
Product-methodeblad nummer 9

Damwand aan buitenzijde verbreding

Inhoudsopgave

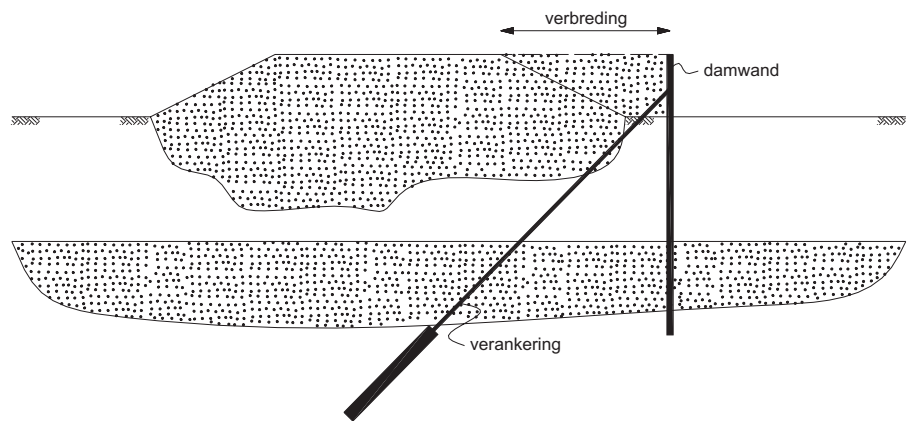
9.1	Algemeen	173
9.1.1	Principe methode	173
9.1.2	Technische levensduur	174
9.1.3	Voor- en nadelen	175
9.1.4	Beperkingen	175
9.2	Ontwerpfase	177
9.2.1	Benodigd grond- en laboratoriumonderzoek	177
9.2.2	Geotechnische ontwerpaspecten	178
9.2.3	Ontwerpdetails	179
9.2.4	Effect op bestaande weg	179
9.2.5	Effect op omgeving	180
9.2.6	Relevante wetgeving en doorlooptijd vergunningen	180
9.2.7	Raming aanlegkosten	182
9.2.8	Risico's, monitoring en maatregelen	183
9.2.9	Duurzaam bouwen	184
9.2.10	Verdere aandachtspunten	185
9.3	Uitvoeringsfase	185
9.3.1	Uitvoeringsmethoden	185
9.3.2	K.A.M.-zaken	186
9.3.3	Besteksteksten	187
9.4	Beheer en onderhoud	187
9.5	Ombouw / sloop	188
9.5.1	Toekomstige ombouw / uitbreiding	188
9.5.2	Sloop	188
9.6	Referenties	189
9.6.1	Ervaringen	189
9.6.2	Literatuur	189

Damwand aan buitenzijde verbreding

9.1 Algemeen

9.1.1 Principe methode

Dit product-methodeblad betreft de bouwmethode waarbij aan de buitenzijde van de wegverbreding een stalen damwand wordt geplaatst, zie figuur 9.1. In dit product-methodeblad worden alleen de specifieke aspecten van de stalen damwandconstructie beschreven. Dit product-methodeblad moet dus worden gebruikt naast het blad voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode.



Figuur 9.1: Principe schets van de methode

De damwand kan een permanent of tijdelijk karakter hebben. Een tijdelijke damwand is nagenoeg altijd onverankerd. Een permanente damwand kan zowel onverankerd als verankerd zijn. De ophoging achter de damwand kan worden uitgevoerd met ophoogzand, al of niet met een tijdelijke extra overhoogte ter beperking van de restzettingen. Indien als ophoogmateriaal achter de damwand zand wordt gebruikt, zal ook de bestaande aardebaan aan zetting onderhevig zijn. Als alternatief kan worden gekozen voor lichte ophoogmaterialen.

De globale uitvoeringsvolgorde is als volgt:

- aanbrengen damwand
- aanbrengen zandophoging (inclusief eventuele extra overhoogte) of toepassing van een andere constructiemethode
- eventueel verwijderen van de extra overhoogte tot het gewenste niveau na een bepaalde zettingstijd
- bij tijdelijke damwand deze trekken
- aanbrengen wegfundering en verharding; afwerken taluds indien damwand wordt getrokken.

De methode kan toegepast worden als weinig ruimte beschikbaar is, bijvoorbeeld vanwege belendingen. Bij zeer beperkte werkruimte kan worden overwogen aan beide zijden van de verbreding een damwand toe te passen (combinatie met de in product-methodeblad 8 beschreven methode). De

damwand aan de buitenzijde van de verbreding heeft in het algemeen een permanente functie. Een tijdelijke functie is echter niet uitgesloten.

Damwanden zijn op zichzelf staande, verticale elementen die onderling zijn gekoppeld door middel van een slotconstructie (stalen damwand) of een messing- en groefverbinding (betonnen en houten damwand). Bij een tijdelijke damwand kan ook nog een gording nodig zijn. Bij permanente damwanden kan naast de gording ook een sloof nodig zijn. De gronddrukken en de waterdrukken worden door de 'ligger'werking van de damwandprofielen naar de ondergrond en eventueel de verankering overgebracht. Om de verplaatsingen te beperken en tevens een economische damwandconstructie te verkrijgen, kan een verankering kan worden aangebracht. Een verankering kan worden toegepast om verplaatsingen van de damwand te beperken. Ook kan hierdoor inheidipte van de damwand worden beperkt.

De damwandplanken worden afzonderlijk of met meerdere tegelijk vanaf het maaiveld ingebracht door middel van trillen, heien of drukken, zonodig in combinatie met spuiten, fluïderen of voorboren. Dit laatste geldt voor situaties waarin trillingen beperkt dienen te worden en/of harde, vaste lagen moeten worden gepenetreerd. Damwanden worden geleverd in de volgende materialen:

- staal (warm gewalste en koud gewalste profielen)
- beton (geprefabriceerde elementen)
- hout (loofhout of Europees eiken of naaldhout).

Voor dit product-methodeblad is uitgegaan van stalen damwanden. Stalen damwanden aan de buitenzijde van een verbreding worden vanwege de hoge kosten alleen toegepast in bijzondere situaties. Bijvoorbeeld indien bij beperkte ruimte geen flauwe taluds kunnen worden toegepast om de stabiliteit van de ophoging te waarborgen. Ook indien kwetsbare objecten (zoals gebouwen, kabels en leidingen) op korte afstand van de ophoging aanwezig zijn, kan gekozen worden voor de toepassing van een verticale wand. De damwanden kunnen een tijdelijke of permanente functie hebben. In het geval van een tijdelijke overhoogte kan de damwand een tijdelijke functie hebben om gedurende de periode van de overhoogte een kwetsbaar object te sparen. In het geval van een permanent hoogteverschil heeft de damwand doorgaans een permanente functie.

Daarnaast kunnen damwanden worden gebruikt in situaties bij wegkruisingen en weglichamen waar beheersing van het grondwaterniveau nodig is (bijvoorbeeld bij viaducten waar rijbanen onder de grondwaterstand liggen of open tunnelgedeelten). Hier wordt echter in dit product-methodeblad niet verder op ingegaan.

De maximale lengte van warm gewalste stalen damwandplanken is circa 36 m en van koud gewalste planken circa 12 m.

9.1.2 Technische levensduur

De levensduur van onbehandelde stalen damwanden bedraagt ongeveer 35 à 50 jaar, afhankelijk van milieu, staalkwaliteit, belastingen en bescherming.

Stalen damwanden hebben vaak een levensduurverlengende behandeling ondergaan in de vorm van een op het staal aangebrachte coating die het staal beschermt tegen corrosie (technische reden).

Opgemerkt wordt dat de coating tijdens inbrengen van de damwand beschadigd kan worden door:

- aanwezigheid van harde voorwerpen in de ondergrond zoals keien etc.
- aanwezigheid van zeer dicht gepakte zandlagen.
- beschadiging bij de sloten bij het inbrengen van de damwand

De levensduurverlengende behandeling van de damwand gaat hierdoor (gedeeltelijk) verloren. Als gevolg van de beschadiging wordt de corrosie door elektrolytische processen versneld. Bovendien is het aanbrengen van een coating duur.

Ook om het uiterlijk te verbeteren kan een coating worden aangebracht (esthetische reden). In plaats van een coating wordt steeds vaker gekozen voor overdimensionering, dat wil zeggen dat de planken een extra dikte krijgen (opofferingsdikte). De grootte van de opofferingsdikte is afhankelijk van de locale omstandigheden (met name het chloridegehalte van het grondwater). De technische levensduur wordt op deze wijze vergroot naar 80 of 100 jaar.

Voor tijdelijke damwanden, toegepast als grondscherp ter beperking van de zettingen en horizontale verplaatsingen ter plaatse van de bestaande weg, is de levensduur niet van belang. Voor deze toepassing kan vaak worden volstaan met 'gebruikte' damwanden.

9.1.3 Voor- en nadelen

Voor- en nadelen van de ophogingsmethode met een damwand aan buitenzijde van de verbreding ten opzichte van de conventionele zandophoging met verticale drains zijn gegeven in tabel 9.1.

Daarnaast gelden de voor- en nadelen die in de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode zijn genoemd.

9.1.4 Beperkingen

Naast de hiervoor genoemde nadelen gelden voor deze methode de beperkingen die in de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode zijn genoemd.

Aspect	Voordeel	Nadeel	Toelichting
kosten		hoog	afhankelijk van de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode en tijdelijke of permanente functie van de damwand
bouwtijd	neutraal	neutraal	hangt af van de toegepaste bouwmethode
zetting gebruiksfase	neutraal	neutraal	damwand beïnvloedt weinig de zetting; deze hangt af van de toegepaste bouwmethode
ruimtebeslag	gering		
complexiteit uitvoering		soms complex	afhankelijk van de breedte van de verbreding en afstand tot belendingen; soms waar zwaar materieel en/of trillingsbeperkende maatregelen nodig zijn
ervaring met uitvoering	zeer veel		materieel is ruim beschikbaar
aanwezigheid van risico's *)	neutraal	neutraal	afhankelijk van de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode
levensduur	lang		
status in relatie tot Bouwstoffenbesluit	bekend		
risico schade bestaande weg	gering		afhankelijk van de breedte van de verbredingzetting en scheurvorming door trillingen is mogelijk; hangt ook af van de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode
risico schade kabels/leidingen	gering		
risico belendingen	gering		afhankelijk van de afstand tot en de fundering van de belendingen
overig	ruim toepasbaar		damwanden kunnen worden geïntegreerd met geluidschermen; (afhankelijk van esthetische eisen; onderhoudskosten hoog); ook bij dik pakket slappe lagen toepasbaarbeheersing grondwaterstand bij verbredingen

*) waaronder begrepen onzekerheid in de grondparameters, onvolkomenheid van ontwerpmodellen, uitvoeringstechnische onzekerheid / beheersbaarheid; een verdere uitsplitsing staat in §9.2.8

Tabel 9.1 Voor- en nadelen damwand aan buitenzijde verbreding

9.2 Ontwerpfase

9.2.1 *Benodigd grond- en laboratoriumonderzoek*

Het benodigd grondonderzoek is afhankelijk van de Geotechnische Categorie waarin een object valt. Rijkswegen vallen in het algemeen in Geotechnische Categorie 2 volgens NEN 6740 art. 6.2 [5]. Het standaard grondonderzoek staat vermeld in hst. 4.7.3 van *Construeren met grond* [2] en in §2.4 van *Bepaling geotechnische parameters* [10]. Het doel van het grondonderzoek is het vaststellen van de bodemopbouw, de grondwaterpeilen, het volumieke gewicht van de grondlagen, de samendrukkings- en de schuifweerstandseigenschappen.

Bij wegverbredingen dient het grondonderzoek ook informatie te verschaffen over de uitgestrektheid van het bestaande weglichaam in de ondergrond.

Sonderingen

De sonderingen dienen ten minste tot enkele meters (5 á 7 m) in de onderliggende draagkrachtige zandlaag te worden doorgezet. Voor de dimensionering van een damwand wordt geadviseerd een maximale afstand tussen de sonderingen van 25 m te hanteren, overeenkomstig art. 8.4.2 van NEN 6740 [5].

Voor een goede karakterisering van de laagopbouw dient naast de conusweerstand tevens de plaatselijke wrijving te worden gemeten. De elektrische sondeermethode met sonderingen volgens klasse 2 volgens NEN 5140 [6] dient te worden toegepast.

Afhankelijk van de resultaten dienen aanvullende sonderingen te worden uitgevoerd.

Boringen en peilbuizen

Door middel van boringen dienen ongeroerde monsters te worden gestoken ten behoeve van laboratoriumproeven. De gemiddelde afstand tussen de boringen ligt tussen de 250 en 500 m. De boringen dienen te reiken tot de onderkant van de slappe lagen.

Tevens dient door het plaatsen van peilbuizen de grondwaterstand te worden bepaald in met name de tussenzandlagen en het onderliggende watervoerend pakket. Een inzicht in de fluctuatie van de waterstanden is alleen te verkrijgen indien metingen over geruime tijd worden uitgevoerd. Een indicatie omtrent het polderpeil kan worden verkregen met behulp van Waterstaatskaarten, bodemkaarten van Stiboka, gegevens van het DINO-loket van TNO-NITG (www.nitg.tno.nl) en door waterpassing van het slootpeil.

Indien de damwand een permanente functie heeft dient ook de grondwaterstand in het bestaande weglichaam door middel van peilbuizen (h.o.h. afstand 250 m) te worden vastgesteld.

Afhankelijk van de resultaten dienen aanvullende boringen te worden uitgevoerd.

Laboratoriumproeven

Voor de dimensionering van de damwanden dienen in het algemeen de volgende gegevens bekend te zijn:

- grondwaterstanden (waterstaatskaarten, bodemkaarten en peilbuizen)
- volumieke gewichten grondlagen en ophoogmateriaal (bepaling volumiek gewicht en watergehalte)
- cohesie en hoek van inwendige wrijving (triaxiaalproeven) grondlagen op ophoogmateriaal.

Een afgeleide parameter is de horizontale beddingconstante. In hoofdstuk 3.4 van *Damwandconstructies* [1] zijn richtlijnen gegeven voor de bepaling hiervan. Een eerste schatting van de (sterkte)parameters kan worden ontleend aan tabel 1 van NEN 6740 [5].

Het laboratoriumonderzoek van de monsters kan bestaan uit:

- de classificatie volgens NEN 5104 [7]
- bepaling van het volumiek gewicht en het watergehalte conform NEN 5112 [8]
- bepaling van de sterkteparameters met triaxiaalproeven conform NEN 5117 [9].

De hoeveelheid proeven is afhankelijk van de variatie in bodemopbouw, de dimensies, de ervaring in de omgeving en de geotechnische categorie waarin het project is geplaatst. Afhankelijk van het toegepaste rekenmodel kan er een aanvulling op bovengenoemde grondeigenschappen noodzakelijk zijn, zie hoofdstuk 3.4 van *Damwandconstructies* [1]. Afhankelijk van de specifieke omstandigheden (bijvoorbeeld lokale ervaring) kan het nodig zijn het grondonderzoek uit te breiden.

9.2.2 Geotechnische ontwerpaspecten

Het geotechnisch ontwerp omvat de bepaling van:

- de zwaarte van de damwand
- de stabiliteit tijdens de aanleg en de eindsituatie
- het effect op de omgeving tijdens installatie en eventueel trekken
- het effect op de bestaande weg tijdens installatie en eventueel trekken.

Daarnaast dient het geotechnisch ontwerp die aspecten te omvatten die in de product-methodebladen voor de betreffende ophoog- of grondverbeteringsmethode zijn genoemd.

Voor de wijze waarop de damwand wordt ontworpen, wordt verwezen naar hst. 2 en hst. 4 van *Damwandconstructies* [1]. Voor het ontwerp van de damwand dienen de volgende aspecten te worden bepaald:

- de maximale grondweerstand
- het maximale moment in de damwandplank
- deformatie damwand
- de maximale ankerkracht (indien van toepassing).

Het geotechnisch ontwerp resulteert in een advies omtrent:

- uitvoeringsvolgorde in relatie tot ophoog- of grondverbeteringsmethode

- het traject waarvoor het advies geldt en de wijze waarop de overgangen naar trajecten waar andere methoden zijn gebruikt, moeten worden uitgevoerd
- geotechnische risicoanalyse, monitorings- en maatregelenplan tijdens uitvoering conform §9.2.8
- geotechnische risicoanalyse, monitorings- en maatregelenplan tijdens gebruiksfase conform §9.2.8
- de lengte en het profiel van de damwand (eventueel in combinatie met ankers) ter voorkoming van schade aan belendingen; door het toepassen van de damwand heeft de verbreding in principe geen invloed op belendingen
- installatiemethode van de damwand, met maatregelen ter voorkoming van schade aan de bestaande weg en de omgeving.

Daarnaast dient het geotechnisch advies die aspecten te bevatten die in de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode zijn genoemd.

9.2.3 *Ontwerpdetails*

Bij het ontwerpen van een damwand komen vele details aan de orde, bijvoorbeeld ten aanzien van de verankering en de milieuaspecten, zie §5.5 en §5.6 van *Damwandconstructies* [1].

Bij een permanente damwand is een belangrijk ontwerpdetail de handhaving van de benodigde staaldoorsnede van de damwand. Deze kan worden gewaarborgd door de damwand tegen corrosie te beschermen (bijvoorbeeld met een coating) of door een grotere staaldikte te kiezen (opofferingsdikte), zie ook §9.1.2.

Indien de damwand wordt verankerd in het Pleistocene zand onder de verbreding, dient bij de dimensionering van de ankers rekening te worden gehouden met de zettingen die de verbreding ondergaat. Door deze zettingen zal de ankerkracht sterk kunnen toenemen. Grote zettingen kunnen toepassing van ankers zelfs onmogelijk maken. Eventueel wordt tijdens de uitvoeringsfase een tijdelijke stempel- of verankeringsconstructie toegepast en worden de definitieve ankers pas na het optreden van het grootste deel van de zetting aangebracht.

9.2.4 *Effect op bestaande weg*

Door trillingsinvloeden van het installeren of trekken van de damwand kan het zand van de bestaande aardebaan verdicht worden. Afhankelijk van de lokale omstandigheden (pakkingsdichtheid van het zand, afstand tussen damwand en verharding) kan dit leiden tot zetting en schade. Door aanpassing van de uitvoeringswijze (gebruik hoogfrequent, verstelbaar trilblok; planken wegdrukken in plaats van heien of trillen) is dit effect echter beheersbaar. Opgemerkt wordt dat het aanbrengen van het ophoogzand en/of het ophoogzand zelf in sommige gevallen een (veel) grotere invloed op de bestaande weg kan hebben dan alleen het aanbrengen van de damwandplanken. Dit is afhankelijk van de afstand van de damwand tot de bestaande weg. In dit geval staat de damwand heel ver weg van de bestaande weg.

Daarnaast dient rekening te worden gehouden met de effecten die in de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode zijn genoemd.

9.2.5 *Effect op omgeving*

Het heidend of trillend installeren of trekken van de damwand kan een schadelijk effect hebben op de omgeving. Voor een nadere beschouwing wordt verwezen naar §5.7 en §5.8 van *Damwandconstructies* [1]. Losgepakte zandlagen aan de buitenzijde van de verbreding (conusweerstand (sondering) $q_c < \text{circa } 2 \text{ MPa}$), kunnen verdichten door trillingen bij het installeren van de damwandplanken. Hierdoor kan zetting en daarmee ook schade aan belendingen optreden. Bij los gepakt zand kan het drukken van de damwandplanken een betere methode zijn.

Het aanbrengen van een zandophoging achter de damwand leidt in het algemeen tot verticale en horizontale grondvervorming. Aan de buitenzijde van de damwand zullen deze vervormingen echter vrijwel niet optreden. Ten aanzien van dit punt is het effect op de omgeving daarom verwaarloosbaar.

Een diepe damwand vormt een obstakel voor grondwaterstroming. Met name bij een horizontaal stromingspatroon dat min of meer loodrecht op de wand gericht is, kan de grondwaterstand ter weerszijden van de wand beïnvloed worden. Aan de ene zijde kan de grondwaterstand door opstuwing stijgen terwijl aan de andere zijde van de wand de grondwaterstand kan dalen.

Daarnaast dient rekening te worden gehouden met de effecten op de omgeving die in de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode zijn genoemd.

9.2.6 *Relevante wetgeving en doorlooptijd vergunningen*

Op de volgende pagina is in tabelvorm weergegeven welke vergunningen naar alle waarschijnlijkheid moeten worden aangevraagd en wat daarbij de te verwachten doorlooptijd is.

Opmerkingen

Anders dan bijvoorbeeld bij geluid is er in het geval van trillingen geen wettelijk kader om het toelaatbare van het ontoelaatbare te scheiden; in de praktijk wordt bij de meting en beoordeling van trillingen vaak gebruik gemaakt van *Schade aan bouwwerken door trillingen, Meet en Beoordelingsrichtlijn* [4].

Voor de tabel is uitgegaan van een verbreding met ophoogzand; voor de vergunningen voor het toepassen van bijvoorbeeld verticale drainage of een evenwichtsconstructie, wordt verwezen naar de desbetreffende product-methodebladen.

WW Woningwet
 GBV Gemeentelijke bouwverordening
 BB Bouwbesluit
 WBR wet beheer rijkswaterstaatswerken
 WM wet milieubeheer
 IVB Inrichtingen en vergunningbesluit
 GWW Grondwaterwet
 WGH wet geluidhinder

OGW
 WA
 WVO
 WBB
 PMV
 PGV
 WWH
 Keur

ontgrondingenwet
 wet afvalwater
 wet verontreiniging oppervlaktewateren
 wet bodembescherming
 provinciale milieuverordening
 provinciale grondwaterverordening
 wet op de waterhuishouding
 keurverordening (waterschap, hoogheemraadschap)

BSB
 PWV
 WOT
 WVVW
 Bos
 Kap
 GW
 APV

Bouwstoffenbesluit
 provinciale wegeverordening
 wet op de telecommunicatievoorzieningen
 wegeverkeerswet
 boswet
 kapverordening
 Gemeentewet
 Algemene Politieverordening

Tabel 9.2 Naar alle waarschijnlijkheid benodigde vergunningen bij toepassen van een damwand aan de buitenzijde van een verbreding.

Maximum behandelingsduur ca. (in maanden)	WW	GBV	BB	RWS 4	WM	IVB	GWW	WGH	OGW	WA	WVO	WBB	PMV	PGV	WVWH	Keur	BSB	PVV	WOT	WVV	Bos/ Kap	GW	APV
Benodigde vergunning/verordening	WW	GBV	BB	WBR	WM	IVB	GWW	WGH	OGW	WA	WVO	WBB	PMV	PGV	WVWH	Keur	BSB	PVV	WOT	WVV	Bos/ Kap	GW	APV
Sloopwerkzaamheden, duikers, portalen, geleiderail, geluidsschermen, viaducten, overkluizingen	•	•	•																				
Werkzaamheden aan bestaande rijksweg				•														•					
Werkzaamheden aan bestaande provinciale weg																		•					
Vervoer/opslag van grond (droog)					•	•			>3m MV				•										
Verwerken van zand en grond												•							•				
PTT-kabels																							
Geluidshinder tijdens werkzaamheden								•													•		
Geluidshinder door heikwerk 's nachts																						•	
Rooien van bomen en struweel																							
Lozen van water op oppervlaktewater																							
Onttrekken van water																							
Gebruik van diverse bouwstoffen																		•					
Aanleg van watergangen, duikers, overkluizingen en wegsloten																						•	
Lozen van grondwater op riolering																							
Reconstructiewerkzaamheden ... (vergunning eigen dienst)																							
Verkeersbesluiten bij uitvoering																						•	

9.2.7 Raming aanlegkosten

De onderstaande kosten zijn, tenzij anders vermeld, exclusief BTW, VAT (Vorbereiding-Administratie-Toezicht) en winst en risico en betreffen prijspeil 2004.

Dagproductie van een heistelling (inclusief 2 bemanningsleden) in slappe grond is ca. 50 m damwandscherm per dag (aannee dat 1 damwand plank 1 m breed is en de lengte van de damwandplanken 5 à 15 m is).

De gemiddelde prijs van een heistelling in bedrijf inclusief 2 man bediening kost ongeveer € 1.375,- per dag (exclusief mobilisatie en demobilisatiekosten).

De gemiddelde prijs voor het inbrengen van een damwand is € 14,- per m². Dit kan echter variëren van € 6,- tot € 35,- per m² afhankelijk van marktontwikkelingen etc. Opgemerkt wordt dat het inbrengen van een damwand met behulp van een trilblok zich aan de ondergrens en het inbrengen met behulp van drukken zich meestal aan de bovengrens van bovengenoemde prijs bevindt.

Het kopen van een damwand kost gemiddeld € 350,- per ton. Voor huren bedragen de gemiddelde kosten:

- 1 tot 3 maanden € 64,- per ton per dag
- 4 tot 6 maanden € 19,- per ton per dag
- meer dan 6 maanden € 12,- per ton per dag

Het is dus nooit aan te bevelen damwandplanken te huren. Bij het kopen van damwandplanken bestaat altijd het restwaardevoordeel.

Bovengenoemde prijzen zijn exclusief de kosten voor zaken zoals:

- mobilisatie en demobilisatie van een heistelling
- aanbrengen van ankers
- beheer en onderhoud van de damwanden
- voorzieningen ten behoeve van de toegankelijkheid van het terrein
- waterbeheersing (zowel kwalitatief als kwantitatief), dat wil zeggen de maatregelen voor het afvoeren van het vrijkomende water en de eventuele maatregelen in verband met de chemische samenstelling van het water (bijvoorbeeld een te hoog zoutgehalte)

Bovengenoemde prijzen zijn sterk afhankelijk van de marktontwikkelingen en de beschikbare damwanden. Daarnaast kan in het ontwerpstadium een kostenoptimalisatie plaats vinden, waarbij een goede balans wordt gezocht in aanschafkosten en onderhoudskosten, zodat de meest economische variant wordt gevonden voor de technische levensduur van de damwand. Voor het onderhoud van een damwand moet men er van uitgaan dat deze één keer per half jaar gecontroleerd en eventueel bijgewerkt dient te worden. En keer in de 5 jaar dient de damwand gestraald en geschilderd te worden (afhankelijk van het milieu waarin deze zich bevindt).

Voor de kostenramingen van de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode wordt verwezen naar de betreffende product-methodebladen.

9.2.8 *Risico's, monitoring en maatregelen*

Risicofactoren

De risicofactoren zijn:

- onzekerheden in de bepaling van de sterkteparameters van de slappe lagen
- onzekerheden in de bepaling van de stijfheidseigenschappen van de slappe lagen
- onzekerheid in de methode van dimensionering van de damwand en eventuele verankering (indien toegepast als grondkerende constructie)
- onzekerheden omtrent het effect van trillingen bij installatie van de damwand op het bestaande weglichaam en de omgeving
- bij permanente constructies: de levensduur van de damwand (beschadiging van de coating en aantasting door corrosie en zwerfstromen).

Daarnaast zijn de risicobronnen aanwezig, genoemd in de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode.

De ongewenste gebeurtenissen bestaan uit:

- de damwand faalt door overschrijding van de grondweerstand, vloeit van de plank, ankerbreuk, instabiliteit ankerwand, Kranz-instabiliteit, groundbreuk, totaal stabiliteitsverlies of vervormingen van damwand en verbreding
- schade aan de verharding door naverdichting van het zand in het bestaande weglichaam als gevolg van trillingen bij de installatie en het eventueel trekken van de damwand (afhankelijk van de afstand van de damwand tot de verbreding)
- schade aan de omgeving als gevolg van trillingen
- bij permanente constructies: een te korte levensduur van de damwand, bijvoorbeeld door ongunstige en onvoorziene milieu omstandigheden en/of door beschadiging van de coating van de damwand
- het uit het slot lopen van de damwandplanken, waardoor de waterdichtheid in het geding komt.

Daarnaast gelden de ongewenste gebeurtenissen die zijn genoemd in de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een geotechnische risico-analyse gemaakt. Hierbij wordt nagegaan of een realistische variatie van de meest onzekere parameters er toe leidt dat het ontwerp niet meer voldoet aan het Programma van Eisen. In dat geval wordt voor het desbetreffende risico een monitorings- en maatregelenplan opgesteld, of wordt het ontwerp of het Programma van Eisen bijgesteld.

Monitoring

Door monitoring kunnen de risico's worden beheerst:

- falen van de damwand: het regelmatig inmeten en inspecteren van de damwand (registreren van de kopverplaatsing en uitbuiging door middel van inclinometers)
- schade aan de bestaande weg: het regelmatig inmeten van meetboutjes; visuele inspectie van de toestand van de bestaande weg
- schade aan de omgeving: het inmeten en fotograferen van gevoelige belendingen; plaatsen en continu registreren van trillingsopnemers; visuele inspectie
- te korte levensduur: het regelmatig inspecteren van de damwand op corrosie en aantasting.

Daarnaast moet de monitoring worden uitgevoerd die is beschreven in de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een monitoringsplan gemaakt. Hierin wordt beschreven wat, hoe, waar, wanneer en door wie wordt gemeten, hoe de gegevens worden opgeslagen en gepresenteerd. Ook wordt voor elke meting vooraf aangegeven, wat de verwachtingswaarde van de te meten grootheid is, en wat de grenswaarde is waarbij sprake is van een ontoelaatbare afwijking.

Maatregelen

Wanneer bovengenoemde ongewenste gebeurtenissen worden geconstateerd, kunnen de volgende maatregelen worden genomen:

- bij falen van de damwand: extra ankers of steunbermen aan brengen (of in het geval van een ontgraving een deel van ontgraving weer terug brengen; in het geval van een ophoging, een deel van de ophoging verwijderen); dit zijn echter wel tijdelijke maatregelen
- kans op bij schade aan de bestaande verharding: installatieprocedure aanpassen (trillingsvrije methode) en snel repareren
- kans op bij schade aan de omgeving: installatieprocedure aanpassen (trillingsvrije methode)
- bij te snelle corrosie van de damwand (permanente constructies): de coating herstellen of de damwand tijdig vervangen. Maar dit gaat met verkeershinder gepaard.

Daarnaast kunnen de maatregelen worden getroffen die zijn beschreven in de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een maatregelenplan opgesteld. Hierin wordt aangegeven welke van bovengenoemde maatregelen wordt toegepast als uit de monitoring blijkt dat de grenswaarden van één van de gemeten grootheden wordt overschreden.

9.2.9 Duurzaam bouwen

Opgemerkt dient te worden dat met het begrip duurzaam bouwen niet zozeer de levensduur bedoeld wordt, maar met name de milieuduurzaamheid.

Typering gebruikte bouwstoffen

Staal is een niet-steenachtig materiaal en valt derhalve niet onder de werkingssfeer van het Bouwstoffenbesluit.

Terugwinbaarheid / hergebruik

De damwanden zijn eenvoudig terugwinbaar. Eventuele beschadigingen aan de coating van de damwand dienen gerepareerd te worden alvorens de damwand kan worden hergebruikt. Voor een tijdelijke functie zijn 'gebruikte' damwanden in het algemeen goed toepasbaar.

Teruggewonnen staal kan ook goed gerecycled worden en opnieuw worden gebruikt bij de productie van staalproducten.

Eventuele ankers kunnen moeilijk te verwijderen zijn, mede afhankelijk van de diepte. Overwogen kan worden zeer diepe ankers (gedeeltelijk) te laten zitten, omdat de kosten voor verwijdering vaak erg hoog zijn.

Extra milieumaatregelen

Bij het onderhoud van stalen damwanden kan de benodigde voorbehandeling om resten van de coating te verwijderen, het zogenaamde stralen, tot een ontoelaatbare verontreiniging leiden. Hiervoor kunnen aanvullende milieumaatregelen noodzakelijk zijn.

9.2.10 Verdere aandachtspunten

Indien de damwand wordt aangebracht in een watervoerend pakket waarin de stijghoogte behoorlijk hoger is dan de freatische grondwaterstand (kwelsituatie), kan door de grondwaterstroming de grond langs de damwand worden weggespoeld zodat de inklemming van de damwand wordt verminderd. Met dit effect dient in het ontwerp rekening te worden gehouden door bijvoorbeeld de grondparameters van een matig tot vast gepakte zandlaag (het watervoerend pakket waarin de damwand is aangebracht) te reduceren tot de grondparameters van een los gepakte zandlaag.

9.3 Uitvoeringsfase

9.3.1 Uitvoeringsmethoden

De damwandplanken worden afzonderlijk of met meerdere tegelijk vanaf het maaiveld ingebracht door middel van trillen, heien of drukken, zo nodig in combinatie met spuiten, fluïderen of voorboren. Dit laatste kan noodzakelijk zijn indien harde en vaste lagen gepenetreerd dienen te worden. Daarnaast kan het noodzakelijk zijn een glijmiddel in de sloten toe te passen om het installeren van de planken te bevorderen.

Bij het trillen wordt gebruik gemaakt van een trilblok. Een trilblok is een heimachine die met behulp van paarsgewijs roterende, excentrische gewichten een verticale oscillerende beweging maakt. Een klem brengt de oscillerende beweging over op de damwand. Door deze trillingen wordt de grond in de directe omgeving van de plank tijdelijk verstoord. Deze verstoring manifesteert zich als het enigszins vloeibaar worden (wateroverspanning) van de grond rond de plank, waardoor de plank relatief gemakkelijk in de grond

kan worden gedreven. Er zijn ook hoogfrequente trilblokken met een regelbaar moment beschikbaar waarmee de trillingshinder in de omgeving sterk wordt beperkt.

Bij het heien van damwandplanken kan worden gekozen tussen dieselblokken, valgewichten en hydraulische blokken. Valblokken en hydraulische blokken krijgen de laatste tijd steeds meer aandacht, aangezien dieselblokken milieu-onvriendelijk zijn en problemen kunnen hebben met inheien in situaties met een geringe weerstand.

Het drukken van planken kan door middel van een drukpers, die zichzelf vastklemt op de koppen van meestal drie, reeds ingebrachte planken. De drukpers zelf steekt naar voren uit en kan de in te brengen plank als het ware omarmen. In die omarming bevindt zich een hydraulische klem, die de in te brengen plank in het lijfmidden vastpakt en dan de plank een slag van ongeveer 0,5 m naar beneden drukt. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de trekkracht die de reeds ingebrachte planken leveren. De klem wordt daarna ontspannen en de omarming wordt opgetrokken voor het maken van de volgende slag. Enkele voordelen van deze methode zijn dat er geen lawaai en trillingen optreedt en dat gewerkt kan worden in zeer kleine ruimten. Een nadeel is dat de methode langzamer is dan de andere twee methoden.

Bij het inbrengen van de damwandplanken moet verhinderd worden dat de volgende problemen optreden:

- 'meelopen' reeds geplaatste damwanden; uit het slot lopen; scheef lopen; opstuiken; steeds verder voorover of achterover hellen van damwandplanken; verdraaien of wringen van damwandplanken; vervorming van de kop door zwaar heiwerk
- afwijkingen in de juiste plaats van de eerste planken door het op diepte te brengen van de volgende planken; de afwijkingen kunnen toenemen naarmate het werk vordert
- bezwijken van een plank door te zwaar heien of drukken (overschrijding optredende normaalspanningen in de plank; belangrijk is dat de as van de druklijn overeenkomt met de as van de plank)
- door bovengenoemde oorzaken: reductie van de waterdichtheid van het damwandscherm (indien dit van toepassing is)
- bij een kwelsituatie (hoge waterspanning in zandlaag beneden waterafsluitende laag): spuiten van water en meegevoerde gronddeeltjes langs damwand waardoor de inklemming van de damwand sterk wordt verminderd.

Voor de overige uitvoeringsaspecten wordt verwezen naar de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode.

9.3.2 K.A.M.-zaken

In deze paragraaf worden de K.A.M.-zaken beschouwd die betrekking hebben op de uitvoering (K.A.M. staat voor Kwaliteits-afname controle, ARBO en veiligheidszaken en Milieu).

Kwaliteits-afname controle

De technische bepalingen voor damwanden worden beschreven in §41.0 en §41.2 van de *Standaard RAW-Bepalingen* [3]. Eisen met betrekking tot het profiel, de verbindingen, de coating, de slotafdichting, de specificaties en de keuringsmethodiek zijn beschreven in §5.2 van *Damwandconstructies* [1].

ARBO en veiligheidszaken

Het aanbrengen van de damwand geschiedt machinaal. Hier is in het algemeen geen sprake van zware fysieke arbeid. Bij het heien of trillen van damwanden dient een gehoorbescherming te worden gedragen.

Tijdens onderhoudswerkzaamheden (bijvoorbeeld stralen) dient bijzondere aandacht te worden besteed aan persoonlijke beschermingsmiddelen (zoals het dragen van beschermende kleding, gehoor- en gezichtsbescherming).

Milieu

Bij het verduurzamen van staal (verzinken, kathodische bescherming) komen diverse milieuschadelijke stoffen vrij (zink en chloride). Verduurzaamd staal dient vanwege de milieu-onvriendelijke productie met terughoudendheid te worden toegepast. Het materiaal biedt geen mogelijkheden voor natuurontwikkeling. Teerhoudende verduurzamingsmiddelen vertoonden een hoge uitloging van PAK en worden om deze reden niet meer toegepast. Producten zonder PAK-uitloging (bijvoorbeeld bitumineuze en twee-componenten epoxy- en polyurethaanproducten) zijn uit milieuhygiënisch oogpunt een betere optie.

Voor de overige K.A.M. aspecten wordt verwezen naar de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode.

9.3.3 Besteksteksten

Belangrijk voor de aannemer is dat deze de juiste grondgegevens heeft ter bepaling van het in te zetten materieel.

9.4 Beheer en onderhoud

Aandachtspunten voor de beheerder betreffen:

- bij een permanente constructie: instandhouding van de damwand
- zetting van de verbreding in de gebruiksfase
- overige aandachtspunten uit de product-methodebladen voor de toegepaste ophoog- of grondverbeteringsmethode.

Instandhouding van de damwand

Onderhoud, inclusief inspectie, is het totaal van technische activiteiten die nodig zijn om de constructie zijn oorspronkelijke functie te laten vervullen en wel gedurende een zekere periode en met vereiste betrouwbaarheid.

Voor permanente damwandconstructies geldt dat door het verduurzamen van staal het onderhoud beperkt kan worden (zie §9.3.2). Gezien de milieukundige problemen die gepaard gaan met het verduurzamen van damwanden, wordt als alternatief vaak gekozen voor een grotere staaldikte

(opofferingsdikte). In het ontwerp wordt dus al rekening gehouden met duurzaamheid en dus ook het uit te voeren onderhoud. Bij onderhoud van de damwand dienen zoveel mogelijk milieuvriendelijke materialen te worden gebruikt conform het beleid van Rijkswaterstaat.

De wijze waarop de uitvoering is geschiedt, kan van invloed zijn op het beheer en onderhoud. Het gaat hier om aspecten zoals:

- het gebruik van 'oude' planken
- problemen met het op diepte krijgen en hoe die zijn opgelost
- gebruik van voorboren, voorspuiten of fluïderen tijdens het inbrengen
- gebruik van glijmiddel in de sloten
- plaatsafwijkingen tijdens het inbrengen.

Deze gegevens dienen te worden vastgelegd in een 'as built' tekening.

Bij visuele inspecties of uit metingen van de dikte, verplaatsingen, zakking en uitbuiging, monitoring, kan blijken dat de damwand zich feitelijk anders gedraagt dan werd beoogd bij het ontwerp. De inspectie van bouwfouten, verouderingsprocessen, conservering en kathodische bescherming, corrosie etc. kan leiden tot een bijgesteld onderhoudsplan. Bij het constateren van technische gebreken kunnen verschillende oplossingen worden toegepast, zoals het aanbrengen van extra damwandplanken, een verankering of het vervangen van grond achter de damwand door bijvoorbeeld schuimbeton. Ook kan worden overwogen de grond te injecteren. In hoofdstuk 6 van *Damwandconstructies* [1] wordt dieper op het onderhoud ingegaan.

Zetting van de verbreding in de gebruiksfase

Het verdient aanbeveling bij overdracht van uitvoering naar beheerder een prognose te maken van de verwachte zetting van de verbreding in de gebruiksfase, en de consequenties daarvan voor het verhardingsonderhoud. De prognose dient te worden gebaseerd op zettings- en vervormingsmetingen tijdens de aanleg.

9.5 Ombouw / sloop

9.5.1 Toekomstige ombouw / uitbreiding

Indien voor verdere uitbreiding van de verbreding wordt gekozen voor een methode waarbij de belasting op de grond onder de nieuwe verbreding wordt verhoogd, zal de nieuwe verbreding een zetting ondergaan. Omdat de damwand veelal met de voet in de draagkrachtige laag staat, zal de damwand gaan 'tekenen'. Afhankelijk van de plaats van de damwand in het wegprofiel kan dit schade veroorzaken.

9.5.2 Sloop

De aardebaan en de damwand kunnen eenvoudig worden verwijderd na afbranden van eventuele aanwezige ankers. Eventuele ankers kunnen moeilijk te verwijderen zijn, mede afhankelijk van de diepte. Overwogen kan worden zeer diepe ankers (gedeeltelijk) te laten zitten, omdat de kosten voor verwijdering vaak erg hoog zijn.

9.6 Referenties

9.6.1 Ervaringen

In het algemeen is er in Nederland heel veel ervaring opgedaan met het toepassen van damwanden als grondkerende constructie. Het toepassen van damwanden aan de buitenzijde van een verbreding is vanwege de hoge kosten slechts lokaal toegepast.

Een voorbeeld is de verbreding van de zuidelijke afrit van de A12, afslag Bleiswijk. Vanwege de beperkte ruimte (belendende spoorlijn) is hier een stalen damwand toegepast met als ophoogmateriaal EPS.

9.6.2 Literatuur

- [1] *Damwandconstructies*, CUR-publicatie 166, 1997
- [2] *Construeren met grond*, CUR publicatie 162, 1992
- [3] *Standaard RAW Bepalingen*, CROW-publicatie, 2000, inclusief Wijziging december 2002
- [4] *Schade aan bouwwerken door trillingen. Meet en beoordelingsrichtlijn*. SBR, Richtlijnen 1, 2 en 3, Rotterdam 1993
- [5] NEN 6740 *Geotechniek. TGB 1990. Basiseisen en belastingen*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1997
- [6] NEN 5140 *Geotechniek, Bepaling van de conusweerstand en de plaatselijke wrijvings weerstand van grond. Elektrische sondeermethode*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1996
- [7] NEN 5104, *Geotechniek. Classificatie van onverharde grondmonsters*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1990
- [8] NEN 5112, *Geotechniek, Bepaling van het watergehalte van grond in het laboratorium*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1995
- [9] NEN 5117, *Geotechniek, Bepaling van de schuifweerstand- en vervormingsparameters van grond. Triaxiaalproef*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1997
- [10] *Bepaling geotechnische parameters*, CUR-rapport 2003-7, 2003