

Nieuw Hoog Catharijne Utrecht, ontwerp 5-laags ondergrondse parkeergarage: grondonderzoek en conusbelastingproef

Inleiding

Ter plaatse van het deelgebied Vredenburg Hoog Catharijne in het centrum van Utrecht staat de aanleg van een 5-laags ondergrondse parkeergarage gepland. De grote diepte van de parkeergarage en de voornamelijk uit zand bestaande ondergrond, het integreren van een gracht in de garage, de hoge kolomlasten van de op de garage geprojecteerde hoogbouw en de omgevingsbeïnvloeding van nabijgelegen bestaande van parkeergarages voorziene bebouwing vormen daarbij een speciale uitdaging voor ontwerp van constructie, bouwkuipwanden, verankeringen, funderingspalen en bemaling.

In opdracht van Corio wordt door een ontwerp-team van Van Rossum Raadgevende Ingenieurs, Wareco Raadgevend Ingenieurs en CRUX Engineering een ontwerp gemaakt, waarbij een aantal belangrijke constructieve, geohydrologische en geotechnische vraagstukken worden onderzocht. Deze publicatie, waarbij onder andere een nieuwe, door Lankelma uitgevoerde grondonderzoeksmethode wordt uiteengezet, is naar verwachting dan ook de eerste uit een serie.

Het Bouwproject

In het kader van een grootscheepse herstructurering van het gebied rondom Hoog Catharijne en de modernisering van het winkelcentrum is onder andere de bouw van een 5-laags ondergrondse parkeergarage voorzien. Het vloerniveau van de bovenste parkeerlaag bevindt zich rond NAP (het maaiveld ligt op 3,65 m + NAP) ; de bovenkant van de vloer van de onderste parkeerlaag ligt op NAP-12 m. Er is uitgegaan van een poldergarage, waarbij gebruik wordt

gemaakt van een grondkering bestaande uit een cementbentonietwand van 1m dikte tot de afsluitende kleilaag op circa NAP-58 m waarin een betonnen spanwand met hoogte 750mm tot NAP 28 m wordt afgehangen. De cementbentonietwand dient als waterkering terwijl de spanwand de constructieve sterkte levert voor de grondkering. De bouwvolgorde is zo dat er telkens een laag van 3m droog ontgraven wordt waarna de vloer wordt aangebracht. De vloer fungeert daarmee als stempel voor de grondkering. De 5-laags parkeergarage wordt gerealiseerd op een locatie waar nu reeds een 2-laags parkeergarage aanwezig is. De 2-laags garage wordt voor een deel gesloopt en het deel dat blijft wordt aangesloten op de nieuwe 5-laags garage. Hiervoor moeten tijdens de bouw speciale maatregelen genomen worden. Het grondonderzoek moet dus bovendien gefaseerd worden uitgevoerd, omdat de sondeerlocaties vanuit de bestaande situatie slechts beperkt toegankelijk zijn. Overigens zal over het project zelf nog separaat in de Geotechniek worden gepubliceerd.

Grondparameters

Omdat omgevingsbeïnvloeding van naastgelegen bestaande bebouwing (onder andere het Muziekpaleis) een belangrijke rol speelt, worden onder andere eindige-elementen berekeningen uitgevoerd van de bouwkuip, waarbij de stijfheid van de grond een belangrijke rol speelt. Deze is namelijk bepalend voor de reactie van de wand, de verplaatsingen en spanningsveranderingen in de grond en daarmee voor de respons van de belendingen.

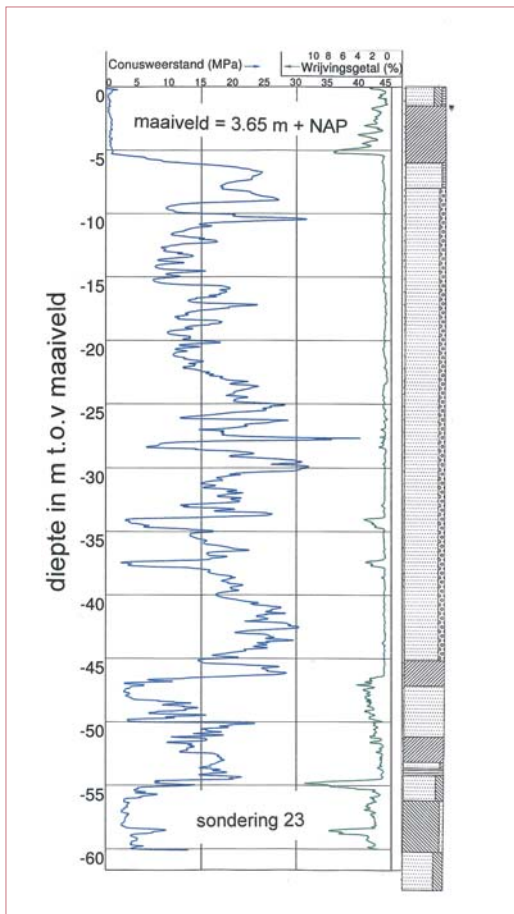
De grondslag ter plaatse bestaat vrijwel geheel

Samenvatting

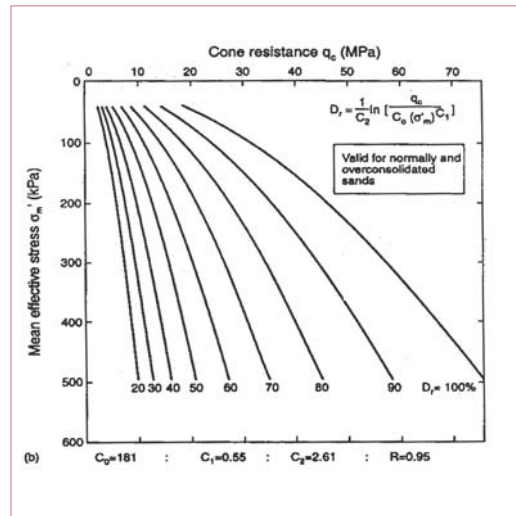
Ter plaatse van het deelgebied Vredenburg Hoog Catharijne in het centrum van Utrecht staat de aanleg van een 5-laags ondergrondse parkeergarage gepland. Omdat omgevingsbeïnvloeding van naastgelegen bestaande bebouwing een belangrijke rol speelt, worden eindige-elementen berekeningen uitgevoerd van de bouwkuip. Om de stijfheid van de grond te kunnen bepalen is in het grondonderzoek gebruik gemaakt van in-situ stijfheidsbepaling middels de recent ontwikkelde conusbelastingproef. Voor deze proef zijn geen grondmonsters nodig en vindt directe stijfheidsmeting bij de in-situ-dichtheid plaats. De proef is goedkoop, snel en kan redelijk eenvoudig uitgevoerd worden en draagt bij aan een economisch ontwerp.

uit zand. Een gangbare werkwijze voor het bepalen van de grondparameters voor een grondkerende wand is het uitvoeren van sonderingen, gevolgd door boringen met ongeroerde monstername en triaxiaalproeven in het laboratorium. Een probleem hierbij wordt gevormd door ongeroerde monstername in zand. Zoals beschreven in de nieuwe internationale norm voor boren en monstername (zie literatuur) staan wereldwijd geen grondmonstername technieken ter beschikking om in cohesieloos zand onder de grondwaterspiegel de vereiste monsterklasse 1 te verkrijgen. Het probleem bij dit zand is dat tijdens de verschillende productiefasen, zoals boren, monster steken, vervoer en inzetten in het triaxiaalapparaat, de dichtheid en structuur van het monster verandert. Deze verandering kan een grote impact hebben op de zo bepaalde parameters en daarmee op de validiteit van de ontwerpberekeningen.

Om dit verstoringprobleem te vermijden is in het grondonderzoek van Nieuw Hoog Catharijne gebruik gemaakt van een methode voor *in-situ* stijfheidsbepaling, te weten de recent ontwikkelde conusbelastingproef. Bij deze proef, welke op dit project voor het eerst in Nederland is toegepast, wordt een sondering op een bepaalde diepte onderbroken, waarna een trapsgewijze, statische proefbelasting op de conuspunt wordt uitgevoerd, totdat bezwijken van de

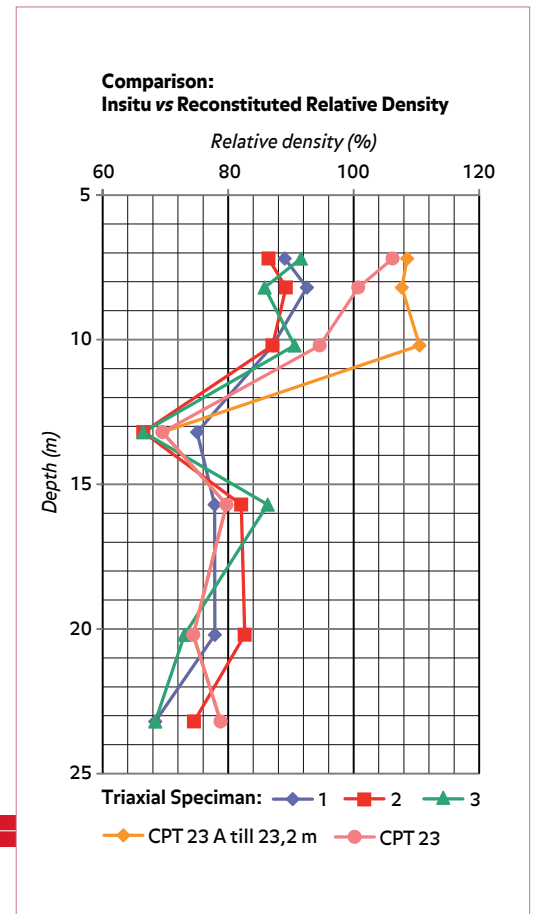


Figuur 1 Sondeergrafiek en boorstaat.



Figuur 2 Verband tussen conusweerstand en relatieve dichtheid (Baldi).

Figuur 3 In-situ relatieve dichtheid bepaald uit de conusweerstand en relatieve dichtheid van de triaxiaalproefstukken.



conuspunt wordt waargenomen.

De elasticiteitsmodulus verkregen uit deze proeven is vervolgens gecorrigeerd aan die van triaxiaalproeven, uitgevoerd op kunstmatig uitgeroerde monsters opgebouwde proefstukken met een dichtheid die overeenkomt met de uit de sonderingen afgeleide in-situ dichtheid. De conusbelastingproef is dusdanig kosteneffectief gebleken voor het bepalen van de elasticiteitsmodulus van zand, dat toepassing ervan een waardevolle aanvulling vormt op bestaande technieken.

Grondonderzoek

Op basis van de sonderingen en boringen van het uitgevoerde onderzoek volgt globaal de volgende grondlagenopbouw:

- circa 5 m dik bovenpakket van klei;
- circa 50 m dik pakket van doorgaans grof zand, doorsneden door kleiige lagen; het zand is vast tot zeer vast;
- circa 5 m dikke zandhoudende leemlaag (Kedichem);
- pakket van fijn, dicht gepakt zand.

Tot op heden is, in fase 1 (voor sloop) het volgende onderzoek uitgevoerd:

Terreinonderzoek

- 18 sonderingen, reikend tot een diepte van 45 à 65 m, waarvan 1 inpandig vanuit de bestaande parkeerkelder.
- Een pulsboring met ongeroerde monsternamen, diepte 63 m, inclusief peilbuis met het filter op einddiepte.
- Ongeroerde monsternamen, waarbij de dieptes zijn bepaald aan de hand van de sondeerresultaten.
- Een serie conusbelastingproeven tot 23 m diepte op één locatie, met in totaal 15 proeven op verschillende dieptes (uitgevoerd binnen 1 werkdag!).

Laboratoriumonderzoek

Bovenpakket van klei

- 2 triaxiaalproeven.

Zandpakket

- 10 triaxiaalproeven inclusief de bepaling van de maximum- en minimum dichtheid, verdeeld over de diverse zandlagen.
- 9 korrelverdelingen, door middel van zieving.

Diepe leemlaag

- 4 samendrukkingsproeven.
- 5 doorlatendheidsproeven.
- 5 korrelverdelingsbepalingen (bezinkproef).

- gedetailleerde beschrijving van continu gestoken ongeroerde monsters

De resultaten hiervan worden in dit artikel, dat gefocust is op de parameters die van belang zijn voor de dimensionering van de betonnen spanwand, niet nader belicht.

De triaxiaalproeven op de zandmonsters zijn geconsolideerd en gedraineerd uitgevoerd na isotrope consolidatie. Hierbij is gebruik gemaakt van de enkeltrapsmethode. Hierbij worden voor 1 triaxiaalproef 3 proefstukken getest tot bezwijken. De consolidatiespanning van de proefstukken is gekozen op één, anderhalf en twee maal de verticale korrelspanning. De eerstgenoemde consolidatiespanning is dus iets hoger gekozen dan de (bij een K_0 van 0,5 behorende) isotrope consolidatiespanning van 0,7 x de verticale korrelspanning. Hiervoor is gekozen om ruim boven het mogelijke voorbelastingsgebied te komen.

De proefstukken voor de triaxiaalproeven zijn op de volgende wijze geprepareerd:

- bepaling van de relatieve dichtheid uit de conusweerstand volgens Baldi et al (zie literatuur, zie figuur 2; opvallend hierbij was dat dit

bij de zeer vaste zandlaag, aanwezig tussen NAP -2m en NAP- 7m leidde tot een relatieve dichtheid van iets boven de 100%;

- bepaling van de maximum en minimum dichtheid van het monstermateriaal;
- berekening van de gewenste dichtheid van het proefstuk;
- opbouw van het proefstuk met de gewenste dichtheid; overigens lukte dit niet voor de bemonsteringsdiepten waar een extreem hoge relatieve dichtheid werd gevonden (zie figuur 3).

De doorlatendheidsproeven op de leemmonsters zijn uitgevoerd in een samendrukkingsapparaat volgens de *falling head* methode; dit na consolidatie onder een bovenbelasting die overeen komt met de lokaal aanwezige verticale korrelspanning.

Conusbelastingsproef

Er is grote behoefte aan een nieuwe, snelle proef ter bepaling van het vervormingsgedrag van grond. Dit geldt voor alle grondsoorten, maar in het bijzonder voor zand. In-situ proeven als de Ménard-pressiometerproef en de conuspressiometerproef bieden een oplossing, maar zijn duur en hebben soms te lijden van technische beperkingen. Zo is het vrijwel ondoenbaar om in zand een boorgat met een ongeroerde wand te maken (Ménard-pressiometerproef). De conuspressiometer heeft op haar beurt weer het nadeel dat het dilatabele gedeelte van de conus bij het verder wegdrücken stuk kan gaan voordat de einddiepte is bereikt. De platte dilatometer heeft het nadeel dat de vervormingscurve uit slechts twee meetpunten bestaat en dat de dilatometer bij het wegdrücken vaak scheef wegloopt. Dit belemmert het in één keer wegdrücken van deze

sonde, waardoor afwisselend geboord en gepetreed moet worden, hetgeen tijdrovend is. De seismische conus geeft wel inzicht in de vervormingseigenschappen maar alleen voor zeer kleine vervormingen.

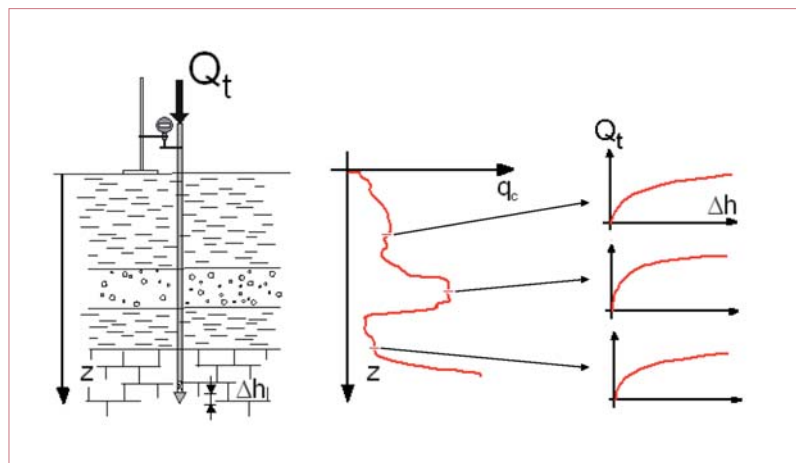
Met uitzondering van de conuspressiometer missen bovengenoemde technieken bovendien de gecombineerde uitvoering met de statische sondering, die als groot voordeel heeft dat naast de discontinue vervormingsproeven, ook een continu beeld van de ondergrond uit de gewone sondeerparameters wordt verkregen.

De conusbelastingsproef is in de jaren '70 van de vorige eeuw ontwikkeld in Frankrijk en is daar toen op beperkte schaal en tot geringe diepte getest. Enkele jaren geleden is de proef nieuw leven ingeblazen door deze te combineren met een gewone elektrische sondering.

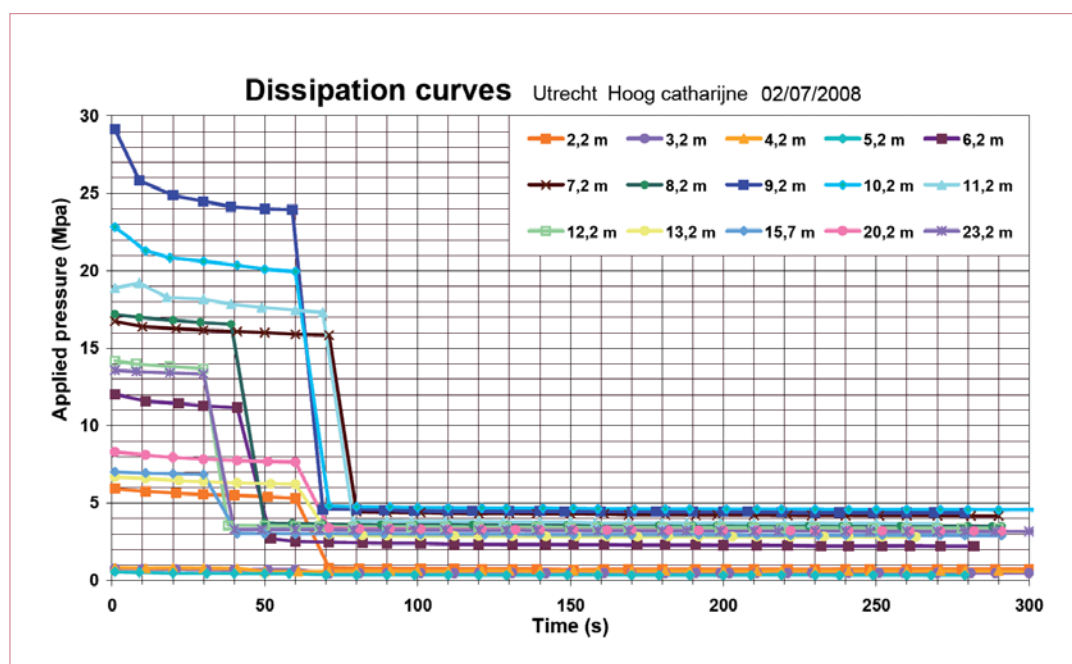
Het principe van een dergelijke proef is weer gegeven in figuur 4.

De proef wordt uitgevoerd met standaard sondeerapparatuur waaraan enkele bijzondere voorzieningen zijn toegevoegd. Dit zijn een elektrische verplaatsingsopnemer met een slag van circa 30 mm en een handpomp om het hydraulische wegdrückapparaat nauwkeurig te kunnen besturen. De proef wordt als volgt uitgevoerd. Op de gewenste proefdiepte wordt de sondering gestopt en de afname van de conusweerstand tegen de tijd wordt gemeten. Na 5 à 10 minuten wordt begonnen met de daadwerkelijke proefbelasting van de conus. Hierbij wordt in circa 10 trappen van 1 minuut de conusweerstand opgevoerd tot bezwijken. De verticale verplaatsing van de kop van de sondeerbuizenstreng wordt voortdurend met de elektrische verplaatsingsopnemer gemeten. Na het toevoegen van een correctie op de metingen (voor samendrukking van de sondeerbuizenstreng) wordt een last-zakkingsdiagram verkregen door de zakking van de conuspunt aan het einde van de belastingtrap van 1 minuut uit te zetten tegen de bijbehorende constant gehouden conusweerstand. Uit de helling van dit last-zakkingsdiagram kan vervolgens de elasticiteitsmodulus worden bepaald.

Uiteraard dienen bij deze nieuwe proef een aantal kanttekeningen te worden gemaakt. De belangrijkste is wel, dat voorafgaand aan de last-zakkingsproef de grondslag is voorbelast door het sonderen tot aan de proefdiepte. Een ander aspect is de nauwkeurigheid van de meting van de verticale verplaatsing van de conuspunt. Deze wordt namelijk niet rechtstreeks gemeten, maar afgeleid uit de nauwkeurig bovengronds gemeten zetting van de kop



Figuur 4 Principe van de conusbelastingsproef.



Figuur 5 Dissipatie van de conusweerstand voorafgaand aan de eigenlijke conusbelastingsproef.

van de sondeerbuizen, waarna een correctie wordt uitgevoerd voor de samendrukking van de sondeerbuizenstreng om zo de zakking van de conuspunt te krijgen. Voor het bepalen van deze correctie moet een bepaald verloop met de diepte van de normaalkracht in de sondeerbuizen worden aangenomen. Voor het onderhavige project is de aanname gedaan, dat deze normaalkracht het gemiddelde is van de gemeten totale wegdukkkracht en de kracht op de conuspunt. Hoe groter de proefdiepte en hoe hoger deze krachten zijn, hoe groter deze correctie is en hoe groter de invloed is op het meetresultaat. Om deze reden is in de vaste zandlagen van Utrecht de proefdiepte beperkt gehouden tot circa 23 m.

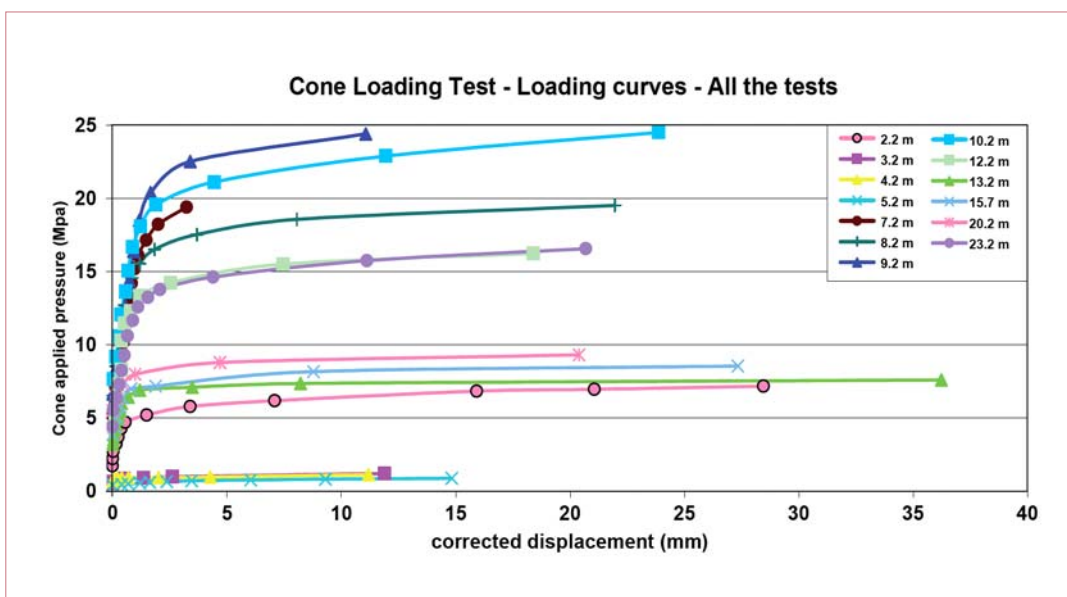
Doordat een praktische toepassing van de proef vrij nieuw is, heeft nog weinig validatie van proefresultaten kunnen plaatsvinden.

De in Utrecht uitgevoerde serie conusbelastingsproeven is overigens gefocust op de zandlagen, omdat juist in deze grondsoort grote behoefte is aan nieuwe onderzoekstechnieken, gericht op de bepaling van stijfheidsparameters.

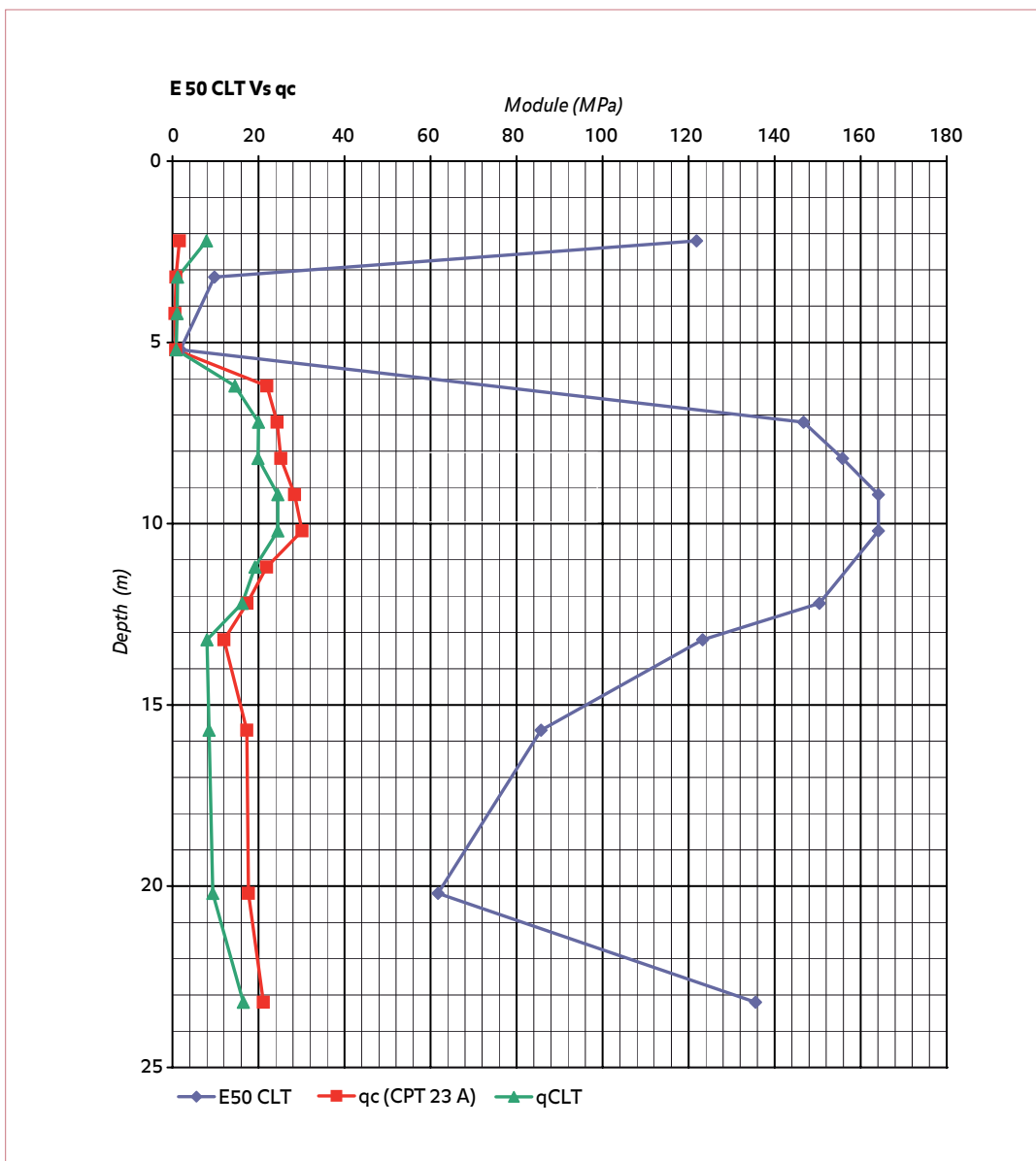
Beschouwing van de resultaten van de conusbelastingsproeven

Overeenkomstig het voor dit soort proeven afgesproken protocol werd steeds voorafgaand aan elke proef een aanpassingstijd van circa 5 minuten in acht genomen. Hierbij wordt bij 'stilstaan-de' sondeerbuizen de conusweerstand tegen de tijd gemeten, vergelijkbaar met een 'dissipatie-proef'. De eerste minuut was hierbij het sondeer-apparaat - zonder de wegdukkkracht af te laten - aan de sondeerbuizen geklampt. Gedurende deze tijd nam de conusweerstand langzaam af. Daarna werd het sondeerapparaat 'ontklampt', hetgeen zich manifesteerde in een plotselinge terugval in conusweerstand. Daarna bleef de conusweerstand constant. Hiermee is verzekerd dat de eigenlijke proef plaatsvindt tijdens een stabiele nulsituatie. Eén en ander is weergegeven in *figuur 5*.

Vervolgens startte de eigenlijke proef. De last-zakkings krommen van de 13 proeven welke op verschillende diepten variërend tussen 2,20 m - maaiveld en 23,20 m - maaiveld zijn uitgevoerd, zijn afgebeeld in *figuur 6*. Hierbij is druk op de conuspunt uitgezet tegen de zakking van de conuspunt, gemeten aan het eind van de 60 seconden durende belastingtrap. Deze zakking is berekend door de bovengronds gemeten zakking van de kop van de sondeerbuizen te corrigeren met de samendrukking van de sondeerbuizen. Analoog aan de wijze waarop dit bij de triaxiaal-



Figuur 6 Last-zakkingscurven.



Figuur 7 Vergelijking tussen E_{50CLT} , q_{CLT} en q_c .

proef pleegt te worden gedaan voor de E_{50} TRIAXIAAL is voor elke kromme uit de helling de E_{50} CLT berekend. Hierbij is zoals gebruikelijk bij de conusbelastingsproef gebruik gemaakt van de formule $E = \Delta P / \Delta h \times 0,7 \times R$ (zie literatuur, Van de Graaf et al)

Hierin is:

ΔP = spanningstoename op de conuspunt

Δh = zettingstoename van de conuspunt

(gemeten kopzakking, gecorrigeerd met de berekende samendrukking van de sondeerstangen)

0,7 = vormfactor, afkomstig uit de plaat-

belastingsproef (zie literatuur, Reiffsteck et al)

R = de straal van de 15 cm² conuspunt

Bespreking van de onderzoeksresultaten

De op bovenbeschreven wijze bepaalde moduli zijn weergegeven in *figuur 7*. In dezelfde figuur zijn ter illustratie de bij het gewone (met een snelheid van 2 cm/s) sonderen gemeten conusweerstand q_c en de aan het eind van de belastingtrap bereikte druk op de conuspunt q_{CLT} weergegeven.

Zoals te verwachten is de bij een zeer geringe

penetratiesnelheid gemeten q_{CLT} lager dan de q_c , echter de verhouding is niet dezelfde voor de verschillende grondlagen. De 3 curves volgen elkaar wel.

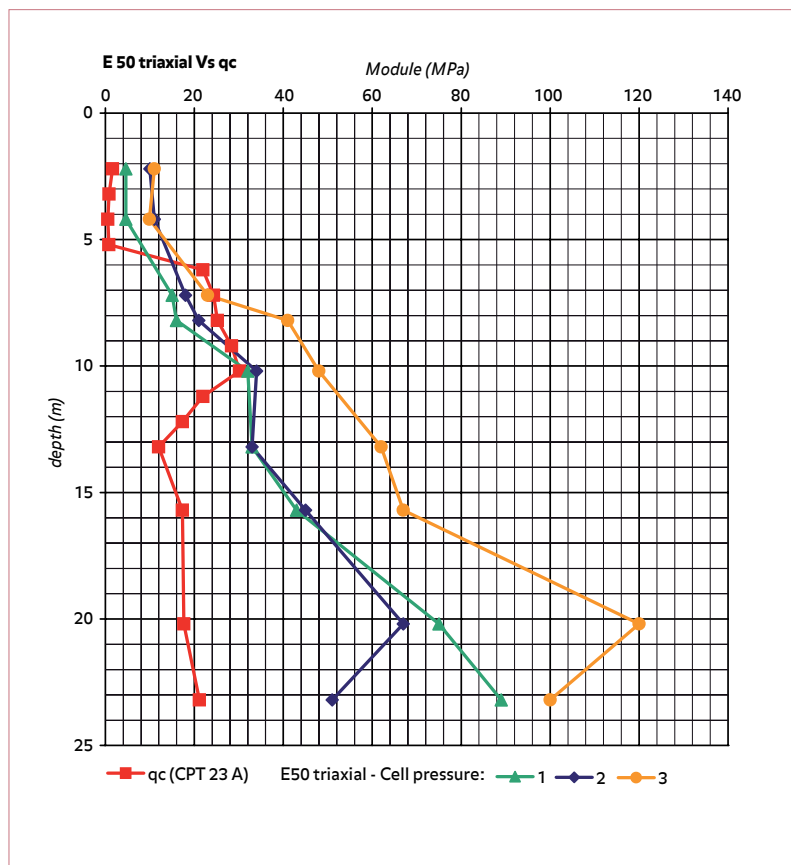
Geconcludeerd mag worden, dat in de diverse zandlagen E_{50} CLT ongeveer 5 à 7x zo hoog is als de conusweerstand.

Figuur 8 geeft de vergelijking tussen de gemeten conusweerstand en de moduli uit de triaxiaalproeven. Opvallend hierbij is, dat de curve van de moduli uit de triaxiaalproeven de conusweerstand niet volgt. Dit komt door de, in vergelijking met de conusweerstand, onverwacht lage waarden in de zeer dichte zandlaag tussen 7 en 11 m minus maaiveld. Een aannemelijke verklaring hiervoor is dat bij het prepareren van de proefstukken voor de triaxiaalproeven de in-situ dichtheid niet kon worden bereikt.

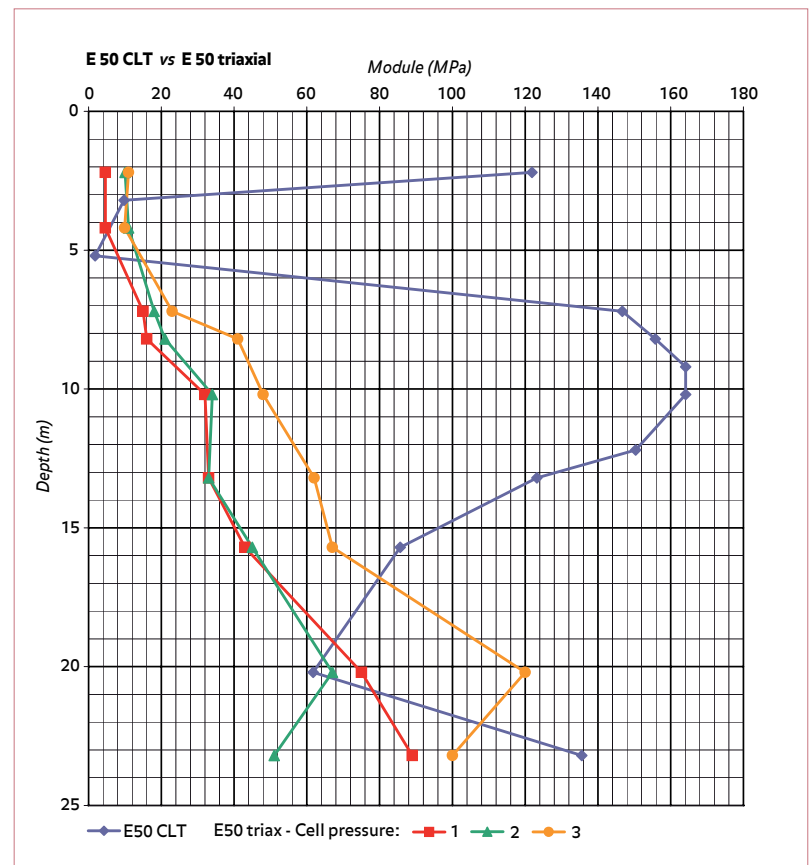
In *figuur 9* worden de moduli uit de conusbelastingproef vergeleken met de moduli uit de triaxiaalproeven. Celdruk 1 komt ongeveer overeen met de in-situ korrelspanning en celdruk 2 en 3 met respectievelijk 1,5x en 2x de heersende verticale korrelspanning. De getalwaarden van alle resultaten zijn

afgebeeld in *figuur 10*. Hieruit blijkt dat van de matig vaste tot vaste zandlaag, aanwezig tussen 15 en 23 m minus maaiveld, de vervormingsmodulus E_{50} verkregen via conusbelastingsproeven in dezelfde orde van grootte ligt als die uit triaxiaalproeven. In het bovenliggende zeer vaste zandpakket is de uit de conusbelastingsproef bepaalde modulus 4 tot 5 maal zo hoog als die van de triaxiaalproef. Zij correleren echter goed met de gemeten conusweerstand. Dat in dit zeer vaste zandpallet (te?) lage moduli van de triaxiaalproeven gevonden zijn, kan worden toegeschreven aan een te lage dichtheid van de proefstukken in relatie tot de in-situ dichtheid.

Opvallend is dat in het boven de 15 m minus maaiveld gelegen zeer vaste zandpakket de uit de conusbelastingsproef bepaalde modulus 4 à 5 x zo hoog is als bij de corresponderende triaxiaalproeven. Echter, zij correleren goed met de gemeten conusweerstand. Een verklaring hiervoor kan zijn, dat in deze laag de triaxiaalproeven niet representatief zijn vanwege de genoemde de lage dichtheid van de geprepareerde proefstukken.



Figuur 8 Vergelijking tussen E_{50} TRIAXIAAL en q_c



Figuur 9 Vergelijking tussen E_{50} CLT en E_{50} TRIAXIAAL.

Conclusies

De conusbelastingsproef voor de bepaling van de vervormingsmodulus van zandlagen biedt een aantal belangrijke voordelen ten opzichte van bestaande technieken en levert hierop een waardevolle aanvulling, waardoor een leemte in de beschikbare grondonderzoeksmethoden wordt opgevuld, immers:

- voor de conusbelastingsproef zijn geen grondmonsters nodig terwijl het testen van werkelijk ongeroerde zandmonsters door middel van triaxiaalproeven technisch gezien niet mogelijk is;
- de conusbelastingsproef vindt bij insitu-dichtheid plaats terwijl het ten behoeve van triaxiaalproeven tot de in-situ dichtheid opbouwen van proefstukken van zand, zeker bij extreem hoge in-situ dichtheden zoals op bepaalde diepten aanwezig in Utrecht, slechts in beperkte mate mogelijk is;
- de conusbelastingsproef is een directe stijfheidsmeting en is dus in principe beter dan het bepalen van de afgeleide stijfheid via correlatie met de conusweerstand, aangezien een sondering de sterkte meet;

- de conusbelastingsproef is goedkoop ten opzichte van modulusbepaling met andere in-situ testen, zoals bijvoorbeeld de pressiometerproef, die daarom vaak niet worden uitgevoerd;
- de conusbelastingsproef is snel: binnen een dag kunnen op 1 proeflocatie tot wel 15 bepalingen gedaan worden op verschillende diepten;
- de conusbelastingsproef kan redelijk eenvoudig uitgevoerd worden, aangezien standaard sondeerapparatuur gebruikt wordt met slechts enkele kleine aanpassingen.

Duidelijk is ook dat bij het ontwerp van belangrijke grondkerende constructies onderzoek dat leidt tot parameterbepaling beloond wordt met (hogere en) realistischere waarden voor de rekenparameters en bijdraagt aan een veilig maar zeker ook economisch ontwerp. Het terugvallen op de parameters uit de bekende tabel in NEN 6740 zal vrijwel altijd leiden tot onrealistische, extreem (lage) conservatieve waarden en dus tot overdimensionering en is bovendien gezien de aard van een constructie als de hier omschreven parkeergarage

volstrekt ontoereikend.

Er zijn met dit project belangrijke stappen gezet in de validatie en introductie van de CLT (Cone Loading Test). Door de conusbelastingsproef op meerdere projecten toe te passen zal de relatief snelle uitvoering nog sneller en daardoor nog efficiënter kunnen plaatsvinden en wordt verdere validatie door voortdurende correlatie met de resultaten van andere onderzoekstechnieken mogelijk. De conusbelastingsproef kan beschouwd worden als een waardevolle aanvulling in het spectrum van de grondonderzoeksmethoden.

De auteurs willen graag ir G.J. Dousi van Corio, als vooruitstrevende belegger/ontwikkelaar, bedanken voor het investeren in deze nieuwe en bijzondere grondonderzoeksmethode. Hopelijk dient het als een voorbeeld voor andere opdrachtgevers om een deel van het budget te investeren in vooruitstrevend (grond)onderzoek en monitoring.

Literatuur

- EN ISO/CEN 22475-1 (2005) *Sampling Methods and Ground Water Measurements, Technical Principles.*
- Van de Graaf, H.C., Reiffsteck, Ph., Gourvès, R., Bacconnet, C. *Bepaling van de Vervormingsmoduli uit de Conusbelastingsproef, Geotechniek, oktober 2007.*
- Reiffsteck, Ph., Van de Graaf, H., Goddé, E., Bacconnet, C., Gourvès, R. *Determination of Elastic Modulus from Stress Controlled Cone Penetration Tests, ISC 3, Taipei, Taiwan, 2008.*

- Baldi, G., Bellotti, R., Ghionna, V., Jamiolkowski, M. and Pasqualini, E. (1986) *Interpretation of CPTs and CPTUs; Second part: Drained Penetration of Sands, Proceedings of the Fourth International Geotechnical Seminar, Singapore, 143-56* ■

Reageren op dit artikel?

Stuur dan uw reactie vóór 29 mei 2009 naar info@uitgeverijeducom.nl

Grondwater start	Diepte m	Gamma' kN/m ³	Sigma' vert. kN/m ²	qc Mpa	E50 CLT Mpa	E 50 triax Mpa		
						Cell pres. 1	Cell pres. 2	Cell pres. 3
Boven	2,2	15,70	35	1,60	122	4,6	10	11
	3,2	15,70	50	0,84	10			
Onder	4,2	9,62	40	0,57	4,6	11	9,9	
	5,2	9,62	50	0,77	2			
	6,2	9,62	60	21,95				
	7,2	9,62	69	24,33	147	15	18	23
	8,2	9,62	79	25,22	156	16	21	41
	9,2	9,62	88	28,38	164			
	10,2	9,62	98	30,16	164	32	34	48
	11,2	9,62	108	21,92				
	12,2	9,62	117	17,34	150			
	13,2	9,62	127	11,97	123	33	33	62
	15,7	9,62	151	17,31	86	43	45	67
	20,2	9,62	194	17,65	62	75	67	120
23,2	9,62	223	21,16	136	89	51	100	

Figuur 10 Vergelijking tussen E50 TRIAXIAAL en qc