.7 %
Positie enkelvoudige ondersteuning -0.88 m
Maximale moment aan rechterzijde 1340.63 kNm
Gemobiliseerd moment aan rechterzijde 228.57 kNm
Percentage gemobiliseerd moment aan rechterzijde 17.0 %

7.4.4 Stijve en Verende Steunpunten

Knoop nummer	Niveau [m]	Kracht [kN]	Moment [kNm]
2	-0.88	0.50	0.00

Einde Rapport

9/19/2022

Damwand kademuren Leiden (voor) (2022-09-19) - rev. 3 (EC)

Pagina 16

BIJLAGE B

Berekening verankering (software leverancier)

In deze bijlage 3 uitgewerkte opties:

- 1) betonschroef;
- 2) spreidanker;
- 3) in te lijmen draadeind;

Project: LVO kademuren Leiden
Toepassing: Bepijning damwand aan bestaande kade

OC2 B.V.
Postbus 328
8200 AH Lelystad
Nederland

info@oc2-bv.nl

10/8/2022 DesignFIX 3.4.8293.51

Leverancier: B+BTec Export Division
Munterij 8 | 4762 AH Zevenbergen
Telefoon: +31 168 331 260, E-mail: info@bbtectools.com

Product: B+BTec Export Division
B+BTec CS Betonschroef - Materiaal: EV



CS 12 x 110
CS 12 x 130
Andere producten: Zie opmerkingen.

Ontwerpmethode: ETAG 001, Bijlage C, Ontwerpmethode A
Goedkeuring: ETA-17/0001 | 4/3/2017

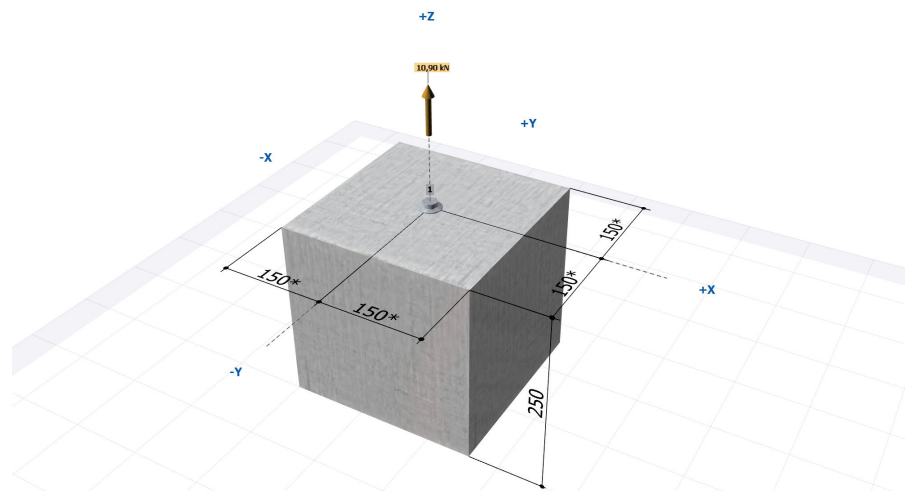


Basismateriaal: Ongescheurd beton C20/25
Geen of normale wapening

Installatie: Doorsteekmontage | Hamerboren | Doorvoergat niet opgevuld.
Verankeringsdiepte: $h_{ef} = 67 \text{ mm}$

Ankerplaat: Geen/enkel anker
Profiel: Niet geselecteerd

Last: Statisch/quasi-statisch
Eenheden: Belasting [kN, kNm] | Afmetingen [mm], * Niet op schaal



OC2 B.V.
Postbus 328
8200 AH Lelystad
Nederland

info@oc2-bv.nl

10/8/2022 DesignFIX 3.4.8293.51

Ankerlasten [kN]:

Anker	N	V	Vx	Vy
1	10.90	0.00	0.00	0.00

Beton:
Max. compressie - [%]
Max. betondrukspanning -
Resulterende trekkracht 10.90 kN
xZ / yZ: 0 / 0 mm
Resulterende drukkracht -
xD / yD: - / -

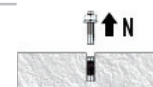
↑ N Trekkracht

Staalbreuk

$$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$$

$$10.90 \leq 67.00 / 1.50 = 44.67 \text{ kN}$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{N,s} = 24.4\%$$



Betonkegelbreuk

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot (A_{c,N} / A_{c,N}^0) \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N,x} \cdot \psi_{ec,N,y}$$

$$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$$

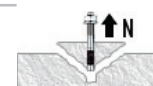
De bevestiging bestaat uit 1 groep.

Anker nr. 1

$$N_{Rk,e} = 27.70 \cdot (40804 / 40804) \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 27.70 \text{ kN}$$

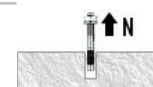
$$10.90 \leq 27.70 / 1.50 = 18.46$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{N,c} = 59.0\%$$



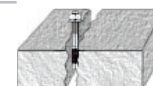
Uittrekken

Volgens de ETA is er geen berekening t.b.v. uittrekken noodzakelijk!



Splijten

Volgens de ETA is er geen berekening t.b.v. splijten noodzakelijk!



Samenvatting van de resultaten

	Bezuikmethode	Benuttingspercentage
Trekkracht	Staalbreuk	24.4%
	Betonbreuk	59.0%
Verbinding is VEILIG!		

Opmerkingen:

De resultaten zijn gebaseerd op de condities welke gedefinieerd zijn door de gebruiker van de software en op de door de gebruiker ingevoerde data. De gebruiker is zelf verantwoordelijk voor de juistheid en volledigheid. Daarnaast bent u ook als enige verantwoordelijk voor het laten controleren en bevestigen van de berekeningen en de uitkomsten daarvan door een deskundige, met name waar het gaat om conformering aan geldende normen en voorschriften, voordat u deze toepassing in praktijk brengt. Dit geldt in het bijzonder met betrekking tot de naleving van de geldende normen en goedkeuringen. DesignFIX is uitsluitend bedoeld als hulpmiddel bij de interpretatie van normen en voorschriften, zonder dat garanties worden verleend ten aanzien van volledige correctheid en relevantie van de resultaten, noch ten aanzien van geschiktheid voor een specifieke toepassing. Alle voorwaarden conform ETA Goedkeuring (ETA-17/0001) moeten in acht worden genomen.

Het wordt aangenomen dat de ankerplaat niet zal vervormen door het aanwezige krachten spel. Het DesignFIX ankerplaatontwerp is gebaseerd op een spanningstest en staat niet garant voor voldoende stijfheid van de ankerplaat. De benodigde stijfheid van de ankerplaat, kan niet door DesignFIX worden berekend.

Om de capaciteit van de structurele onderdelen te garanderen, moeten de voorwaarden, omschreven in sectie 7 van ETAG 001, Bijlage C, worden gevolgd.

Als de randafstand van een anker kleiner is dan de karakteristieke randafstand $c_{cr,N} = 101$ mm, dan moet deze in ieder geval met $\varnothing 6$ langswapening worden versterkt.

Producten:

CS 12 x 110

CS 12 x 130

CS 12 x 150

Project: LVO kademuren Leiden
Toepassing: Bepijning damwand aan bestaande kade

OC2 B.V.
Postbus 328
8200 AH Lelystad
Nederland

info@oc2-bv.nl

10/8/2022 DesignFIX 3.4.8293.52

Leverancier: B+BTec Export Division
Munterij 8 | 4762 AH Zevenbergen
Telefoon: +31 168 331 260, E-mail: info@bbtectools.com

Product: B+BTec Export Division
B+BTec SMD CC - Materiaal: TV
M12 x 110 - Art.nr. 3.612.002

B+BTec

Ontwerpmethode: ETAG 001, Bijlage C, Ontwerpmethode A
Goedkeuring: ETA-12/0397 | 12/17/2015

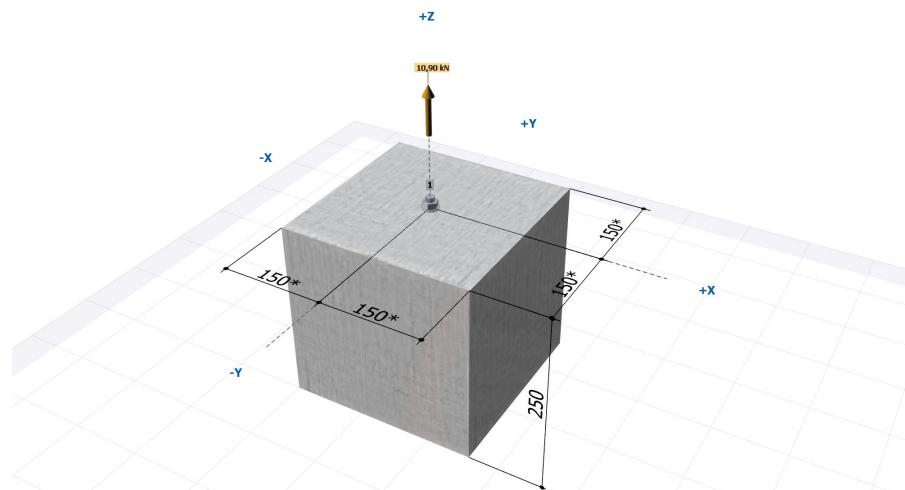


Basismateriaal: Ongescheurd beton C20/25
Geen of normale wapening

Installatie: Doorsteekmontage | Hamerboren | Doorvoergat niet opgevuld.
Verankeringsdiepte: $h_{ef} = 70$ mm

Ankerplaat: Geen/enkel anker
Profiel: Niet geselecteerd

Last: Statisch/quasi-statisch
Eenheden: Belasting [kN, kNm] | Afmetingen [mm], * Niet op schaal



OC2 B.V.
Postbus 328
8200 AH Lelystad
Nederland

info@oc2-bv.nl

10/8/2022 DesignFIX 3.4.8293.52

Ankerlasten [kN]:

Anker	N	V	Vx	Vy
1	10.90	0.00	0.00	0.00

Beton:
Max. compressie - [%]
Max. betondrukspanning -
Resulterende trekkracht 10.90 kN
xZ / yZ: 0 / 0 mm
Resulterende drukkracht -
xD / yD: - / -

↑ N Trekkkracht

Staalbreuk

$$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$$

$$10.90 \leq 40.40 / 1.50 = 26.93 \text{ kN}$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{N,s} = 40.5\%$$

Betonkegelbreuk

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot (A_{c,N} / A_{c,N}^0) \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N,x} \cdot \psi_{ec,N,y}$$

$$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$$

De bevestiging bestaat uit 1 groep.

Ankernr. 1

$$N_{Rk,e} = 29.58 \cdot (44100 / 44100) \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 29.58 \text{ kN}$$

$$10.90 \leq 29.58 / 1.50 = 19.72$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{N,c} = 55.3\%$$

Uittrekken

$$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$$

$$10.90 \leq 30.00 / 1.50 = 20.00 \text{ kN}$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{N,p} = 54.5\%$$

Splijten

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,c}^0 \cdot (A_{c,N} / A_{c,N}^0) \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N,x} \cdot \psi_{ec,N,y} \cdot \psi_{h,sp}$$

$$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$$

De bevestiging bestaat uit 1 groep.

Ankernr. 1

$$N_{Rk,sp} = 23.47 \cdot (90000 / 90000) \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.472 = 34.55 \text{ kN}$$

$$10.90 \leq 34.55 / 1.50 = 23.03$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{N,sp} = 47.3\%$$

Samenvatting van de resultaten

	Bezwijkmethode	Benuttingspercentage
Trekkracht	Staalbreuk	40.5%
	Betonbreuk	55.3%
	Uittrekken	54.5%
	Splijten	47.3%

Verbinding is VEILIG!

Opmerkingen:

De resultaten zijn gebaseerd op de condities welke gedefinieerd zijn door de gebruiker van de software en op de door de gebruiker ingevoerde data. De gebruiker is zelf verantwoordelijk voor de juistheid en volledigheid. Daarnaast bent u ook als enige verantwoordelijk voor het laten controleren en bevestigen van de berekeningen en de uitkomsten daarvan door een deskundige, met name waar het gaat om conformering aan geldende normen en voorschriften, voordat u deze toepassing in praktijk brengt. Dit geldt in het bijzonder met betrekking tot de naleving van de geldende normen en goedkeuringen. DesignFIX is uitsluitend bedoeld als hulpmiddel bij de interpretatie van normen en voorschriften, zonder dat garanties worden verleend ten aanzien van volledige correctheid en relevantie van de resultaten, noch ten aanzien van geschiktheid voor een specifieke toepassing. Alle voorwaarden conform ETA Goedkeuring (ETA-12/0397) moeten in acht worden genomen.

Het wordt aangenomen dat de ankerplaat niet zal vervormen door het aanwezige krachterspel. Het DesignFIX ankerplaatontwerp is gebaseerd op een spanningstest en staat niet garant voor voldoende stijfheid van de ankerplaat. De benodigde stijfheid van de ankerplaat, kan niet door DesignFIX worden berekend.

Om de capaciteit van de structurele onderdelen te garanderen, moeten de voorwaarden, omschreven in sectie 7 van ETAG 001, Bijlage C, worden gevolgd.
Als de randafstand van een anker kleiner is dan de karakteristieke randafstand $c_{cr,N} = 105\text{ mm}$, dan moet deze in ieder geval met $\varnothing 6$ langswaopening worden versterkt.

Project: LVO kademuren Leiden
Toepassing: Bevestiging damwand aan bestaande kade

OC2 B.V.
Postbus 328
8200 AH Lelystad
Nederland

info@oc2-bv.nl

10/8/2022 DesignFIX 3.4.8293.53

Leverancier: **B+BTec Export Division**
Munterij 8 | 4762 AH Zevenbergen
Telefoon: +31 168 331 260, E-mail: info@bbtectools.com

Product: **B+BTec Export Division**
Injectie systeem BIS-HY GEN2 - Materiaal: 8.8 EV
M12



Ontwerpmethode: ETAG 001, TR 029
Goedkeuring: ETA-19/0131 | 3/13/2019

Basismateriaal: Ongescheurd beton C20/25
Geen of normale wapening
Temperatuur: Korte termijn = 40°C | Lange termijn = 24°C

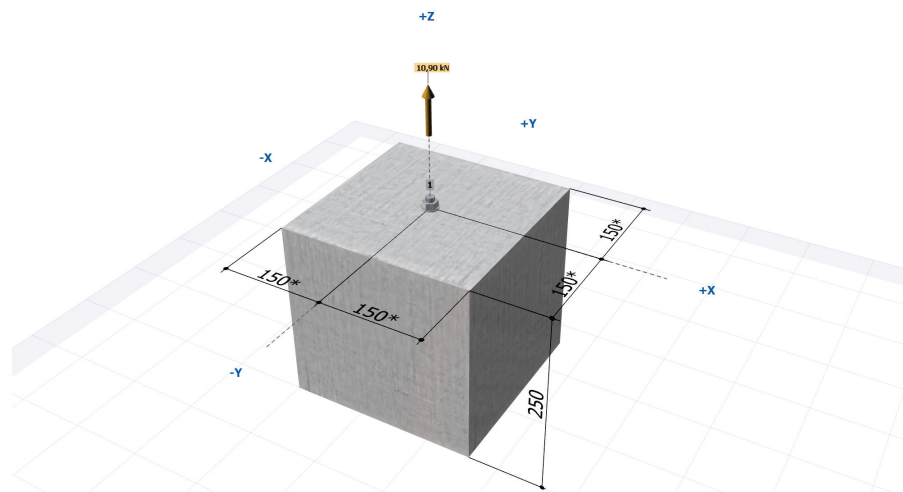
Installatie: Doorsteekmontage | Hamerboren | Reiniging met perslucht (min. 6 bar | CAC) |
Doorvoergat niet opgevuld. | Waterverzadigd

Verankeringsdiepte: hef = 70 mm

Ankerplaat: Geen/enkel anker
Profiel: Niet geselecteerd

Last: Statisch/quasi-statisch

Eenheden: Belasting [kN, kNm] | Afmetingen [mm], * Niet op schaal



OC2 B.V.
Postbus 328
8200 AH Lelystad
Nederland

info@oc2-bv.nl

10/8/2022 DesignFIX 3.4.8293.53

Ankerlasten [kN]:

Anker	N	V	Vx	Vy
1	10.90	0.00	0.00	0.00

Beton:
Max. compressie - [%]
Max. betondrukspanning -
Resulterende trekkracht 10.90 kN
xZ / yZ: 0 / 0 mm
Resulterende drukkracht -
xD / yD: - / -

↑ N Trekkracht

Staalbreuk

$$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$$

$$10.90 \leq 67.00 / 1.50 = 44.67 \text{ kN}$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{N,s} = 24.4\%$$

Betonkegelbreuk

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot (A_{c,N} / A_{c,N}^0) \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N,x} \cdot \psi_{ec,N,y}$$

$$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$$

De bevestiging bestaat uit 1 groep.

Ankernr. 1

$$N_{Rk,e} = 29.58 \cdot (44100 / 44100) \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 29.58 \text{ kN}$$

$$10.90 \leq 29.58 / 2.10 = 14.08$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{N,c} = 77.4\%$$

Gecombineerd bezwijken door uittrekken en betonkegelbreuk

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot (A_{p,N} / A_{p,N}^0) \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{ec,Np,x} \cdot \psi_{ec,Np,y} \cdot \psi_{re,Np}$$

$$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$$

De bevestiging bestaat uit 1 groep.

Ankernr. 1

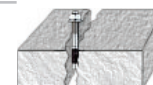
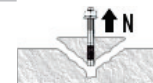
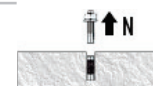
$$N_{Rk,p} = 42.22 \cdot (44100 / 44100) \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 42.22 \text{ kN}$$

$$10.90 \leq 42.22 / 2.10 = 20.11$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{N,p} = 54.2\%$$

Splijten

Volgens de ETA is er geen berekening t.b.v. splijten noodzakelijk!



Samenvatting van de resultaten

	Bezuigsmethode	Benuttingspercentage
Trekkracht	Staalbreuk	24.4%
	Betonbreuk	77.4%
	Gecombineerd bezuigen door uittrekken en betonkegelbreuk	54.2%

Verbinding is VEILIG!

Opmerkingen:

De resultaten zijn gebaseerd op de condities welke gedefinieerd zijn door de gebruiker van de software en op de door de gebruiker ingevoerde data. De gebruiker is zelf verantwoordelijk voor de juistheid en volledigheid. Daarnaast bent u ook als enige verantwoordelijk voor het laten controleren en bevestigen van de berekeningen en de uitkomsten daarvan door een deskundige, met name waar het gaat om conformering aan geldende normen en voorschriften, voordat u deze toepassing in praktijk brengt. Dit geldt in het bijzonder met betrekking tot de naleving van de geldende normen en goedkeuringen. DesignFIX is uitsluitend bedoeld als hulpmiddel bij de interpretatie van normen en voorschriften, zonder dat garanties worden verleend ten aanzien van volledige correctheid en relevantie van de resultaten, noch ten aanzien van geschiktheid voor een specifieke toepassing. Alle voorwaarden conform ETA Goedkeuring (ETA-19/0131) moeten in acht worden genomen.

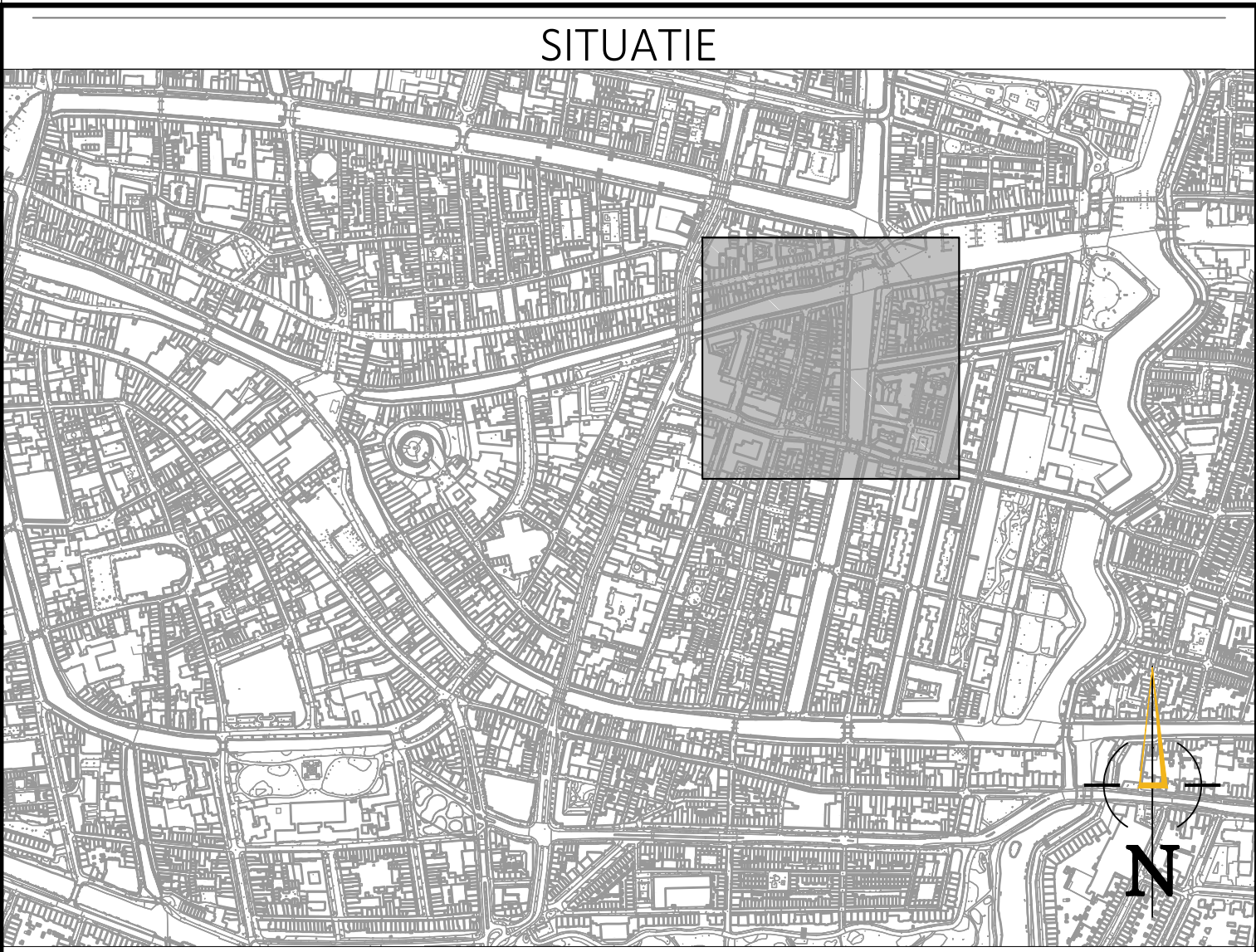
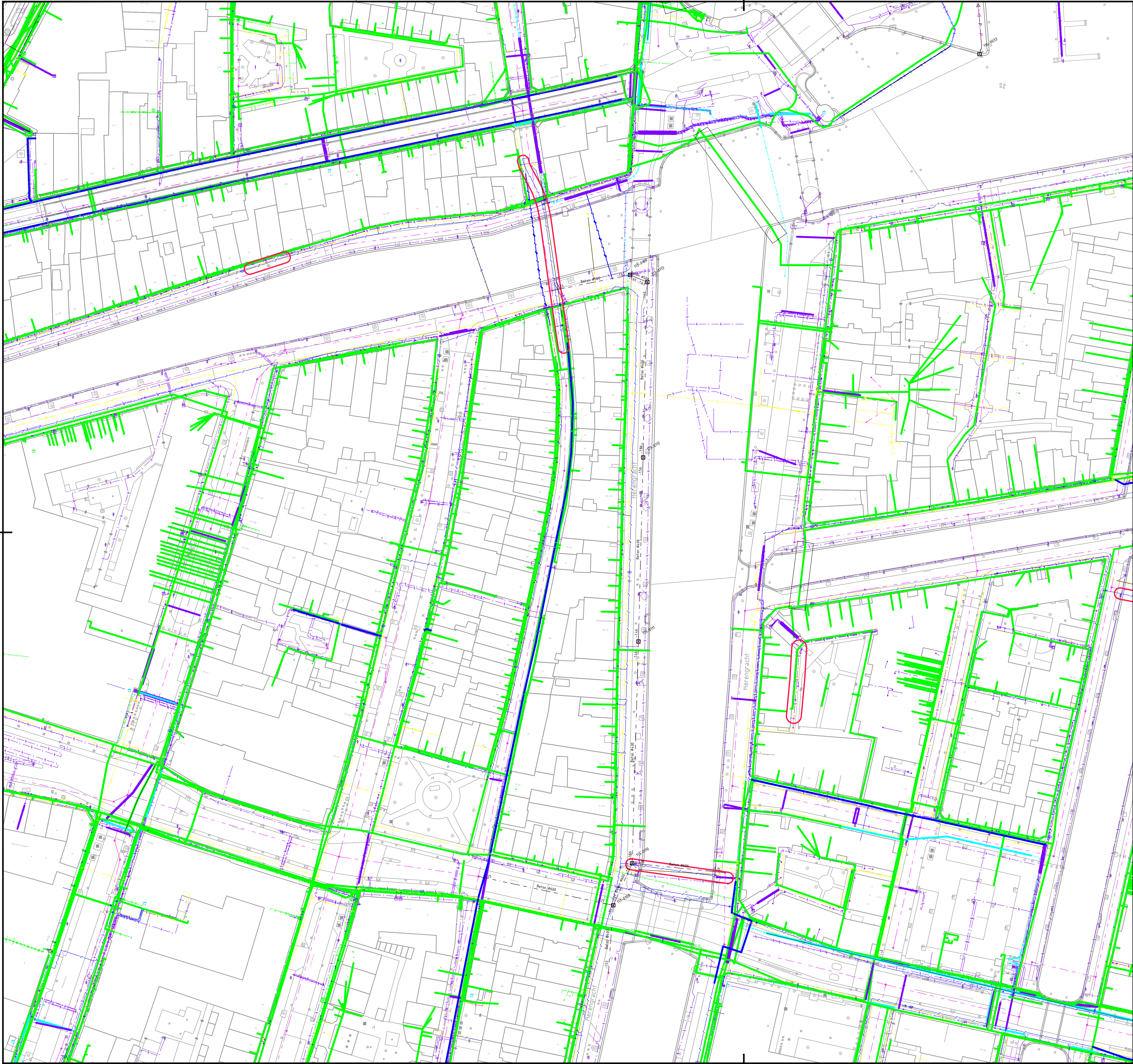
Het wordt aangenomen dat de ankerplaat niet zal vervormen door het aanwezige krachten spel. Het DesignFIX ankerplaatontwerp is gebaseerd op een spanningstest en staat niet garant voor voldoende stijfheid van de ankerplaat. De benodigde stijfheid van de ankerplaat, kan niet door DesignFIX worden berekend.

Om de capaciteit van de structurele onderdelen te garanderen, moeten de voorwaarden, omschreven in sectie 7 van ETAG 001, Bijlage C, worden gevolgd.

Als de randafstand van een anker kleiner is dan de karakteristieke randafstand $c_{cr,N} = 105 \text{ mm}$, dan moet deze in ieder geval met $\varnothing 6$ langwapening worden versterkt.

BIJLAGE C

Tekening K&L (informatief, situatie juni 2022)



VERKLARING	
	WATER
	DATA
	RIDOL PERKLEIDING
	RIDOL TRANSPORTLEIDING
	RIDOL OVERLEG
	GAS (LD)
	GAS (HD)
	ELEKTRICITEIT (HS)
	ELEKTRICITEIT (MS)
	ELEKTRICITEIT (LS)
	ELEKTRICITEIT OV KABEL
	RIDLERING VRIJVERVAL
	RIDOLPUT

OPMERKINGEN

- Maten in meters, tenzij anders vermeld

- Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P., tenzij anders vermeld

- Afmetingen en diameters in millimeters, tenzij anders vermeld

010203040m

Versie	Datum	Tekeningstatus	Getekend	Geautoriseerd
1	01-06-2022	Concept	MdG	PV

Project

Kademuren Leiden

Opdrachtgever

Gemeente Leiden

Onderdeel

Kabels en Leidingen - Herengracht

Bestaande situatie

Besteknummer	Tekeningnummer	Versie
nvt.	22049001-KL_St-V1-C01	1
Blad van bladen	Formaat	Schaal
1 van 1	A1	1:500
Getekend door	Gecontroleerd door	Geautoriseerd door
M. de Graaf	P. Verboom	P. Verboom

OmniFormGroup

Kelvinring 23
2952 BG Alblasserdam
Postbus 31
2950 AA Alblasserdam
t +31 (0)85 - 044 6000
e info@omniformgroup.com

BIJLAGE 2

Memo P220103-02-M (onderzoek uitvulling)

LVO Kademuren Leiden:

ontwerpberekening grondkerende schermen

Locatie: Algemeen

Onderdeel: Uitvulling onder kademuren

Opdrachtgever:



Leiden

Gemeente Leiden

Stadhuisplein 1

2311 EJ LEIDEN

<http://www.leiden.nl>

Opsteller:



OC2 B.V.

Advies en ontwerp Civiele Constructies

Postbus 328

8200 AH LELYSTAD

info@oc2-bv.nl

www.oc2-bv.nl

In samenwerking met:



OmniformGroup | ESG

OmniformGroup

Ingenieursdiensten

Kelvinring 23

2952 BG ALBLASSERDAM

info@omniformgroup.nl

www.omniformgroup.com



adviesbureau voor
bruggen & sluizen

TAS

Adviesbureau voor bruggen & sluizen

Peulenstraat-zuid 85

3371 AL HARDINXVELD-GIESSENDAM

info@tas-bv.nl

www.tas-bv.nl



Nebest

Marconiweg 2

4131 PD VIANEN

info@nebest.nl

www.nebest.nl



wagemaker

Wagemaker

Burgemeester Burgerslaan 44/30

5245 NH ROSMALEN

info@wagemaker.nl

www.wagemaker.nl

Verantwoording

Titel : LVO Kademuren Leiden: ontwerpberekening grondkerende schermen
Locatie: Algemeen
Onderdeel: Uitvulling onder kademuren

Projectnummer : P220103

Documentnummer : P220103-02-M

Revisie : 1

Omschrijving revisie : Opmerkingen gemeente verwerkt

Datum : 19-09-2022

Auteur : J. Hendrikse (BSEng)

Paraaf auteur : 

Vrijgave opdrachtgever : S. van Dam

Paraaf vrijgave :



OC2 B.V.

Advies en ontwerp Civiele Constructies

Postbus 328

8200 AH LELYSTAD

info@oc2-bv.nl

www.oc2-bv.nl

Inhoudsopgave

1	<i>Inleiding</i>	4
2	<i>Huidige en toekomstige situatie</i>	5
3	<i>Onderzoek oplossingen</i>	6
4	<i>Afwegingen</i>	8
5	<i>Slotsom</i>	9

1 Inleiding

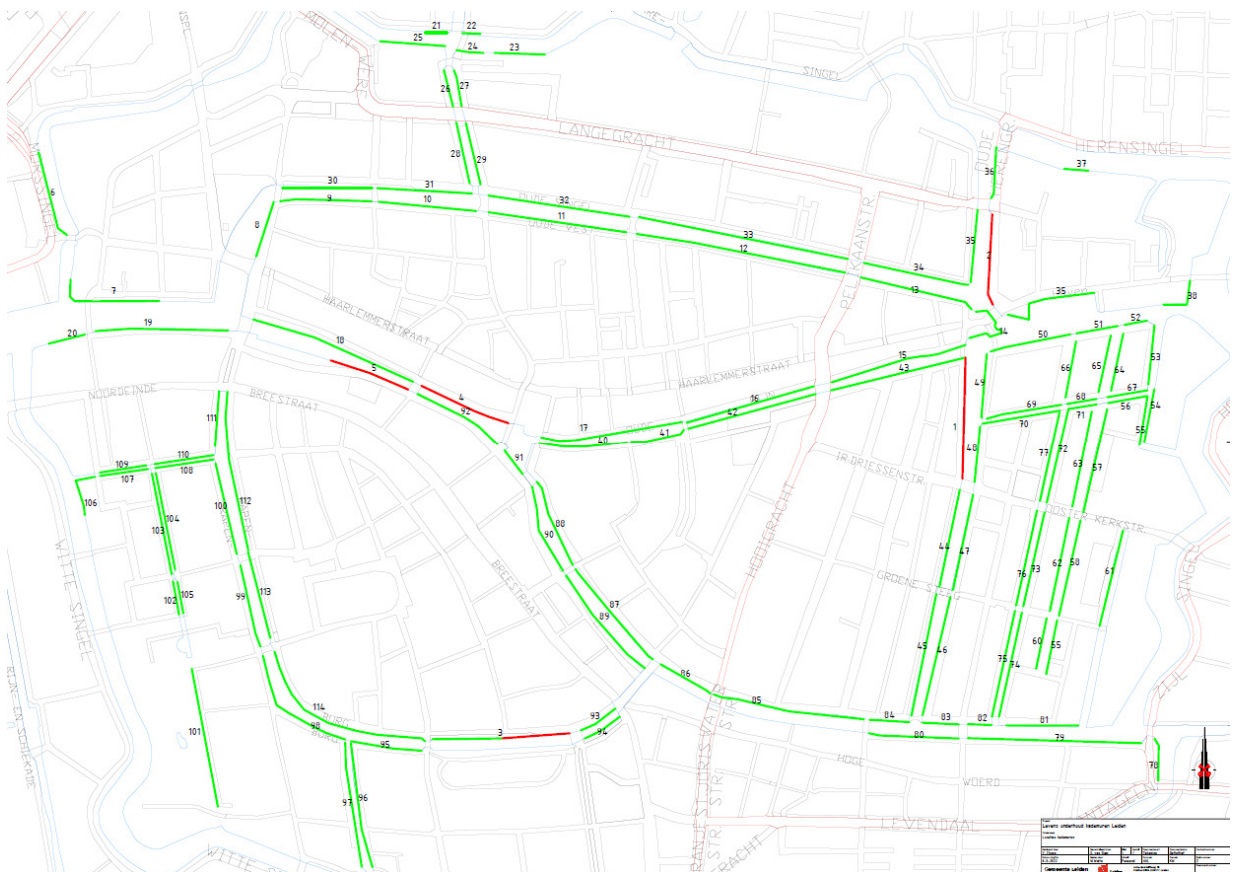
De gemeente Leiden is voornemens zogenaamd levensduurverlengend onderhoud (LVO) te plegen aan de kademuren in de binnenstad.

De gemeente heeft ca. 20 kilometer kade in beheer en onderhoud. De meeste kaden dateren uit de jaren 80 en 90 van de vorige eeuw, zij zijn derhalve ca. 30 tot 40 jaar oud. De kaden bestaan voornamelijk uit betonnen L-wanden, gefundeerd op houten of betonnen palen. Aan de achterzijde zijn (zacht)houten damplanken aangebracht om uitspoeling te voorkomen. Echter, de planken zijn aangetast waardoor (lokaal) gaten ontstaan. Dit heeft tot gevolg dat het maaiveld (lokaal) gaat zakken omdat grond uitspoelt richting watergang. In principe kan worden vastgesteld dat de planken het einde van haar (theoretische) levensduur hebben bereikt. Dit geldt voor ca. 13 kilometer.

In onderhavige memo is onderzoek gedaan naar toepassingen om de holle ruimte onder de kademuren te vullen na aanbrengen damwand (waarbij uitgegaan wordt van het aanbrengen aan de voorzijde).

Er zijn verschillende producten verkrijgbaar op de markt met elk haar voor- en nadelen. In deze memo wordt een uiteenzetting gepresenteerd zodat een keuze kan worden gemaakt.

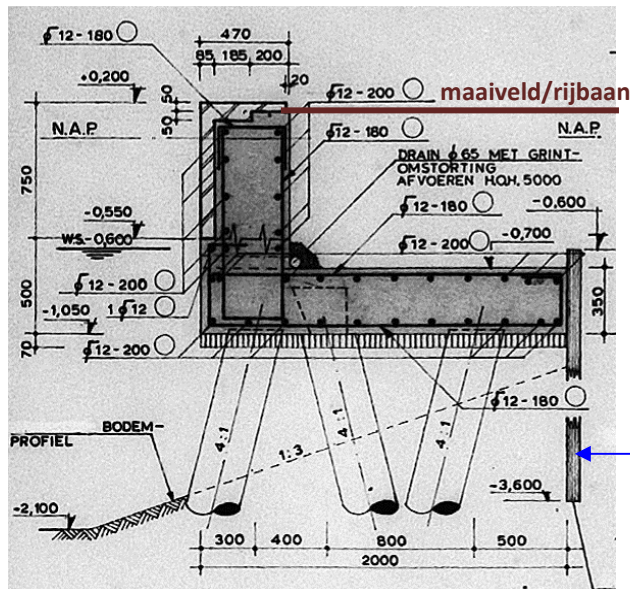
In onderstaand overzicht zijn de onderzoekslocaties aangegeven, de meest urgent geachte kaden zijn **rood**.



Totaaloverzicht kademuren waarbij LVO wordt toegepast (bron: gemeente Leiden)

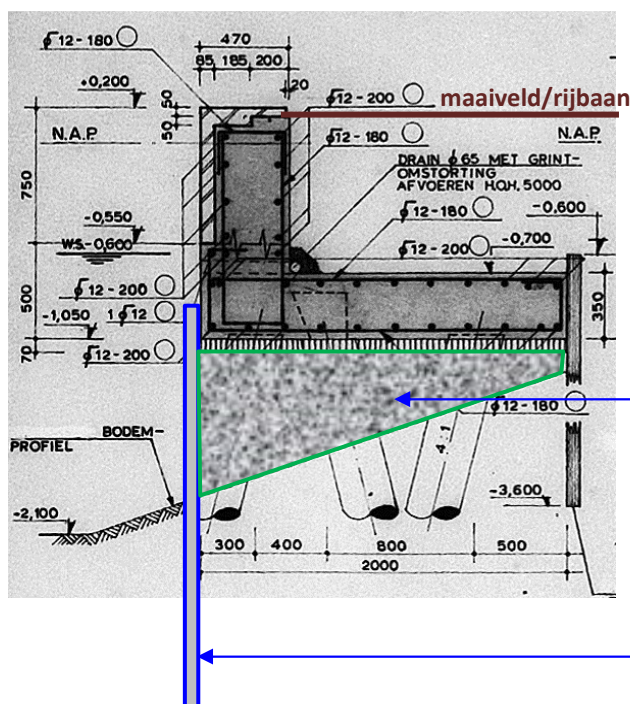
2 Huidige en toekomstige situatie

De huidige kademuren zijn in grote lijnen op dezelfde wijze opgebouwd. Zij bestaan uit een betonnen L-wand gefundeerd op (meestal) houten palen. Op de oorspronkelijke aanlegtekeningen is te zien dat in bijna alle gevallen aan de achterzijde een houten onderloopheidscherm is aangebracht. Vanuit de aansluiting houten damwand - onderzijde L-wand zou een theoretisch profiel aangebracht zijn van veelal 1:3. In onderstaande figuren is de huidige en de toekomstige situatie weergegeven:



uitspoeling

bestaand, houten onderloopheidscherm
einde levensduur → gaten waardoor uitspoeling
ontstaat



uitvullen na aanbrengen stalen damwand

nieuwe, stalen damwand

Uit de inspecties van Nebest is gebleken dat de ruimte onder de kade soms aanzienlijk groter is doordat zij in het geheel verdwenen is (horizontaal bodemverloop) danwel volledig gevuld (dus niet inspecteerbaar).

3 Onderzoek oplossingen

Er zijn diverse producten verkrijgbaar welke geschikt kunnen zijn als uitvulling onder de kademuur om verdere zettingen, als gevolg van het verder degraderen van de bestaande houten damwand, tot een minimum te beperken. Echter, elk product kent zo haar voor- en nadelen. Onderstaand een overzicht van mogelijke producten en haar specificaties en bijbehorende, willekeurige leverancier:

1) Schuimbeton

Leverancier	Faber betonpompen
Contactpersoon	Mevrouw S. (Sandra) Langerak
Contact gehad op	02-09-2022 telefonisch contact gehad en mail verstuurd 06-09-2022 reactie via mail ontvangen
Principe	• verpompen vanaf de weg of vanaf het water; • vanaf het water betekent gaten boren in nieuwe damwand en voorzien van speciale pluggen zodat de specie er alleen in kan; • dit kan onder druk (zodat het water weggeperst wordt), een optie zou zijn het water eerst weg te pompen;
Gewicht	• wanneer onder druk (dus met aanwezigheid van het water) de beton wordt aangebracht, moet het soortelijk gewicht $> 1.000 \text{ kg/m}^3$ zijn i.v.m. opdrijven/ontmengen; • wanneer het water niet aanwezig is, kan worden volstaan met een laag OWB en het resterende deel met een soortelijk gewicht van 450 kg/m^3;
Levensduur	• > 50 jaar;
Milieu-impact	• celbeton is circulair en kan als schoon puin worden afgevoerd;
Kosten	• afhankelijk van opstelplaats machine en uitvoerslang al dan niet over water. Een inschatting heeft men niet willen geven; <i>NB: in de kostenraming van Wagemaker is dit principe aangehouden, een bedrag van ca. $€ 195 \times 63 \text{ m}^3 = € 12.500$ per 100 m^1 kade (optie C) is hiervoor gecalculeerd.</i>

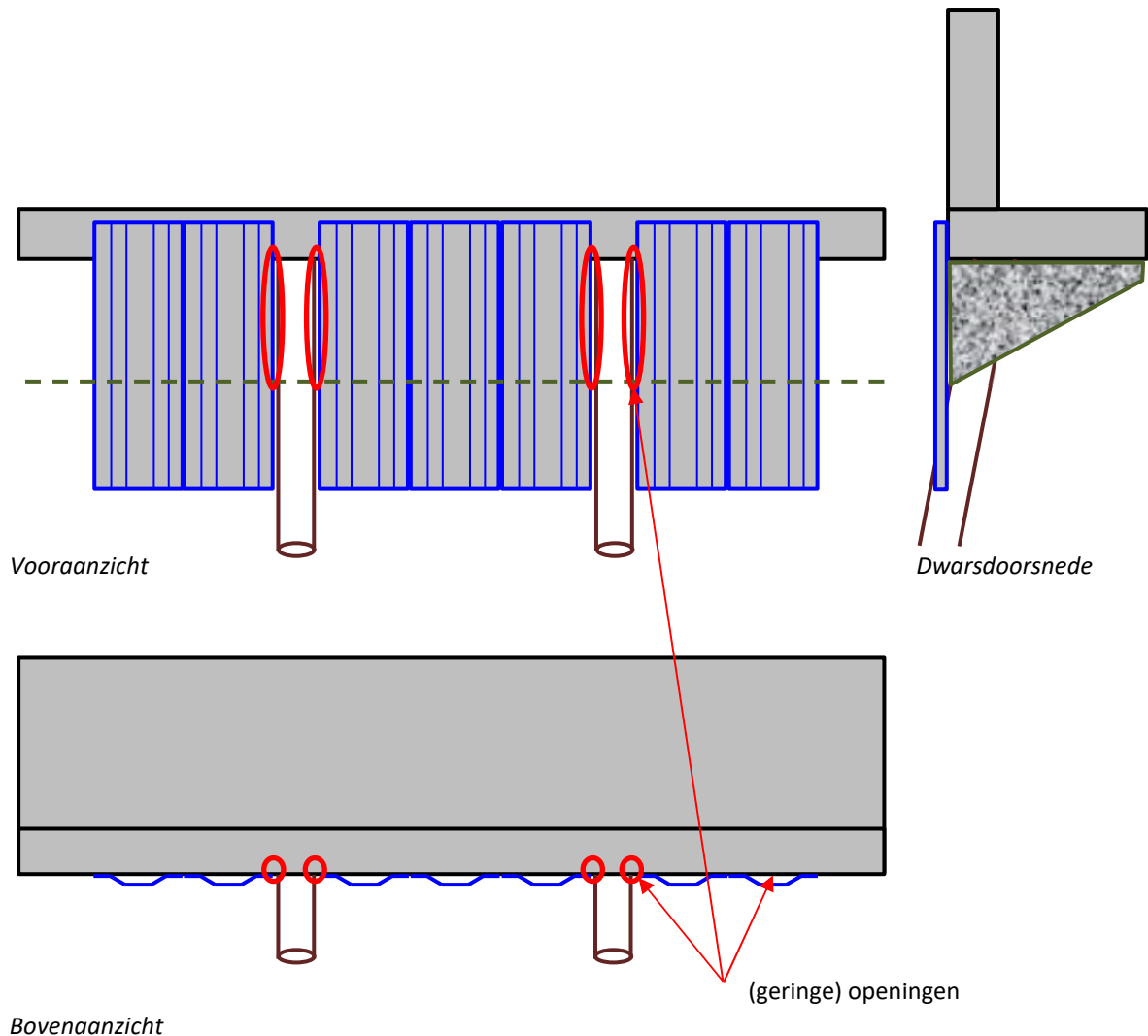
2) Injectiemortel

Leverancier	Injection Nederland B.V.
Contactpersoon	De heer J. Vuurens
Contact gehad op	02-09-2022 telefonisch contact gehad en mail verstuurd 06-09-2022 reactie via mail ontvangen
Principe	• injecteren van de bodem zodanig dat door vulling de bodem aansluit op onderzijde kademuur (vloer); • injectiemiddel bestaat uit een cementgebonden mortel (klei-achtig kalkmergel, ook bekend onder de naam Dämmer). Injecteren vanaf het water; • de te injecteren grondslag dient aan (strengere) eisen te voldoen, dit dient middels geleringsproeven te worden aangetoond (het stevig worden van een vloeistof tot een gelei/lijmstof);
Gewicht	• dit is afhankelijk van de bodemsamenstelling. Dit goedje zal het water verdringen en een soort van lijm vormen met de huidige ondergrond;
Levensduur	• onbekend;
Milieu-impact	• milieuvriendelijk;
Kosten	• er wordt enkel gewerkt o.b.v. regie. ○ kosten ploeg per dag $€ 2.045,-$ (ca. 8 dagen/100 m^1 kade); ○ kosten injectiemortel $€ 365,-$ per ton (inschatting is 40 ton per 100 m^1 kade);

Onderzoek oplossingen (vervolg)

3) Hardschuim

Leverancier	Benefil Nederland B.V.
Contactpersoon	De heer M. (Martin) van Zwolgen
Contact gehad op	02-09-2022 telefonisch contact gehad en mail verstuurd 05-09-2022 reactie via mail ontvangen
Principe	• aanbrengen van hardschuim (RG30) d.m.v. buisleidingen HDPE Ø63, h.o.h. ca. 10 m¹: ○ buizen door bestaande kademuur, vullen vanaf de kade; ○ buizen door nieuwe damwand, vullen vanaf het water; ○ buizen door nieuwe damwand, vullen vanaf de kade; • bij juiste werkwijze is dit waterverdringend;
Gewicht	• ca. 120 kg/m ³
Levensduur	• > 50 jaar;
Milieu-impact	• milieuvriendelijk, kan volledig gecomposteerd worden;
Kosten	• ca. € 8.500,- per 100 m ¹ kade (materiaal + aanbrengen met vrachtwagen);



Voor het aanbrengen van het (waterverdringende) schuim zullen de openinge afgedicht moeten worden. Dit is nog wel een punt van aandacht op welke wijze dit het beste kan worden gedaan.

4 Afwegingen

Er zijn diverse zaken die meewegen bij het maken van een keuze welke toepassing het meest geschikt lijkt voor "onze" kaden. Naast technische haalbaarheid zijn kosten ook niet geheel onbelangrijk. Deze zijn niet allemaal in te schatten waaronder de maatschappelijke impact.

Vanuit technisch oogpunt zijn er de volgende zaken te benoemen:

- a) welke impact heeft het op de bestaande kademuur;
- b) welke impact heeft het op de nieuwe damwand;

De impact op de bestaande muur en nieuwe damwand kan als volgt worden vastgesteld:

1) Schuimbeton

Dit is op zich een geijkte methode voor het uitvullen van holle ruimten, echter zal na uitharden de beton gaan hangen aan de houten palen. Dit geeft dat het paal draagvermogen behoorlijk wordt ingeperkt vanwege dit extra dode gewicht. Gelet op de leeftijd van de constructie, het type paal (veelal hout) en de in de loop der jaren toegenomen (verkeers)belastingen is dit absoluut ongewenst;

De impact op de nieuwe damwand zal in eerste instantie, in de vloeibare fase, leiden tot extra belastingen. De damwand is hierop echter berekend. In de eindfase zal het beton geen horizontale belastingen meer afdragen.

2) Injectiemortel

Ook dit is een geijkte methode voor het uitvullen van holle ruimten. Vanuit diepere lagen zal de grond geïnjecteerd worden zodanig dat alle holle ruimten zijn gevuld. Dit houdt in dat de grond/mengsel zich gedraagt als een soort van grondlaag en daardoor horizontale belastingen afstaat aan de nieuwe damwand. Dit is geen bezwaar, de damwand is hierop berekend. Echter, verticaal geeft dit een behoorlijke toename van gewicht. Immers, in plaats van water bevindt zich nu een grondlaag. Dit gewicht zou tot gevolg kunnen hebben dat dieper gelegen, slappe lagen gaan zetten waardoor er extra negatieve kleeft optreedt. Net als bij optie 1) is dit ongewenst omdat het paal draagvermogen negatief wordt beïnvloed.

Naast voorgaande dient de te injecteren grond te voldoen aan strenge eisen, deze zou feitelijk moeten bestaan uit zand om de werking te garanderen. In Leiden zal dit niet aanwezig, pas op grote diepte.

3) Hardschuim

Afgaande op de (schriftelijke) toelichting van de leverancier lijkt dit ideaal om als vulling te dienen.

Het is waterverdringend en heeft een zeer laag gewicht (ca. 120 kg/m³). Deze extra belasting zal niet direct leiden tot extra zettingen danwel negatieve kleeft zodat het paal draagvermogen niet wordt aangetast.

Na verharding is ook deze toepassing van zichzelf stabiel, de impact op de nieuwe damwand is zowel tijdens het aanbrengen alsmede na uitharden verwaarloosbaar klein.

In feite is vanuit technisch oogpunt enkel Hardschuim haalbaar omwille van de impact op de constructies.

Het aanbrengen van een injectiemortel door middel van het "oppompen" van de bestaande bodem kan enkel en alleen als de grondslag voldoet aan strenge eisen. Wanneer niet kan worden voldaan aan de eisen danwel de natuur weerbarstiger is dan gedacht, kan geen garantie gegeven worden voor een juiste werking.

Door middel van proeven zou bekeken kunnen worden of deze optie haalbaar is.

De impact van het schuimbeton is dermate dat deze optie op voorhand afvalt.

Naast de technische haalbaarheid zijn er andere zaken die meespelen. Denk hierbij aan hinder omgeving, kosten, levensduur en milieu-impact.

NB: optie 1 (schuimbeton) is verder niet beschouwd vanwege de niet-haalbaarheid.

M.b.t. de kosten komt het aanbrengen van injectiemortel uit op ca. € 30.960 per 100 m¹ kade.

De kosten voor het hardschuim komen op ca. € 8.500 per 100 m¹ kade.

M.b.t. de omgeving geldt dat beide opties vanaf het water kunnen worden uitgevoerd. Dit zal z'n nodige impact hebben op de kosten, maar omgevingstechnisch lijkt dit toch zeer gewenst.

M.b.t. de impact op het milieu geldt dat het Hardschuim composteerbaar is, ondanks de levensduur van > 150 jaar (weliswaar in het donker). Van de injectiemortel wordt aangegeven dat deze milieuvriendelijk is.

5 Slotsom

Alles in overweging nemende, waarbij de technische haalbaarheid zwaarwegend is, lijkt de optie met het Hardschuim de meest voor de hand liggende. De impact op de bestaande constructie is gering, de impact op de omgeving kan gering zijn (afhankelijk van uitvoering) en de kosten relatief laag t.o.v. de andere opties.

	Schuimbeton		Injectiemortel		Hardschuim
Technische haalbaarheid					
• vanaf de kade	- 0		+ 1		++ 2
• vanaf het water	-- -2		-- -2		- 0
Impact constructie	-- -2		- 0		+ 1
Gewicht	-- -2		- 0		++ 2
Levensduur	++ 2		+ 1		++ 2
Milieu-impact	+ 1		+ 1		++ 2
Kosten	- 0		-- -2		+ 1
Score	-3		-1		10