

Erosiegedrag van halfverharding op dijken ontrafeld

Bij de versterking van de dijken rondom Zwolle wordt overwogen om halfverharding toe te passen in paden bij de binnentoe van de dijk. Tijdens hoogwater en stormcondities kan er veel water over de dijken slaan. De halfverharding dient daar tegen bestand zijn. Daarvoor is inzicht nodig in de erosiebestendigheid van dit materiaal. Dit is op een vernieuwende manier gemeten met behulp van jet erosie testen. Hieruit volgt dat de onderzochte types halfverharding veilig bij deze dijken kunnen worden toegepast.

Halfverharding is een verzamelterm voor enigszins verharde lagen voor onder andere voet- en fietspaden. Het kan bestaan uit breuksteen, vergruisde schelpen, grind of houtsnippers van verschillende groottes. Daardoor heeft het een natuurlijke en authentieke uitstraling. Bijkomend voordeel zijn de lagere aanlegkosten in vergelijking met asfalt of klinkers. Halfverharding is geschikt voor fietsverkeer en licht autoverkeer, maar niet voor zwaar of intensief autoverkeer.

Twee typen halfverharding (KoMex en Graustabiel) zijn eerder onder meer succesvol toegepast in wegen in uiterwaarden van de Maas en Waal, die af en toe overstromen. Deze halfverhardingen bestaan uit een mengsel van breuksteen en een bindingsmateriaal als kalk,



Bestaande weg met halfverharding van Graustabiel op kruin van een regionale waterkering (Foto: De Beijer) met als inzet de opstelling van de jet erosie test bij GeophyConsult in Frankrijk. (Foto: GeophyConsult)

waardoor ze relatief stabiel zijn. Halfverharding is daarnaast beproefd in een stroomgootproef. In alle gevallen was er sprake van een maximale uniforme stromingsbelasting van circa 1 m/s. Daarbij was de erosie nihil. Bij Dijkversterking Stadsdijken Zwolle overweegt het Dijkteam Zwolle (samenwerking van Waterschap Drents Overijsselse Delta en de Dijkzone Alliantie Zwolle¹) ook om bovengenoemde typen halfverharding, of gelijkwaardige varianten, toe te passen in paden bij de binnentoe van de dijk. Deze paden moeten tijdens hoogwater en stormcondities bestand zijn tegen golfoverslag. Dit houdt verband met de nu gangbare praktijk bij dijkversterkingen waarbij op een probabilistische wijze een hoog overslagdebiet wordt toegelaten. Door deze golfoverslag kunnen hogere stroomsnelheden (5 à 10 m/s) optreden dan bij eerdere waarnemingen en is er sprake van meer turbulentie. Een goed onderhouden grasmat of een asfaltweg zijn hiertegen bestand. Het gedrag van halfverharding onder deze condities was echter onbekend en kon niet worden herleid uit rekenmodellen.

Jet erosie testen

Uit diverse onderzoeken blijkt dat de stroming door overslaand water vanaf het binnentalud op de binnentoe van een dijk vergelijkbaar is met een jetstroom. Daarom is geprobeerd om op basis van jet erosie testen in een laboratorium inzicht te krijgen in de erosie-eigenschappen van de halfverharding in ontwerpomstandigheden. Jet erosie testen worden internationaal veel uitgevoerd, in de Nederlandse dijkpraktijk worden ze sinds enkele jaren beperkt toegepast. Bij deze test wordt op een 15 cm diameter monster met een hoogte van 18 cm een waterstraal gericht op een gestandaardiseerde manier. De ontwikkeling van de erosiediepte in het monster wordt bij een ingesteld verval gemeten. Een jet erosie test geeft zowel een indicatie van de erosiebestendigheid (kritieke schuifspanning τ_c) als de erodeerbaarheid (Hanson erosiecoëfficiënt k_d) van het beproefde materiaal. Ter voorbereiding op de jet erosie testen zijn in het Fugro laboratorium in Leidschendam proefstukken gemaakt van halfverharding van de typen KoMex BIO (halfverharding versterkt

IN 'T KORT - Erosiegedrag

Halfverharding is een verzamelterm voor enigszins verharde lagen voor fietspaden

Twee typen halfverharding zijn eerder onder meer succesvol toegepast in wegen

Deze halfverhardingen bestaan uit een mengsel van breuksteen en kalk

De halfverharding blijkt in proeven voldoende erosiebestendig

met biopolymeren) en Graustabiel. Daarnaast zijn ter referentie proefstukken gemaakt van klei uit de Waaldijk van erosie categorie 3. Alle proefstukken zijn samengesteld uit geroerd basismateriaal en verdicht met een standaard Proctorapparaat naar 100 procent proctor-dichtheid bij aanwezig vochtgehalte. De monsters zijn verpakt en per koerier naar het in erosieproeven gespecialiseerde laboratorium van GeophyConsult in Frankrijk gebracht voor een 15-tal jet erosie testen.

Waaldijkklei

De jet erosie testen zijn uitgevoerd met een 12 mm diameter jet. Dit wijkt af van de standaardprocedure waarbij een 6 mm diameter jet wordt gebruikt. Om dit materiaal met een korrel diameter tot 12 mm te kunnen testen, is echter minimaal een vergelijkbare jet diameter nodig, omdat anders het resultaat kan worden beïnvloed door een enkele grove korrel. Er is een waterdruk van 5 m waterkolom toegepast.

De jet erosie testen laten zien dat beide typen halfverharding aanvankelijk relatief makkelijk eroderen. De proefstukken worden echter steeds erosiebestendiger naarmate er meer tijd is verstreken sinds de preparatie ervan. Vermoedelijk is dit het effect van uitharding. Na circa twee maanden uitharden is de kritieke erosiespanning groter dan 200 Pa. Uit de proeven blijkt verder dat de Waaldijkklei zeer erosiebestendig is. Dit is opvallend, omdat het qua samenstelling in erosie categorie 3 valt, die

volgens de richtlijnen juist wordt getypeerd als weinig erosiebestendig. De hoge erosieweerstand van deze klei kan worden verklaard door de hoge mate van verdichting en door het ontbreken van bodemstructuur (ofwel geen grote poriën en scheuren) in het geprepareerde monster.

Schuifspanning

De stroomsnelheden op het binnentalud van de dijk zijn deterministisch berekend met de empirische formules uit de Overtopping Manual. Dit is een uitgebreide, internationaal gedragen handleiding over het berekenen van golfoverslag bij dijken en dammen. De berekeningen zijn gedaan op basis van de extreme ontwerpomstandigheden met een significant overslagdebiet. Dit is vertaald naar een schuifspanning. Deze schuifspanning ligt bij het maatgevende dijkprofiel van Stadsdijken Zwolle in de orde van 100 Pa en is daarmee aanzienlijk lager dan de ondergrens van de kritieke erosiespanning van 200 Pa uit de jet erosie testen. Slijterrosie van halfverharding kan hier dus worden uitgesloten.

Nette overgang

Het feit dat de halfverharding in proeven voldoende erosiebestendig blijkt, neemt niet weg dat de toepassing ervan in paden bij dijken zorgvuldig moet gebeuren. Er dient te worden geverifieerd of een vergelijkbare verdichting wordt gehaald als bij de laboratoriumproeven om de erosiebestendigheid te waarborgen. Verder dient een nette overgang te worden gecreëerd met de grasmat en kleibekleding naast het pad, net als bij dijkwegen met een elementenverharding of een gesloten verharding. Na aanleg moet als onderdeel van het reguliere beheer en onderhoud regelmatig worden gecontroleerd of de halfverharding nog in goede staat is. De erosiebestendigheid kan immers sterk afnemen door achterstallig onderhoud, zoals een onregelmatig oppervlak door slijtage en scheurvorming door zettingen. De onderzoeksresultaten zijn niet generiek toepasbaar voor het binnenbeloop van dijken. Bij Stadsdijken Zwolle is alleen halfverharding voorzien achter relatief lage binnentaluds (tot 2 m hoogte). Veel dijken hebben een hoger binnentalud. Bij overslag zullen dan bij de binnenteen hogere schuifspanningen ontstaan, waardoor halfverharding mogelijk onvoldoende robuust is. Standaard wordt halfverharding in een laagdikte van 6 à 8 cm in paden aangebracht. De verwachting is dat deze laag snel zal uitspoelen als het materiaal boven de kritieke erosiespanning zou worden belast.



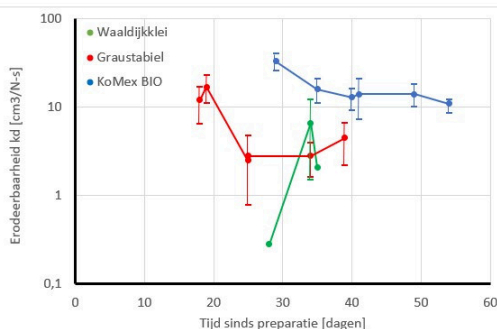
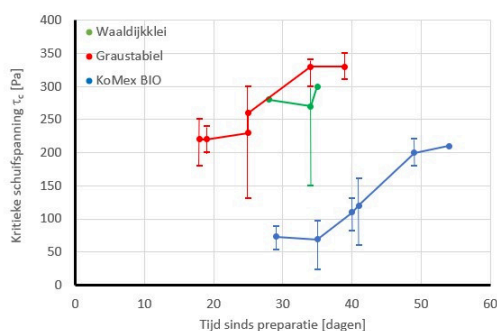
Geprepareerd proefstuk met halfverharding van Graustabiel. (Foto: Fugro)

Veilige keuze

Halfverharding is een verzamelterm voor een grote verscheidenheid van materialen. Sommige daarvan zijn niet erosiebestendig. Voorafgaand aan toepassing van een andere type halfverharding op dijken dan Graustabiel en KoMex Bio dient derhalve een nieuwe beschouwing te worden gedaan. Circa acht maanden na preparatie van de proefstukken is er nog een viertal jet erosie testen uitgevoerd om het erosiegedrag op de lange termijn van halfverharding te bepalen. Bij deze proeven is geen erosie meer gemeten bij de maximaal haalbare waterdruk in het apparaat. Daaruit volgt dat de kritieke schuifspanning van zowel KoMex BIO als Graustabiel na uitharding minimaal 540 Pa is. Dit bevestigt het beeld dat halfverharding bij Stadsdijken Zwolle een verantwoorde en veilige keuze is.

¹ Dura Vermeer en Ploegam ondersteund door Fugro, Tauw en H+N+S+ landschapsarchitecten.

Werner Halter is principal consultant en Luuk Barendse is adviseur Waterbouw (beiden bij Fugro).



Verloop van erosieparameters uitgezet tegen de verstreken tijd sinds preparatie.