

Dijkverhoging Oosterschelde
Notitie n.a.v. een artikel van
ir. I.W. Nortier.

A-76,030.

I. Samenvatting en conclusies

In zijn artikel "Methoden voor een snelle verhoging van de stormvloedveiligheid bij een open Oosterschelde" geeft ir. I.W. Nortier een aantal principe-oplossingen ter verbetering van de veiligheid van de dijken rond de Oosterschelde. De aangegeven mogelijkheden hebben alle betrekking op het verminderen van de golfoploop en golfoverslag tijdens stormvloed, zodat het gevaar voor doorbraak wordt verkleind.

Deze mogelijkheden zijn:

1. verbeteren van de glooiing-constructie.

Door het aanbrengen van ruwheidselementen op de glooiing, kan de oploop worden verminderd.

2. beperking van de golfontwikkeling.

Door het aanleggen van kunstmatige eilanden en/of leidammen wordt de golfgroei beperkt.

3. verbetering van de buitenberm.

Verhoging en verbreding van de berm kan de oploop reduceren.

4. verbetering van de glooiingsteilheid.

Tegen een flauwere glooiing lopen de golven minder hoog op.

In de huidige praktijk van de dijkbouw worden de onder 3 en 4 aangegeven methoden veelvuldig toegepast, het onder 1 aangeduide in mindere mate. De reductie van de golfoploop door deze toepassing is echter in het algemeen minder dan in de (reken) voorbeelden door ir. Nortier wordt gesuggereerd.

Het onder punt 2 aangeduide is geen gebruikelijke oplossing, aangezien hiervoor nogal omvangrijke en dure werken noodzakelijk zijn, waarvan het effect relatief gering is.

De veiligheid tegen dijkdoorbraak hangt overigens niet uitsluitend af van de veiligheid tegen golfoploop en - overslag. Ook de erosiebestendigheid van het buitentalud, grondmechanische eigenschappen van dijk en ondergrond, eventueel aanwezige vreemde objecten, wijze van beheer en onderhoud, etc. spelen een rol. Indien de veiligheid tegen doorbraak door één van deze factoren (overslag) met een bepaalde factor wordt vergroot, betekent dat niet dat de totale doorbraakkans met een zelfde factor vermindert.

Ofschoon de oplossingen die door ir. Nortier zijn aangegeven, wel een zekere mate van verbetering van de veiligheid ten aanzien van doorbraak door overslag inhouden, dient het effect hiervan niet overschat te worden.

II. Verbeteren van de glooiing-constructie

In de nota "Golfoploop en Golfoverslag" van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen wordt aangegeven welke golfoploopremmende invloed uitgaat van een aantal verschillende soorten ruwheidselementen. Daarbij is niet alleen gebruik gemaakt van onderzoekingen in het W.L. doch tevens van ervaringen van buitenlandse laboratoria. De optimale oploopremmende constructie komt ongeveer overeen met die welke ir. Nortier aangeeft. De maximale reductie in golfoploop bedraagt voor deze constructie circa 40% in vergelijking met de oploop tegen een volkomen vlak en glad talud. Een conventionele basaltglooiing of grasmat geeft echter al circa 15% reductie, zodat de verbetering ten opzichte van deze laatste constructie rond 30% bedraagt hetgeen ir. Nortier ook in zijn rekenvoorbeeld aanhoudt.

Hoewel een dijk voorzien van deze ruwheidselementen veiliger is dan een dijk zonder (onder overigens gelijke omstandigheden), is het niet zo dat de dijk met ruwheidselementen bij de hoge waterstand in het rekenvoorbeeld dezelfde veiligheid biedt als de andere dijk bij de lagere stand.

Ten eerste is de dijk met ruwheidselementen gevoeliger voor afwijkingen in de waterstand. Een geringe waterstandsverhoging b.v. van 0,20 m betekent een waakhoogtevermindering van 10% in geval van de gladde dijk tegen bijna 15% in geval van de ruwe dijk. De "reserve" in deze laatste constructie is dus minder.

Ten tweede zijn de ruwheidselementen vrij kwetsbaar (drijvend vuil, weersinvloeden enz.) De betrouwbaarheid van de constructie is derhalve kleiner dan van een gladde dijk.

Ten derde kunnen afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden, bij hogere waterstanden ook hogere golven voorkomen; een gedeelte van de hoogtewinst gaat in dat geval weer verloren.

Ten slotte bestaan er andere oorzaken voor bezwijken dan overslag, zoals erosie van het buitentalud tijdens storm, afschuiving door grondmechanische gebreken, het bezwijken van vreemde objecten etc.

Het is op grond van het bovenstaande niet juist om de reductie van de golfoploop volledig te laten opwegen tegen een gelijke verhoging van de stormvloedstand.

III. Beperking van de golfontwikkeling.

De hoogte van door wind opgewekte golven is afhankelijk van een groot aantal factoren, waarvan de belangrijkste zijn:

a: windsnelheid

b: duur van de storm

c: strijklengte

d: waterdiepte.

ad a: lagere windsnelheden geven lagere golven;

ad b: de golfbeweging heeft enige tijd nodig om zich aan te passen aan de windsnelheid; kortdurende stormen geven een "onvolgroeid" golfspectrum te zien met lagere en kortere golven dan een volgroeid spectrum.

ad c: behalve tijd heeft de golfbeweging ook enige afstand nodig om zich te kunnen instellen; kleine strijklengten geven eveneens onvolgroeide spectra.

ad d: ook de waterdiepte kan een beperkende factor zijn, omdat hoge golven op ondiep water niet kunnen ontstaan; hoge golven die vanuit diep water ondiepten bereiken zullen daar breken en een deel van hun energie verliezen.

Voor de omstandigheden zoals die rond de Oosterschelde worden aangetroffen zijn in het algemeen de factoren a en c of a en d bepalend voor het golfklimaat. Het is niet duidelijk of ir. Nortier voorstaat de strijklengte dan wel de waterdiepte te beperken. Beide methoden leiden echter inderdaad tot lagere golven. Bij beperking van de strijklengte door damaanleg zullen deze dammen een kruinhoogte rond ontwerppeil moeten hebben om ook bij extreme omstandigheden nog effectief te zijn. Bovendien dienen zij tegen overslagbestand te zijn (verdediging over de kop).

Bij beperking van de diepte dient dit over een behoorlijk gedeelte van de totale strijklengte te geschieden; te denken valt aan b.v. ophoging van de bestaande zandplaten.

De ophoging behoeft echter minder hoog te zijn dan de "delingsdammen", b.v. tot een meter beneden ontwerppeil. Deze oplossing zal geen

verdediging behoeven en is landschappelijk minder verwerpelijk dan de "delingsdammen", doch de oplossing vergt wel enorme hoeveelheden ophogingsmateriaal.

Bij een strijklengte van 8 km, verdeeld in 3 vakken t.w. 2 km, 4 km en 2 km met bodemdiepten resp. 30 m, 4 m en 30 m beneden de waterstand (geul-plaat-geul) geeft een windsnelheid van 30 m/s volgens de golf-groei en dempingsgrafieken van Bretschneider en Miche een golfhoogte van circa 1,6 à 1,7 m aan het eind van het derde vak.

Verondieping van het middenvak tot 1 m beneden de waterstand reduceert de golfhoogte en dus de oploop met ongeveer 25% tot ongeveer 1,2 m.

Het aanleggen van een dam aan het eind van het tweede vak (geen golf-doordringing vanuit het tweede naar het derde vak) reduceert de oorspronkelijke golfhoogte met ongeveer 30% tot 1,1 à 1,2 m.

Deze in werkelijkheid te realiseren reductie hangt sterk af van de plaatselijke omstandigheden: langs de noordrand van het Oosterschelde-bekken, waar de golfbeweging niet rechtstreeks door de wind wordt opgewekt is de relatie tussen de beperking van de strijklengte en waterdiepte enerzijds en de golfhoogte anderzijds minder eenduidig. De reductie zal daar minder groot zijn.

Voor de berekening van de vergroting van de veiligheid zij verwezen naar de beperkingen die in het voorgaande onder II reeds werden aangegeven.

IV. Verbetering van de buitenberm.

Van het reducerende effect van een berm op de golfoploop wordt ook elders vaak gebruik gemaakt bij het ontwerpen van waterkeringen. Uit onderzoek in het W.L., in aanvulling op onderzoekingen van Herbich c.s., is gebleken dat bij een bermbreedte groter dan $\sqrt{H.L.}$ nauwelijks verdere reductie van de golfoploop wordt bereikt.

Voor de Oosterschelde gebruikelijke golfkarakteristieken komt dat overeen met een bermbreedte gelijk aan 4 à 5 maal de golfhoogte. Voor een maximale reductie, circa 40% in vergelijking met een vlak talud, moet deze berm tevens ongeveer op de waterstand liggen.

Anderzijds geeft een dergelijke berm, gelegen op b.v. anderhalfmaal de golfhoogte beneden de waterstand, als een reductie van de oploop van circa 20% (zie "Golfoploop en Golfoverslag").

Deze situatie (of gunstiger) komt vrij veel voor rond de Oosterschelde, zodat de mogelijke verbetering ten opzichte van de bestaande situatie minder dan de genoemde 30 à 40% bedraagt.

Omtrent een gecombineerde toepassing van bermen en ruwheidselementen is bijzonder weinig bekend. Aangenomen wordt dat toepassing van ruwheidselementen boven de berm de oploop daar op gelijke wijze reduceren als bij een talud zonder berm.

Tenslotte zij opgemerkt dat de ondergrond van de dijken rond de Oosterschelde in het algemeen zeker niet ideaal is i.v.m. de valgevoeligheid. Van enige invloed van de gronddrukvergroting bij kruinverhoging op de stabiliteit van de ondergrond in dit opzicht is echter niets bekend. In die gevallen, waar klei of veen in de ondergrond voorkomt kan uit grondmechanische overwegingen de voorkeur uitgaan naar een minder hoge dijk.

V. Verbetering van de glooiïngsteilheid.

De golfoploop tegen een talud is binnen zekere grenzen recht evenredig met de taludhelling; flauwere taluds geven inderdaad lagere golfoploop. Ook van deze eigenschap wordt in de dijkbouw veel gebruik gemaakt.

Het is daarbij echter een voorwaarde dat het talud onder dezelfde helling doorloopt tot de brekerdiepte van de golven, dat is ongeveer 1,2 maal de golfhoogte beneden de waterlijn.

Flauwere taluds hebben derhalve een grote lengte beneden de ontwerpwaterstand - welke lengte in zijn geheel verdedigd moet worden om ook bij lagere waterstanden golfaanval te kunnen weerstaan. Ook de voor de dijk benodigde aanlegbreedte neemt in dat geval snel toe.

Tenslotte zij opgemerkt dat met betrekking tot de afmetingen van de benodigde bloksteen, basalt of betonblokken nog onvoldoende bekend is om te kunnen aangeven of een tweemaal zo kleine taludhelling ook half zo zware stenen vereist.

A-76.050

CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN

ARCHIEFEXEMPLAAR

Hooftskade 1
's-Gravenhage
Tel. (070) 88 93 70

Aan de hoofdingenieur-directeur van de
Rijkswaterstaat,
Directie Waterhuishouding en Waterbeweging,
Hooftskade 1
's-Gravenhage

Uw kenmerk: AL30377/Uw brief van: 17-5-76
II
Behandeld door:
Onderwerp: Oosterschelde

Ons kenmerk:
nr.: 640


Bijlagen:

's-Gravenhage, 28 mei 1976

Naar aanleiding van het bij Uwbovenaangehaalde brief om bericht en raad ontvangen artikel van ir. I.W. Nortier, zend ik U een notitie waarin op de dijkbouwtechnische aspecten nader wordt ingegaan.

Uit deze notitie moge blijken dat de gedachten van ir. Nortier zeker niet nieuw of revolutionair zijn; van dezelfde principes wordt vrijwel overal in de dijkbouw gebruik gemaakt. Het nuttig effect van (een combinatie van) de voorgestelde maatregelen dient echter niet te worden overschat.

Het Hoofd van het Centrum,



ir. P.W. Roest.