

Houdkracht van ankers

Over de houdkracht van ankers zijn reeds vele beschouwingen verschenen, maar tot op heden is het nog steeds niet gelukt om langs theoretische weg de houdkracht van een anker in een willekeurige bodem te voorspellen. Reproduceerbare waarden van de houdkracht worden eigenlijk alleen met ankermodellen bij ankertrekproeven in daarvoor speciaal vervaardigde zandbakken verkregen. Dergelijke trekproeven kan men herhalen en nagaan of de gevonden waarden van de houdkracht van de onderzochte modelankers betrouwbaar zijn.

Deze proefnemingen worden hoofdzakelijk genomen in zand, dus in een loskorrelig materiaal dat niet kleeft. Zodra men met klevend bodemmateriaal, zoals klei, te doen heeft blijkt het bijzonder moeilijk te zijn betrouwbare meetresultaten te verkrijgen.

Om een beter inzicht in de houdkracht van een anker te verkrijgen werd rond 1975 een algemene formule voor de houdkracht van een willekeurig anker in een loskorrelige bodem bedacht en werd met behulp van trekproeven in twee ankertrekbakken op realiteitswaarde onderzocht. Zie literatuur opgave. De formule bleek bruikbaar te zijn, maar geeft slechts een eerste indicatie van de houdkracht in een loskorrelige bodem.

Karakteristieke waarden

Om met een formule de houdkracht van een anker in een loskorrelige bodem te kunnen aangeven moeten enkele karakteristieke waarden van een anker en van de bodem vastgelegd worden.

Voor een anker werden de waarden l , A , en l_a gekozen en voor de bodem ρ , ϕ en g .

- l = de schachtlengte, de afstand tussen het scharnierpunt in de kroon en de hartlijn van het schalmgat.
- A = het oppervlak van vloei en kroon, gemeten in het symmetrie vlak door de vloei en de kroon.
- l_a = een karakteristieke lengte betrekken op bovenstaand oppervlak $l_a^2 = A$

ρ = de soortelijke massa.
 ϕ = de hoek van de inwendige wrijving van de bodem.
 g = de versnelling van de zwaartekracht.

Bij een ankertrekproef bleken de volgende waarden van belang:

Kh = de houdkracht op een bepaald moment.
 hzc = de afstand van het aangrijpingspunt van alle krachten die op de vloei

en de kroon werken tot het oppervlak van het bed. Aangenomen werd dat alle krachten aangrijpen in het zwaartepunt van het oppervlak.

Bij de uitwerking van de resultaten bleek de waarde V van belang te zijn.
 V = de bodemdruk verhouding

$$V = Kh / (\rho \cdot g \cdot A \cdot l_a) \quad (1)$$

De proefnemingen

In de ankersleptank van de vakgroep Maritieme Techniek van de TU Delft en in de sleptank van het Anker Advies Bureau Klaren te Nieuwerkerk werden twee Triple Delta ankermodellen beproefd. Een model had een schachtlengte van 127 mm en het tweede model had een schachtlengte van 176 mm. In Delft bevond zich in de trekbak een PVC kunststof en in de trekbak in Nieuwerkerk zand waarvan de eigenschappen waren:

- PVC: Soortelijke massa 580 kg/m³ en een interne wrijvingshoek van 35° en
- Zand: Soortelijke massa 1620 kg/m³ en een interne wrijvingshoek van 31°.

De resultaten

Het bleek dat de anker modellen na een slipweg van vijf maal de schachtlengte de maximale houdkracht nog niet bereikt hadden. Om dit te realiseren zouden veel langere trekbakken nodig geweest zijn.

De afstand van de punten van de vloei en tot het bedoppervlak nam toe tot een lengte gelijk aan de schachtlengte. Een sterke toename van de houdkracht was aan het eind van deze proeven niet meer te verwachten.

De V waarde bleek zeer regelmatig toe te nemen tijdens het ingraven van de ankers, zie fig. 1.

Bij de uitwerking van de meetresultaten bleek dat men deze waarde goed kan benaderen met de formule

$$V = Ca \left(\left(\frac{hzc}{l_a} \right) - 0.1 \right) \quad (2)$$

waarin Ca een voor een ankertype en bodem karakteristieke waarde is die voor de proeven met de Triple Delta ankermodellen in PVC 5,2 en in die voor zand 4,8 bedroeg.

Afhankelijkheden

In fig. 2 is op sterk vereenvoudigde wij-

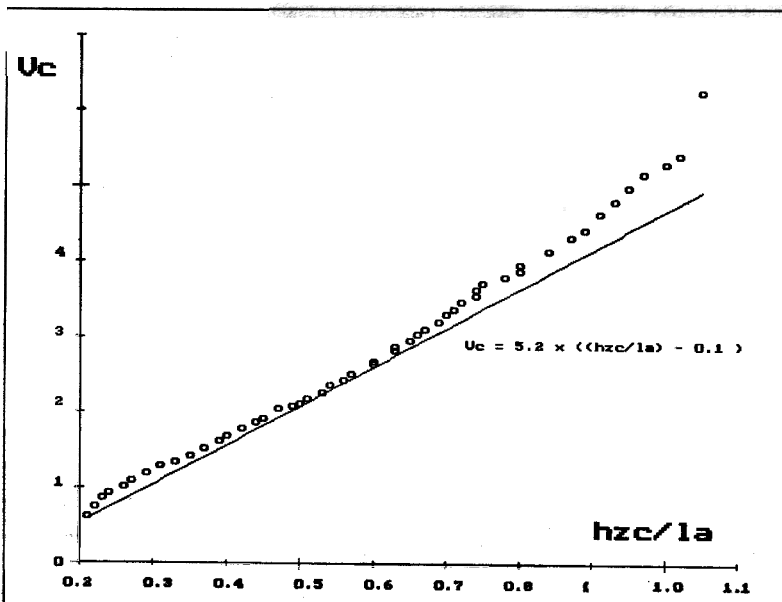


Fig.1. Het verband tussen de waarden V_c en hzc/l_a .

ze aangegeven hoe een ingravend anker in de bodem, voor het anker uit, een hellend vlak naar het oppervlak van het bed vormt waarlangs het materiaal afschuift. Daarbij is aangenomen dat de afschuiving langs een recht vlak plaats vindt en dat het begin van dit vlak in het zwaartepunt van het ankeroppervlak op een diepte hoc onder het bedoppervlak ligt.

Laten we het gewicht van het anker en een eventueel kettingdeel ter plaatse als klein ten opzichte van het gewicht van de geactiveerde bodem buiten beschouwing, dan drukt het gewicht van de bodem boven dit afschuifvlak K_v op het afschuivende vlak en ontstaat een weerstand die door de nog niet verstoorde bodem langs het afschuivende vlak op de verstoorde bodem uitoefend wordt K_r .

Aangenomen wordt dat de resultante van K_v en K_r , de horizontaal werkend aangenomen waarde K_h , de houdkracht van de ketting op het geheel is die de afschuiving in de bodem veroorzaakt.

$$\text{Nu geldt } K_h = K_v \cdot \text{tg}(45^\circ + \phi/2) \quad (3)$$

Wanneer men de dikte van de beschouwde wig bodemmateriaal gelijk aan de gehanteerde lengte eenheid stelt, dan geldt voor dit wigdeel dat de houdkracht evenredig is met het oppervlak van de wig, dus met hoc^2 en met $1/\text{tg}(45^\circ - \phi/2)$.

Over het hele oppervlak van het anker genomen kan men ruwweg stellen dat

$$K_h = C_s \cdot \text{hoc}^2 \cdot \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2) \quad (4)$$

waarin C_s een nader te bepalen ankerconstante is.

De combinatie van (1) en (2) geeft echter de benaderingsformule

$$K_h = C_a \cdot ((\text{hoc}/l_a - 0.1) \cdot p \cdot g \cdot A \cdot l_a) \quad (5)$$

en omdat $A = l_a^2$

$$K_h = C_a \cdot ((\text{hoc}/l_a - 0.1) \cdot p \cdot g \cdot l_a^3)$$

Formule (4) geeft aan wat de invloed van de interne wrijvingshoek van het bodemmateriaal is, maar kan men verder niet algemeen gebruiken omdat de waarde C_s voor elk anker en elke bodem afzonderlijk bepaald moet worden.

Daarom werd formule (5) uitgebreid tot de algemeen hanteerbare formule

$$K_h = C_{sa} \cdot p \cdot g \cdot l_a^3 \cdot ((\text{hoc}/l_a - 0.1) \cdot \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)) \quad (6)$$

waarin de invloed van de bodem in p en ϕ verdisconteerd is en de afmetin-

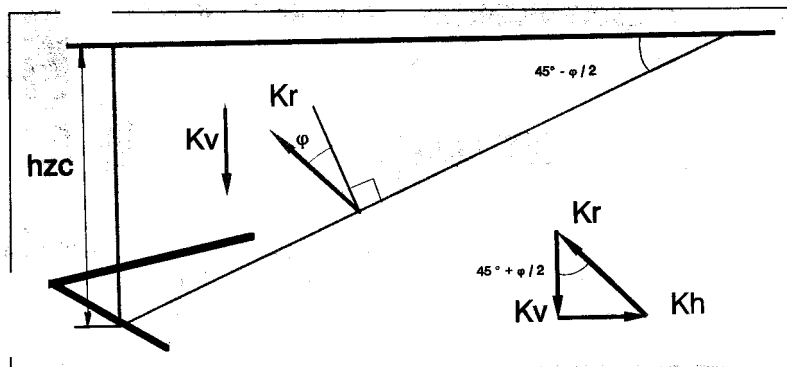


Fig.2. Vereenvoudigd model van het krachterspel in de bodem.

gen van een anker in de waarde l_a . De onbekende waarden zijn de constante C_{sa} en de diepte maat hoc .

Van de waarde C_{sa} mag aangenomen worden dat deze voor een ankertype een constante is. Zowel bij de proeven in zand als bij de proeven in P.V.C. werden voor C_{sa} de waarde 1.54 voor een Triple Delta anker gevonden.

Onbekend blijft de waarde hoc , maar vele modelproeven die in de loop der jaren gedaan werden wezen uit dat de punten van de vloeiën, bij de maximale houdkracht van een goed ingravende ankers, minstens de schacht lengte onder het oppervlak van het bed doordringen.

Voor een eerste schatting van de houdkracht kan men dan ook veilig stellen dat

$$\text{hoc} = 0.8 \cdot l_a \quad (7)$$

Wanneer men voor C_{sa} de waarde 1,5 aanhoudt kan men van elk goed ingravend anker een veilige schatting van de houdkracht van een anker met formule (6) berekenen.

Veiliger is het aan de hand van een modelproef de waarde hoc te meten en C_{sa} aan de hand van de resultaten te berekenen. Met deze nieuw bepaalde waarden kan men dan een schatting maken van de houdkracht van ankers van het zelfde type met andere afmetingen en in andere loskorrelige bodemsoorten.

Opmerkingen

Wanneer een anker in een loskorrelige bodem doorlopend zuiver horizontaal getrokken wordt, zal het anker zeer diep in de bodem door kunnen dringen.

Doordat de ketting bij het dieper ingraven van een anker een kracht uitoefent die niet alleen groter wordt, maar ook onder een steeds grotere hoek met de horizontaal aangrijpt, ontstaat het moment dat een anker niet dieper meer ingraaft. Deze situatie is vergelijkbaar met een vlieger in de lucht aan een vlieger-

touw. Hoe groot de maximale houdkracht van een anker onder bepaalde omstandigheden in een loskorrelige bodem wordt hangt dus niet alleen van de bodem en het anker af, maar ook van de afmetingen van de ketting en de loop van de ketting door de bodem. Om de invloed van dit samenspel tussen anker, ketting en bodem te kunnen onderzoeken is een zeer grote, vooral lange, proefinstallatie noodzakelijk die zeer kostbaar is omdat men er voor moet zorgen dat na elke proefneming al het bodemmateriaal in een reproduceerbare uitgangssituatie voor een nieuwe proef gebracht moet kunnen worden.

Ten aanzien van niet loskorrelige bodemsoorten kan slechts gesteld worden dat modelproeven bijna niet uitvoerbaar zijn. Gezien de hoge kosten van een goede proefopstelling en de vele arbeidsuren die goede ankerproeven vereisen, zal men het nog wel enige tijd met schattingen aan de hand van praktijk en bedachte vuistformules zoals bovengenoemde formule moeten doen.

Literatuuropgave

Dr.ir. K.J.Saurwalt De bepaling van de houdkracht van ankers met behulp van indicatieve verhoudingen. Technische Universiteit Delft. Faculteit Werktuigbouwkunde en Maritieme techniek. Vakgroep Maritieme Techniek. Rapport No 23-SB-7505 1975