

MIJN LOOPBAAN

Deel 5: Enkele langdurige projecten na 1993.

Omdat ik in de beginfase bijna fulltime voor TUC RAIL werkte bleven mijn andere activiteiten beperkt tot kleinere opdrachten. Toch zou ik vrij snel ook kunnen deelnemen aan speciale projecten.

Een aantal van die projecten worden hierna besproken. De volgorde is niet chronologisch. Dit heeft onder meer te maken met het feit dat bepaalde projecten een lange tijd gelopen hebben.

Andere projecten waarbij ik in die periode betrokken geweest ben zullen worden besproken onder cases.

5.1 KU Leuven : Proeven op industrieel slib.

5.1.1 De problematiek.

Tessengerlo Chemie beschikte in Ham over gigantische bekkens waarin het door de fabriek geproduceerde industrieel afvalslib geloosd werd. Toen bleek dat deze slibbekkens binnen afzienbare tijd zouden vol raken, moest naar een oplossing gezocht worden om een nieuwe milieuvergunning te krijgen. Het was immers uitgesloten dat er nog toelating kon verkregen worden om de slibbekkens verder uit te breiden.

Toen ik op een dag in Leuven aanwezig was, kwamen mensen van TC daaromtrent advies vragen aan Prof. Van Gemert. Toen die mij de vraag stelde of we daaromtrent een nota konden schrijven was mijn antwoord onmiddellijk affirmatief. Aan de mensen van TC stelde ik voor om de mogelijkheid te onderzoeken om de dijken nodig voor de verhoging van het stort met ontwaterd slib te realiseren. De mensen van TC waren door dit voorstel dermate gecharmeerd dat ze snel een vrij omvangrijke studieopdracht gaven aan KU Leuven. Het zou het begin worden van een lange reeks studieopdrachten.

5.1.2 Beginfase van het onderzoek.

De door Tessenderlo Chemie weerhouden oplossing bestond erin om het slib van het nog in gebruik zijnde grootste slibbekken te ontwateren door middel van filterpersen en om daarna de dijken te verhogen. Daarvoor moest dan wel op het ontwaterd slib kunnen gebouwd worden.

Op het ogenblik dat we de studieopdracht kregen, was het fabriek met de filterpersen zo goed als klaar. De filterkoeken die door ontwatering van het slib verkregen werden, zouden via een transportband in het bekken gestort worden en vanaf daar verder worden uitgereden of uitgespreid.

Plots kwam de vraag op ons af of het wel mogelijk zou zijn om te rijden over filterkoeken die in een laag van ca 3m niet ontwaterd slib gestort werden. Ofschoon we daar eigenlijk ook niets van af wisten hebben we geantwoord dat

dit volgens ons normaal gezien wel zou moeten lukken en dat bleek in werkelijkheid ook zo te zijn.



Situatie na het inbrengen van een eerste hoeveelheid filterkoeken.

Intussen hadden we twee thesisstudenten aan het werk gezet om in het laboratorium een aantal proeven uit te voeren op filterkoeken die bij het proefdraaien van de filterpersen waren verkregen. Omdat het watergehalte van de filterkoeken dichtbij de kleefgrens lag bleek het uitvoeren van deze proeven geen sinecure. Ook het uitvoeren van een bezinkingsproef lukte in eerste instantie niet omdat er een chemische reactie plaatsvond tussen het gebruikte dispergeermiddel en het materiaal van de filterkoeken. Het resultaat was een soort yoghurt waarin helemaal geen bezinking plaatsvond.

Ondanks de geleverde inspanningen waren de resultaten van de eerste laboratoriumproeven echt mager.

5.1.3 In-situ proeven.

Het labo Bouwkunde van de KU Leuven beschikte over een slagsondeerapparaat type Panda. Om het slib beter te kunnen onderkennen werd ook boorapparatuur en een vinapparaat aangekocht.

Omdat de techniekers van het labo niet zo vertrouwd waren met dergelijke proeven duurde het enige tijd vooraleer de proeven vlot verliepen.

5.1.4 Nieuwe reeksen laboratoriumproeven.

Omdat we al snel inzagen dat de filterkoeken zich niet als een gewone grond gedroegen, werden nieuwe reeksen laboratoriumproeven opgestart o.a. directe schuifproeven met het apparaat van 30cm x 30cm en samendrukkingproeven op monsters 30cm x 30cm.

Deze proeven gaven aan dat tot een spanning van 100kPa er een aanzienlijke ogenblikkelijke samendrukking plaats vond bij het verhogen van de belasting. Bij een verdere verhoging van de belasting was de ogenblikkelijke samendrukking beperkt, zoals blijkt uit de gevens van onderstaande figuur.

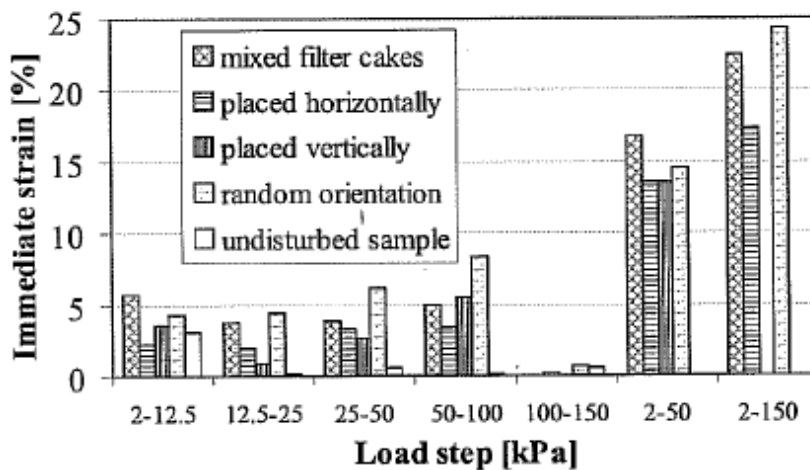


Fig. 3.53: Comparison of immediate settlements for filter cakes placed in different ways and an undisturbed sample (from Van Der Veken J., 2002)

Deze proeven hebben uiteindelijk een goed inzicht i.v.m. het gedrag van de filterkoeken opgeleverd, namelijk dat wanneer filterkoeken belast worden ze eerst een gedraineerd gedrag vertonen en daarna een niet gedraineerd gedrag. Dat kan als volgt verklaard worden:

- Tot een zekere grensspanning blijven er doorgaande kanaaltjes bestaan tussen de filterkoeken, via dewelke het water afkomstig van de volumevermindering van de koeken vrij kan afstromen;
- Voorbij de grensspanning bestaan er geen doorgaande kanaaltjes meer en nemen de waterspanningen in de holte ruimten tussen de filterkoeken toe en daardoor ook in de filterkoeken zelf.

De waarde van de grensspanning wordt bepaald door de sterkte van de filterkoeken. Na het uitpersen van een hoeveelheid water ontstaan er in de filterkoeken grote negatieve poriënwaterspanningen waardoor die filterkoeken, ondanks hun hoog watergehalte toch een aanzienlijke sterkte verkrijgen. Deze negatieve poriënwaterspanningen zorgen er ook voor dat de filterkoeken niet uit elkaar vallen wanneer ze in contact komen met water.

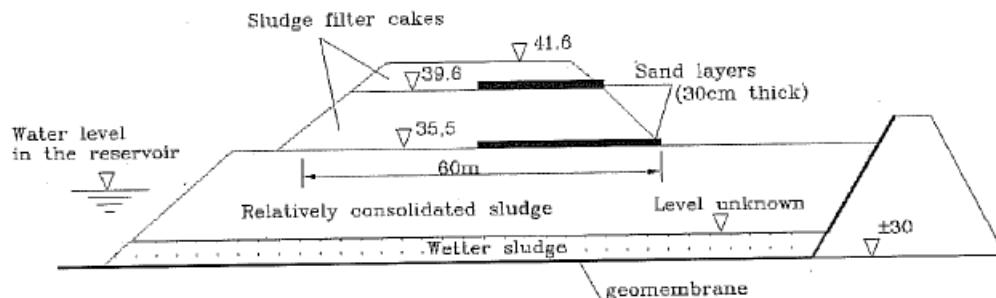
Het gedrag van filterkoeken kan vergeleken worden met dat van een hoeveelheid pakken vacuümverpakte koffie die belast worden tot de plasticfolie scheurt. Op dat ogenblik vertoont de koffie een totaal ander gedrag dan wanneer de plasticfolies nog niet gescheurd zijn.

5.1.5 Eerste proefophoging.

Nadat de filterkoeken over een voldoende grote oppervlakte waren uitgespreid, werd beslist om een eerste proefophoging te realiseren. Op basis van de resultaten van een reeks in situ vinproeven, werd beslist dat een ophoging van 6m mogelijk moest zijn.

Om zoveel mogelijk informatie te verzamelen, werd overeengekomen om de ophoging aan te brengen in twee lagen, een eerste laag met een dikte van 4m en een tweede laag met een dikte van 2m en met een tussentijd van 1 jaar.

Over de helft van de aanvulling werd op het aanzetvlak en tussenin een zandlaag aangebracht, cfr. onderstaande figuur.



Toen de eerste 4m was aangebracht verliep alles vrij normaal. De zettingen stemden vrij goed overeen met hetgeen we verwacht hadden.



Bij de tweede aanvulling met 2m was dit evenwel niet het geval. Het ganse aanvullingsmassief zakte met ongeveer 1,40m en naast de aanvulling werd het slib omhoog geperst. Daarvoor was niet onmiddellijk een verklaring voorhanden.

De verklaring diende zich enige tijd later aan toen een techniek de momentsleutel, waarmee het op de vin uitgeoefende koppel wordt opgemeten, in een plas water en slijk had laten vallen. In het labo hadden ze de momentsleutel opengemaakt en gereinigd. Toen ze door er een gewicht aan te hangen wilden controleren of de momentsleutel nog goed werkte, vonden ze dat het afgelezen koppel ca 1,6 maal groter was dan het werkelijk uitgeoefend koppel.

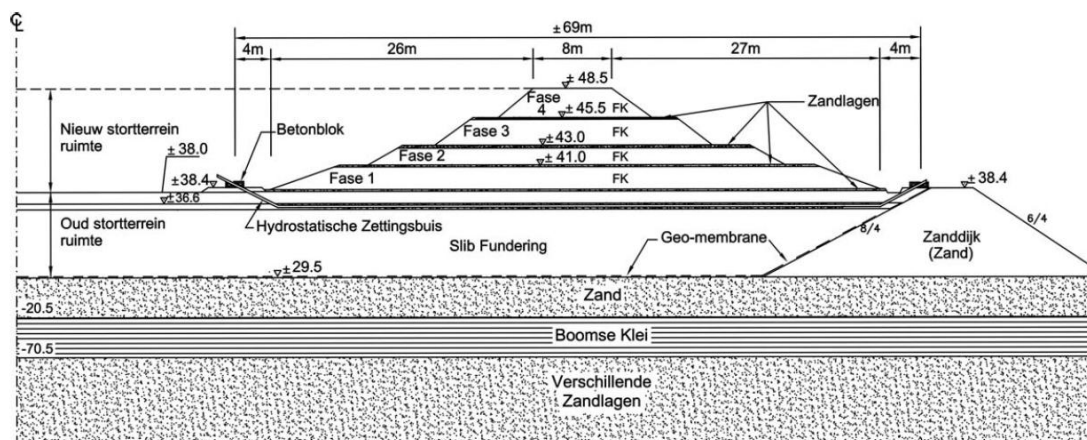
Omdat ze wisten dat de firma Geologica in Bertem over een gelijkaardig apparaat beschikte, hadden ze met een smoes gevraagd of ze het apparaat eens konden ontlenen. Dat apparaat gaf evenwel dezelfde fout. Uiteindelijk zijn ze er toen mee tot bij mij gekomen en hebben we de leverancier gecontacteerd. Die was eerst heel verontwaardigd dat we de betrouwbaarheid van zijn apparatuur durfden in vraag te stellen. Na lang aandringen was hij wel bereid om dezelfde controle uit te voeren met een apparaat dat hij in stock had. Ook daar werd dezelfde fout gevonden.

Het gevolg was wel dat we de niet gedraineerde schuifweerstand c_u van het slib met 60% overschat hadden en

dat we in feite slechts een aanvulling van 4m hadden mogen realiseren i.p.v. 6m. De verklaring voor de grote zettingen en het lateraal opstuwten (= squeezing) van het slib was daarmee ook gevonden.

5.1.6 Tweede proefophoging.

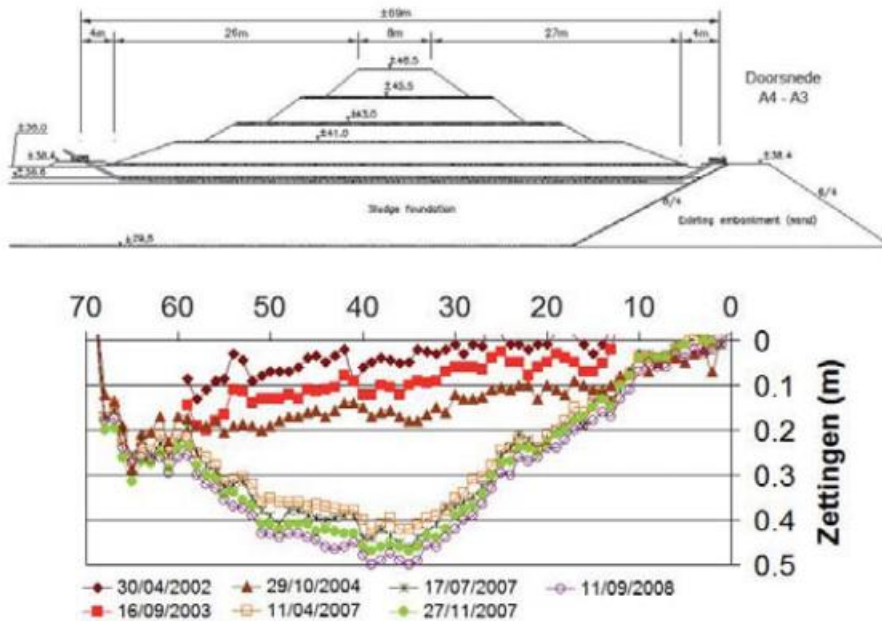
Op basis van de resultaten van de eerste proefophoging werd beslist om een tweede proefophoging te realiseren langs de noordoostelijke kant van het slibbekken. Doordat deze proefdijk ook een geluidsberm zou vormen voor de omgeving was het een echte win-win situatie. Een doorsnede van de dijk is weergegeven op onderstaande figuur.



Om de zettingen te kunnen opmeten werden hydrostatische zettingbuizen aangebracht en werd een profielopnemer aangekocht. Verder werden in de dijk en het ondergelegen slib poriënwater spanningsmeters en peilbuizen aangebracht.

Omdat de bouwheer geen risico's wilde nemen in verband met de stabiliteit van de dijk werden op een aantal niveaus zandlagen aangebracht om te voorkomen dat er in de dijk grote overspanningen zouden kunnen ontstaan in het poriënwater.

De dijk werd langzaam opgebouwd en de opgemeten zettingen bleven beperkt tot ca. 0,50m dit was aanzienlijk kleiner dan hetgeen was vooropgesteld op basis van de resultaten van de eerste proefophoging.



Onderstaande foto geeft een beeld van de volledig afgewerkte tweede proefdijk.



5.1.7 Wat geleerd?

Met het project proeven op industrieel afvalslib bij Tessenderlo Chemie werd aangetoond dat het mogelijk is om met beperkte middelen inzicht te verkrijgen betreffende het gedrag van speciale grondsoorten. Het vraagt alleen wat meer tijd en moeite.

Op basis van de in het laboratorium uitgevoerde proeven en de gegevens van de proefophogingen heeft Janaka Tennekoon in 2007 een doctoraat behaald aan de KU Leuven. De titel van zijn proefschrift was: Geotechnical characterisation of an industrial sludge and numerical analysis of sludge dam behaviour. Dat vormde een mooie afsluiter van het onderzoek dat in 1993 was begonnen.

5.1.8 Verdere info.

Verdere info betreffende het onderzoek is te vinden op mijn website onder:

1999-06 ECSMGE A'dam Industrial Sludges

2003 ECSMGE Tessenderlo Chemie

2009-04 Tijdschrift Geotechniek Industrieel slib voor dijk

5.2 CVR - Verbuisde Avegaarpalen.

5.2.1 Hoe het begon.

Begin 1995 belde Luc Smet, zaakvoerder van CVR, me op om mede te delen dat hij een machine wilde kopen voor het uitvoeren van verbuisde avegaarpalen met een kleine diameter. De bedoeling was om er secanspalenwanden mee te realiseren. Hij vroeg me of ik hem daarmee wilde helpen.

Ik heb geantwoord dat ik dat een zeer goed plan vond want dat ik in de tijd bij Smet-Boring ook had voorgesteld om een gelijkaardige machine aan te kopen. Men vond toen dat dit niet kon omdat het een concurrentie zou vormen voor de vernagelde wanden die zeer succesvol waren.

5.2.2 Eerste palenwand.

De eerste palenwand werd uitgevoerd langsheen een tuinmuur in Gent. Ik had Luc Smet op het hart gedrukt om zeker geen risico's te nemen. Omdat we geen duidelijk zicht op de te verwachten verplaatsingen hadden, had ik voorgesteld om een aantal profielen te laten uitsteken, zodat de tuinmuur in geen geval in de bouwput zou kunnen vallen indien er zich toch aanzienlijke verplaatsingen voordeden, cfr. foto's in onderstaand artikel.

De uitvoering verliep verassend vlot en een artikel in de Bouwkroniek en in het Bouwbedrijf leverde snel een ganse reeks opdrachten op.

C.V.R. bouwt secanspalenwanden

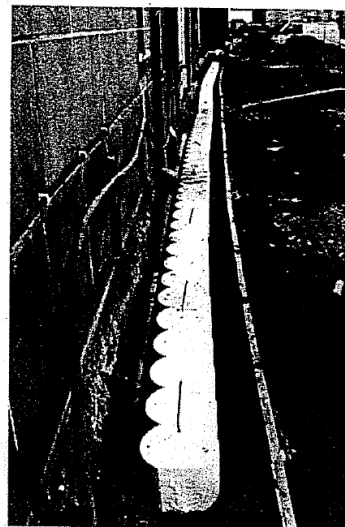
DE N.V. CVR, geleid door gedelegeerd bestuurder Luc Smet, is gespecialiseerd in het uitvoeren van ondergrondse bouwputten en funderingswerken. Hiervoor gebruikt CVR technieken zoals funderingsputten, grondverdringende vibropalen, intrillen en persen van damplanken, berlinerwanden, onderschoeiingen en beschoeide sleuven. Aan dit ruime gamma heeft CVR onlangs een nieuwe techniek toegevoegd, namelijk de secanspalenwand.

Bij de uitvoering van een secanspalenwand worden er in een eerste fase ongewapende primaire palen uitgevoerd op onderlinge tussenafstanden die iets minder bedragen dan éénmaal de diameter van deze palen (zie fig. 1a). In een tweede fase worden daarna de tussengelegen secundaire palen uitgevoerd.

Daarbij wordt systematisch een gedeelte van de eerder uitgevoerde primaire

palen weggesneden (ca. 10% van de paaldiameter) (zie fig. 1b). Deze secundaire palen worden van een gepaste wapening voorzien.

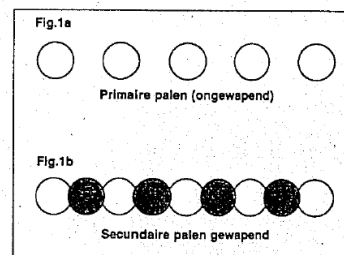
Doordat er bij de uitvoering van de secundaire palen systematisch een gedeelte van de primaire palen wordt weggesneden, wordt er een aansluiting tussen de palen onderling gerealiseerd die zowel grond- als waterdicht is.



Om zich niet te vergissen en altijd op de juiste plaats te boren, wordt vooraf een geleidingsbalk in isomo geplaatst



De eerste secanspalenwand werd door CVR gerealiseerd op een bouwterrein in Gent



Dit schema toont de opbouw van een secanspalenwand

Verbuisde avegaarpalen

Alle palen worden uitgevoerd volgens het principe van de verbuisde avegaarpaal. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een speciale boorkop waarmee gelijktijdig een avegaar (continue schroefboor) en een voerbuis in de grond worden gebracht. Zodoende wordt voorkomen dat de grond omheen de schroefboor wordt ontspannen wanneer deze niet meer volgens het normaal ritme kan worden ingeschroefd.

De door de boorpunt opgeschepte grond wordt dan geheel binnen de voerbuis afgevoerd zonder dat er grond van rond de paalschacht kan worden meegevoerd. Mede daardoor kunnen dergelijke palen zonder problemen worden uitgevoerd naast bestaande funderingen.

Na het bereiken van de vooropgestelde diepte worden de avegaar en de voerbuis samen getrokken en wordt er beton gepompt via de centrale opening van de schroefboor. Bij de secundaire palen wordt in de nog verse betonspecie een wapening (korf of profiel) ingebracht.

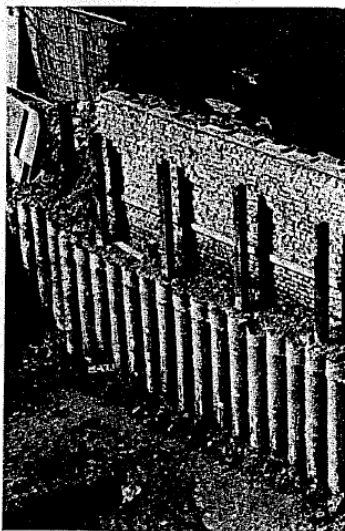
Geen trillingen

Doordat bij de uitvoering van de palen de omringende grond noch verdrongen, noch ontspannen wordt, kunnen aldus uitgevoerde palenwanden onmiddellijk naast bestaande funderingen worden ingeplant. Het systeem is immers volledig trillingsvrij.

De minimale afstand tussen de as van de palen en de naastgelegen muur of constructie bedraagt slechts 0,25 m. Doordat de palenwanden zowel grond- als waterkerend zijn, kunnen ze worden aangewend om de invloed van een grondwaterverlaging te beperken. De wand dient dan wel te worden aangebracht tot in een weinig doorlatende laag en moet volledig gesloten worden.

Eerste realisaties

Na enkele proeven met dit systeem op eigen terrein te Mol, heeft CVR reeds dergelijke palenwanden uitgevoerd in opdracht, o.m. te Gent, Lokeren en Sluis



Een secanspalenwand, gerealiseerd vlak tegen een bestaande constructie



Op het terrein "Groene Vlasdam" in Lokeren is CVR bezig met het inboren van de palen

(Nederland). Samen met gedelegeerd bestuurder Luc Smet bezochten we de nog aan de gang zijnde werken te Lokeren en te Sluis.

In Lokeren wordt het appartementencomplex (sociale appartementen) "Groene Vlasdam" aan de Kleine Dam, verder uitgebreid. Er komen twee gebouwen bij. Hoofdaannemer is Bam-construction N.V. Onder de gebouwen komt een parking. Aangezien er moet worden aangebouwd tegen bestaande gebouwen, diende er aan beide zijden een niet-grondverdringende wand te worden gebouwd. Daarvoor deed de hoofdaannemer beroep op CVR, die de bouwput volledig klaar maakt, o.m. door het realiseren aan weerszijden van een secanspalenwand.

In Sluis is het ongeveer hetzelfde. CVR realiseert de bouwput op een terrein waar Bam Woningbouw een winkelcentrum met appartementen gaat bouwen. Aan de bebouwde kant maakt CVR een secanspalenwand.

Verschillende mogelijkheden

Wanneer de te keren hoogte beperkt is, kunnen secanspalenwanden worden uitgevoerd als autostabiele wanden (evenwel niet naast bestaande funderingen). Voor grotere hoogten of naast

bestaande funderingen kan er een stempeling of verankering worden toegepast.

Secanspalenwanden kunnen ook worden aangewend voor de realisatie van vertrek- en ontvangstputten van horizontale boringen of doorpersingen. Indien er geen grondwaterverlaging mag worden doorgevoerd, kan binnen de palenwand een laag onderwaterbeton worden gestort.

Door de palen volgens een cirkelvorm in te planten, kan er in een belangrijke mate bespaard worden op de nodige horizontale ondersteuning, zelfs wanneer het grondwaterpeil buiten de put niet mag verlaagd worden.

Door het ontwikkelen van de secanspalenwand biedt CVR een oplossing voor de beschoeiing van bouwputten waarbij de verstoring van de omgeving zoveel mogelijk wordt beperkt en waarbij de beschikbare ruimte maximaal wordt benut.



Boren van palen op het bouwterrein in Sluis

Snelle overseining van uw
advertenties naar Bouwkroniek
GEBRUIK ONZE
TELEFAX-AANSLUITING
02/511.70.15

5.2.3 Grondankers.

Bij onze eerste gesprekken heb ik Luc Smet gezegd dat volgens mij het uitvoeren van secanspalen alleen niet voldoende was, maar dat hij ook moest uitkijken naar een techniek om deze secanspalen te verankeren.

Gezien de goede ervaring die we bij Smet-Boring hadden opgedaan met zelfborende stangen had ik voorgesteld om voor deze techniek te opteren. Zelfborende stangen hebben als groot voordeel dat de wapening van het grondanker als boorstang dienst doet waardoor de uitvoering veel sneller verloopt.

Omdat ik ervan overtuigd was dat Smet-Boring nog altijd contact had met Ischebeck had ik hem voor de aankoop van de zelfborende stangen doorverwezen naar Dywibel, die toen in België de door DSI ontwikkelde zelfborende stangen verdeelden. Toen die niet geïnteresseerd bleken te zijn in een kleine aannemer uit de Kempen heeft Luc Smet toch contact opgenomen met Ischebeck. Het zou het begin van een zeer vruchtbare samenwerking worden.

Op aanraden van Ischebeck werd in Duitsland een boormachine gehuurd en met de hulp van instructeurs van Ischebeck werden al snel de eerste grondankers geboord. Die grondankers hadden voor CVR een grote toegevoegde waarde omdat ze nu ook verankerde Berlinerwanden konden aanbieden.



Het boren van de grondankers verliep dermate vlot dat er al snel een tweede boormachine kwam.

Ik had Luc Smet op het hart gedrukt dat het een nieuwe techniek betrof en dat ze regelmatig trekproeven op de grondankers moesten uitvoeren om goed te weten waar ze mee bezig waren. Die raad hebben ze goed opgevolgd. Toen ik eens op een werf kwam waar de grond er wat anders uitzag dan ik op basis van de sonderingen verwacht had, stelde ik voor om toch voorzichtigheidshalve eens op een paar ankers te trekken. Het antwoord kwam onmiddellijk: "Jan, we hebben dat reeds gedaan". Dat was zeer geruststellend.

5.2.4 Berekeningen.

Ik had aan Luc Smet beloofd dat ik een zekere tijd de nodige berekeningen zou uitvoeren en had daarvoor het programma MSheet (= het huidige DSheetpiling) aangekocht. Dat is een programma dat in Nederland door Geodelft (= huidige Deltares) in samenwerking met TU delft was opgesteld voor het berekenen van verticale beschoeiingen op basis van het verenmodel. Het programma was opgesteld door informatici en bleek snel een aantal fouten te bevatten.

Toen ik de eerste maal een fout melde kwam er een wat hautaine reactie dat de programma's volledig gecontroleerd waren. Nadat bleek dat mijn opmerking correct was, kwamen er excuses.

De volgende opmerkingen werden in dank aangenomen, in die mate zelfs dat ik een ambassadeursleutel kreeg waarmee ik alle programma's van de M-reeks vrij kon gebruiken. Dit was een mooie blijk van appreciatie.

Met het uitvoeren van de berekeningen heb ik veel geleerd. Het betrof meestal kleine werven, waarbij toch telkens goed moest worden opgelet om geen vergissingen te maken. Het risico zat vooral in de peilen en in het inschatten van de bestaande toestand. Om mij in te dekken tegen dergelijke fouten, maakte ik altijd een duidelijke figuur, waarop alle door mij gemaakte aannames waren aangegeven en waaronder ik aangaf dat deze aannames door de architect of het studie bureau dienden te worden gecontroleerd.

Door het uitvoeren van een groot aantal berekeningen heb ik ook geleerd hoe moeilijk het is om de verplaatsingen te

beperken wanneer een palenwand is aangebracht langsheen een zwaar belaste doorlopend funderingszool. Daaruit heb ik ook geleerd dat het van belang is om altijd zeer duidelijk aan te geven in welke stappen de uitgravingen mochten worden uitgevoerd.

5.2.5 Enkele speciale projecten.

a) Brussel, Jozef II straat.

Nadat reeds een vrij groot aantal kleinere en wat grotere projecten waren gerealiseerd deelde Luc Smet plots mee dat hij een groot project in Brussel had aangenomen met de ondervanging van een bestaand gebouw, secanspalenwanden en een Berlijnse wand. Het betrof een project in de Jozef II straat, waar de ondergrond tot op een vrij grote diepte uit leem bestond. Omdat hij nogal wat van de prijs had moeten afdoen moest er zo scherp mogelijk gerekend worden.

Om hem plezier te doen had ik voor de leem gerekend met $\varphi' = 27,5^\circ$ en $c = 5\text{kPa}$, ervan overtuigd zijnde dat Seco, die bij het project betrokken waren, deze waarden nooit zouden aanvaarden. Toen we op de werfvergadering mijn nota voorstelden, viel ik bijna van mijn stoel toen de ingenieur van Seco zonder meer zei dat hij met mijn aannames voor de eigenschappen van de leem kon leven.

Ondanks het feit dat het een diepe bouwput betrof met op veel plaatsen uitgravingen van meer dan 10m langsheen bestaande gebouwen, is er tijdens de uitvoering niets gebeurd, behalve dan in de beginfase. De schade die zich enkele huizen van de bouwput had voorgedaan, bleek even wel een gevolg te zijn van de verlaging van het grondwaterpeil en niet van een verplaatsing van de beschoeiing.



Op deze werf werden de grondankers vastgezet door middel van driehoekige plaatjes. Toen ik opmerkte dat ik dat toch wel riskant vond kreeg ik als antwoord dat Seco ermee akkoord ging en dat ik daaromtrent geen opmerkingen moest maken. De driehoekige plaatjes zijn nog regelmatig het onderwerp van discussies geweest maar men heeft ze blijven toepassen.



Een andere uitdaging op die werf was de uitvoering van een Berlinerwand van ca 14m hoogte. In het Bestek was een beschoeide sleuf voorzien, maar de aannemer had die vervangen door een Berlijnse wand. Dat was niet alleen goedkoper, maar leverde ook plaatswinst op. Een probleem was wel dat de stalen profielen goed verticaal moesten

geplaatst worden om met betonnen beschoeiingplaatjes te kunnen werken.

Het dimensioneren van een Berlijnse wand met een dergelijke hoogte, viel dik tegen. Omdat de profielen slechts een beperkt moment konden opnemen moesten de onderste ankerrijen dicht bij elkaar worden aangebracht. Daarvan heb ik geleerd dat het in dergelijke gevallen beter is om de wand als een vernagelde wand te dimensioneren en niet als een verankerde wand.



b) Oostende, Visserkaai.

Voor de bouw van een ondergrondse parking onder de Visserkaai in Oostende moest een Berlijnse wand worden aangebracht op enkele meters van de terrassen van de restaurants. Doordat het hoofdgebouw zich telkens nog enkele meters verder naar achteren bevond was het risico op ernstige schade zeer gering.

Zoals op meerdere plaatsen in Oostende bestond de ondergrond daar uit zeer weinig weerstandbiedende lagen en zelfs veen tot enkele meters onder het te realiseren uitgravingpeil.

Ook op deze werf was er Seco controle en met hen is lang gediscussieerd over het dimensioneren van de Berlijnse wand. Het probleem was namelijk dat wanneer men de profielen langer maakte dan hetgeen strikt nodig was voor de stabiliteit, het op te nemen moment zeer sterk toenam.

De hamvraag was welke horizontale verplaatsingen er te verwachten waren wanneer de profielen slechts tot de strikt noodzakelijke dieptes werden aangebracht.

Mijn voorstel was om onmiddellijk na het uitgraven van de bouwput een dikke laag zuiverheidbeton aan te brengen tot op minstens 3m van de wand. Ondanks het feit dat Seco daarin niet geloofde hebben we toch doorgezet.

Tijdens de uitvoering kon worden vastgesteld dat er zich slechts beperkte horizontale verplaatsingen hebben voorgedaan. De truuk met de laag zuiverheidbeton heeft dus zijn nut bewezen.



c) Cirkelvormige bouwput.

Eind 2004 werd op de Tervurenlaan in Brussel een cirkelvormige put met een inwendige diameter van 9m en een diepte van meer dan 14m uitgevoerd met secanspalen diam. 53cm aangebracht met een tussenafstand as op as van 46cm. De ondergrond ter plaatse bestond uit leem en Brusseliaans zand en het grondwaterpeil bevond zich onder het uitgravingspeil.

Na het uitgraven van de put werden bij een aantal palen anomalieën vastgesteld, zoals insluitingen van zand en uitstulpingen. Deze hadden vooral te maken met de aanwezigheid van zeer losgepakte zones in het Brusseliaans zand.

Ik moet toegeven dat het toch wel een beetje kriebelde wanneer ik daar beneden in de put stond.



5.2.6 Soilmix.

In 2002 contacteerde Luc Smet me opnieuw. Hij was op studiereis geweest naar Amerika en had bij een collega aannemer soil mixing of deep mixing zien uitvoeren. Bij CVR hadden ze op basis van hetgeen ze in Amerika gezien hadden een werktuig gemaakt en "op den hof" wat proeven uitgevoerd. De resultaten waren veelbelovend en de vraag was of ik kon helpen om deze techniek aan de man te brengen.

Mijn antwoord was onmiddellijk ja, omdat ik in 1992, toen ik nog bij Smet Boring was, bij een bezoek aan een beurs in Tokyo tientallen machines had gezien waarmee beschoeiingwanden werden uitgevoerd. Het betrof wel machines met 3 schroeven en 3 beitels. Na mijn terugkeer had ik contact opgezocht met leveranciers van dat soort materieel en ook een financiële analyse uitgevoerd. Ondanks het feit dat er voor dergelijk systeem zeker een markt was in België heeft men bij Smet-Boring afgehaakt omdat de drievoudige avegaar moest worden opgehangen in een zeer zware kraan. Smet Boring had geen dergelijk kraan en was ook niet gewoon om daarmee te werken. Ik was op dat ogenblik wat ontgoocheld, maar het was zeker een verstandige beslissing.

5.2.7 Werf Interbrew Leuven.

Voor een nieuw bureelgebouw van Interbrew diende een bouwput te worden gerealiseerd tot ca 10m diepte. Bij CVR vond men het een ideale gelegenheid om een uitvoering met Soilmix voor te stellen. De ondergrond bestond overwegend uit zand en de wand had geen waterkerende functie.

De voorgestelde uitvoeringswijze met secanskolommen diameter 600mm, passeerde evenwel de Seco controle niet. Na een intense discussie bestond het compromis erin om de primaire kolommen uit te voeren met Soilmix diameter 600mm en de secundaire kolommen met verbuisde avegaar, d.w.z. met beton en diameter 420mm.

Verder werden door Seco allerlei eisen gesteld i.v.m. de mogelijke pons van de kolommen diameter 420mm doorheen de Soilmix kolommen ter hoogte van de ankers, de controle van de druksterkte van de Soilmix en de controle van de kracht van de ankers.

Ook het ontwerp van de wand gaf aanleiding tot heel wat discussie. Ik had in eerste instantie teruggегреpen naar de manuele methode, die ik gebruikt had voor de vernagelde wand van het Ladeuzeplein. Ook daar had Seco het heel erg moeilijk mee. Uiteindelijk moesten Plaxis berekeningen hen mee over de streep trekken.

De uitvoering van de Soilmix is zeer vlot verlopen. Over de vorm van de gebruikte beitel is vele uren gediscussieerd, maar naarmate de werf vorderde lukte de uitvoering beter en beter.

Nadat de bouwput was uitgegraven bleek alles veel beter mee te vallen dan aanvankelijk gedacht. Alle controles verliepen vlot en voldeden ook aan de verwachtingen.

Deze werf betekende een echte doorbraak, omdat CVR snel nieuwe beschoeiingen volledig in Soilmix uitvoerde.



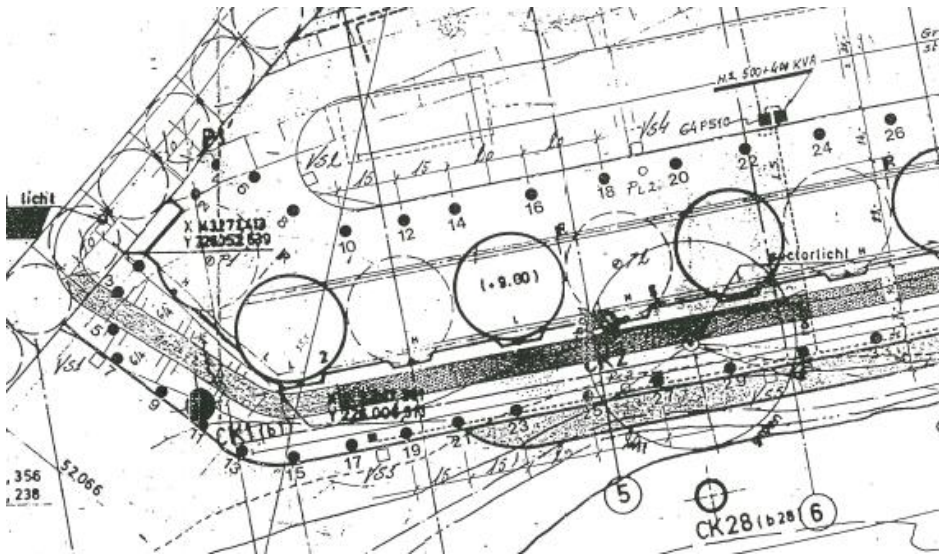
5.2.8 Wat geleerd ?

Het succesvol op de markt zetten van nieuwe technieken is slechts mogelijk wanneer er gedegen samenwerking is tussen uitvoerder, werktuigkundigen en grondmechanici. Van groot belang daarbij is de coördinatie van een goede coach. Bij CVR vervulde Luc Smet die taak op magistrale wijze.

5.3 GHA Containerkaai-Zuid / Europaterminal.

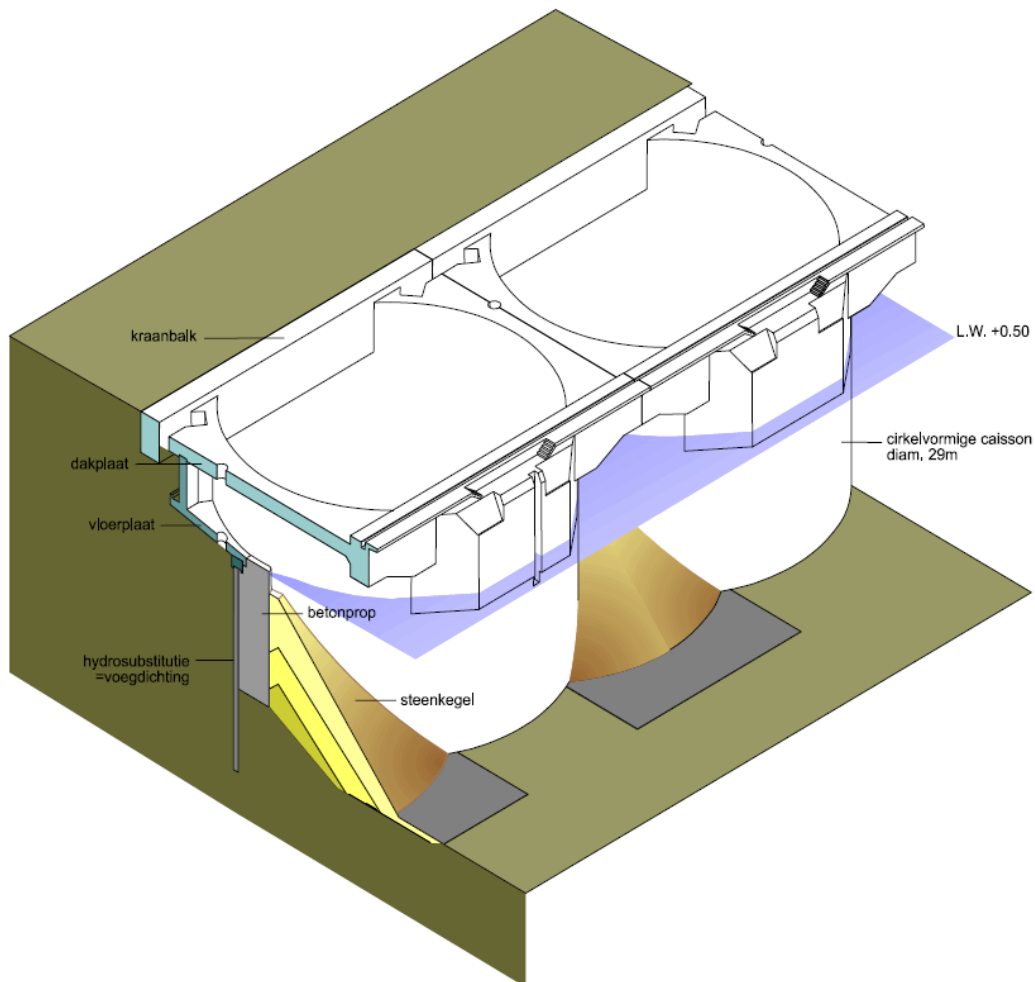
5.3.1 Context.

Met de bouw van Containerkaai-Zuid is men begonnen kort nadat de Berendrechtsluis was afgewerkt. De kaaimuur bestond uit grote cirkelvormige caissons met een diameter van 30m die met een tussenafstand van ca 1m werden afgezonden in den droge. Om de grondwerken in den droge te kunnen uitvoeren werden langs weerskanten bemalingsputten aangebracht tot op de Boomse klei.



De opening tussen de caissons was dichtgemaakt door middel van jet-groutkolommen.

Kort na het vrij baggeren van de kaaimuur hebben er zich problemen voorgedaan omdat de jet-groutkolommen tussen de caissons niet grond dicht waren. De nodige herstellingen werden uitgevoerd onder toezicht van een college van 3 experts en bestonden uit het aanbrengen van steenkegels ter hoogte van de voegen. Voor de voeg werd eerst een betonnen prop aangebracht.



Toen er zich enkele jaren later opnieuw verzakkingen hadden voorgedaan achter de voegen, heeft het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen mij om advies gevraagd. Het zou een zeer lang verblijf worden op de Containerkaai-Zuid, later Europaterminal genoemd.

5.3.2 Uitgevoerde onderzoeken.

In eerste instantie werden een aantal eenvoudige onderzoeken uitgevoerd, meer bepaald:

- het lassen van hoekprofielen over de voegen tussen de caissons, die daarna werden doorgezaagd;
- het uitvoeren van sonderingen achter de voegen;
- het uitvoeren van injectieproeven.

a) Hoekprofielen.

Omdat het niet eenvoudig is om op een Containerkaai in volle activiteit topografische metingen uit te voeren, had Walter De Vooght van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen profielen laten aanbrengen over de voegen tussen de caissons. Die profielen werden daarna over ca. 1cm weggeslepen. Op deze wijze was het mogelijk om visueel vast te stellen welke verplaatsingen zich voordeden.



Het resultaat was verrassend in die zin dat er zich niet alleen verplaatsingen voordeden naar en van de Schelde toe, maar ook volgens de lengterichting van de kaaimuur. Walter De Vooght vatte het als volgt mooi samen: "*De caissons staan te dansen*", maar dan wel in sappig antwerps.

b) Sonderingen.

Er werden in eerste instantie sonderingen uitgevoerd achter de voegen tussen de caissons. Zoals te verwachten was, gaven de sonderingen aan dat er zich opnieuw ontspanningen hadden voorgedaan en dat er op sommige plaatsen zelfs holten waren.

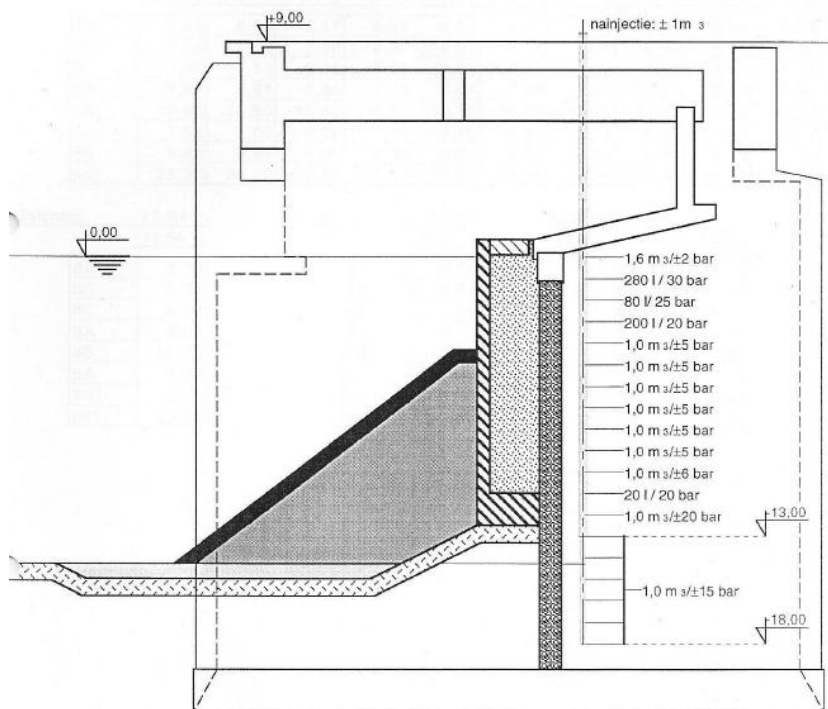
c) Injectieproeven.

Voor ik bij de zaak betrokken was, had het GHA injectieproeven laten uitvoeren achter een paar voegen. Daarbij werd een water-cementmengsel geïnjecteerd via speciale injectiepijpen (=tube-à-manchettes). Het resultaat was even wel niet bevredigend omdat men gewoon kon blijven injecteren.

Op mijn voorstel werden proeven uitgevoerd waarbij een vrij vloeibare mortel werd geïnjecteerd. Daarbij werd als volgt tewerk gegaan:

- eerst werd een boring uitgevoerd met dubbele boorstangen;
- bij het bereiken van de vooropgestelde diepte werden de binnenstangen getrokken;
- vervolgens werden de buitenstangen over 1m getrokken en werd er mortel met een welbepaalde samenstelling geïnjecteerd;
- na het bereiken van een bepaalde max. hoeveelheid of een maximum druk werden de buitenstangen opnieuw over 1m getrokken;
- op deze wijze werd verder geïnjecteerd in stappen van 1m;
- het te injecteren volume werd in eerste instantie beperkt tot 1m³ per meter.

De geïnjecteerde volumes en uitgeoefende drukken werden per meter genoteerd en op deze wijze werd een duidelijk beeld verkregen van de dieptes waarop er zich losgepakte zones en/of holten bevonden.



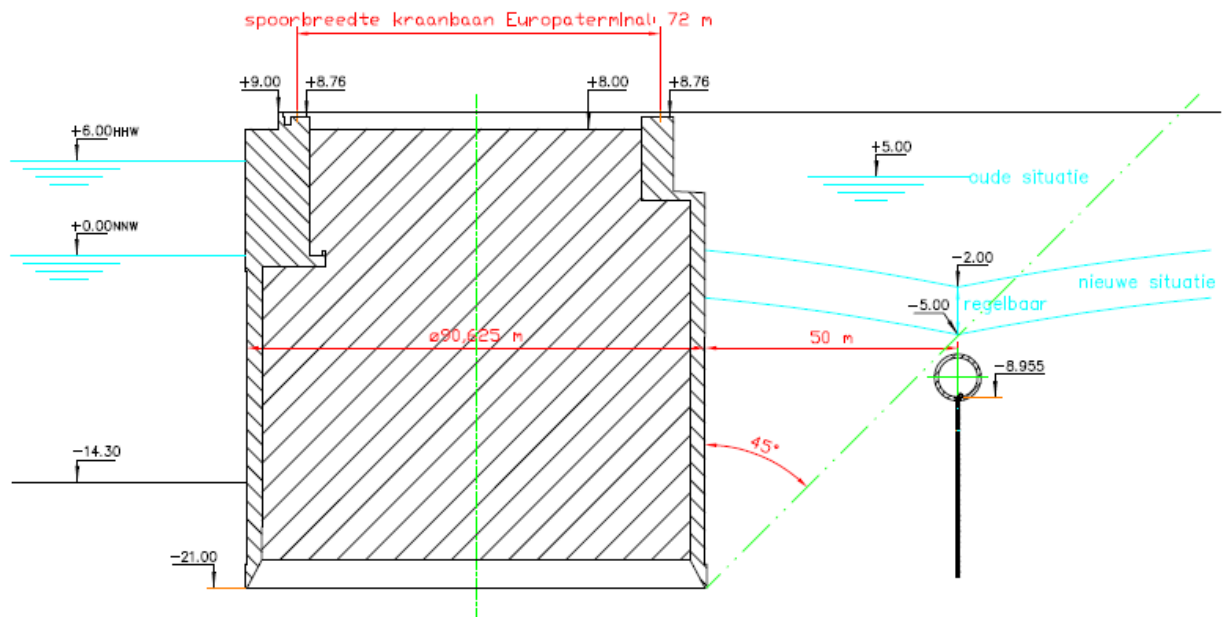
5.3.3 Verlaging van het grondwaterpeil achter de kaaimuur.

Het werd snel duidelijk dat het uitvoeren van injecties achter de voegen nooit een definitieve oplossing kon opleveren.

Nadat een aantal mogelijke maatregelen bestudeerd waren, werd uiteindelijk geopteerd voor een verlaging van het grondwaterpeil achter de kaaimuur.

Om het stroomverbruik te beperken en de activiteiten op de kaaivlakte zo weinig mogelijk te hinderen, werd ervoor geopteerd om achter de kaaimuur een tunnel te boren en om vanuit deze tunnel op regelmatige tussenafstand dieptebronnen aan te brengen.

De tunnel werd op een voldoende diepte aangelegd, zodat de tunnel ten allen tijde gevuld zou blijven met water en er alleen diende te worden gepompt in een verzamelput aan het uiteinde van de tunnel.



Door het waterpeil achter de kaaimuur te verlagen tot onder het laagste laagwaterpeil werd ervoor gezorgd dat de grondwaterstroming onder de caissons ten allen tijde van de Schelde naar de tunnel zou gericht zijn en dat er als gevolg daarvan geen grondverlies doorheen de voegen meer zou kunnen plaats vinden .

Om er zeker van te zijn dat het waterpeil ter hoogte van de voegen voldoende zou kunnen verlaagd worden, werden eerst twee pompproeven uitgevoerd achter oordeelkundig gekozen voegen. De resultaten van deze pompproeven gaven aan dat het mogelijk was om het grondwaterpeil achter de caissons tot de vooropgestelde diepte te verlagen.

Kort daarna werd beslist om te verlaging van het grondwaterpeil achter de caissons te realiseren.

De tunnel nodig voor het aanbrengen van de dieptebronnen werd gerealiseerd door middel van een doorpersing. Bij het intrillen van de damplanken ten behoeve van het uitgraven van de persput werd vastgesteld dat het grondoppervlak met ca 1m gezakt was. Aangezien de grond in de caissons bij het terug aanvullen systematisch verdicht was geworden en deze verdichting door middel van diepsonderingen was gecontroleerd, werd hierin nogmaals het bewijs gevonden dat er in de caissons een aanzienlijke ontspanning van de grond had plaatsvonden.

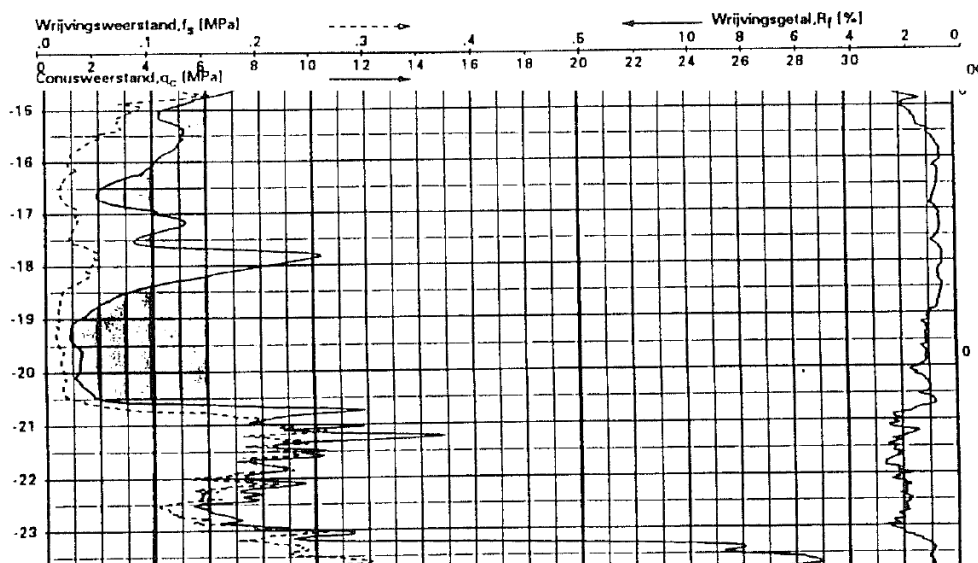
De uitvoering van de tunnel is vlot verlopen, zoals ook het boren van de dieptebronnen vanuit de galerij. De meeste bronnen werd geboord doorheen een sasconstructie (= tegen drukkend water in) , maar daarbij hebben er zich geen noemenswaardige problemen voorgedaan.



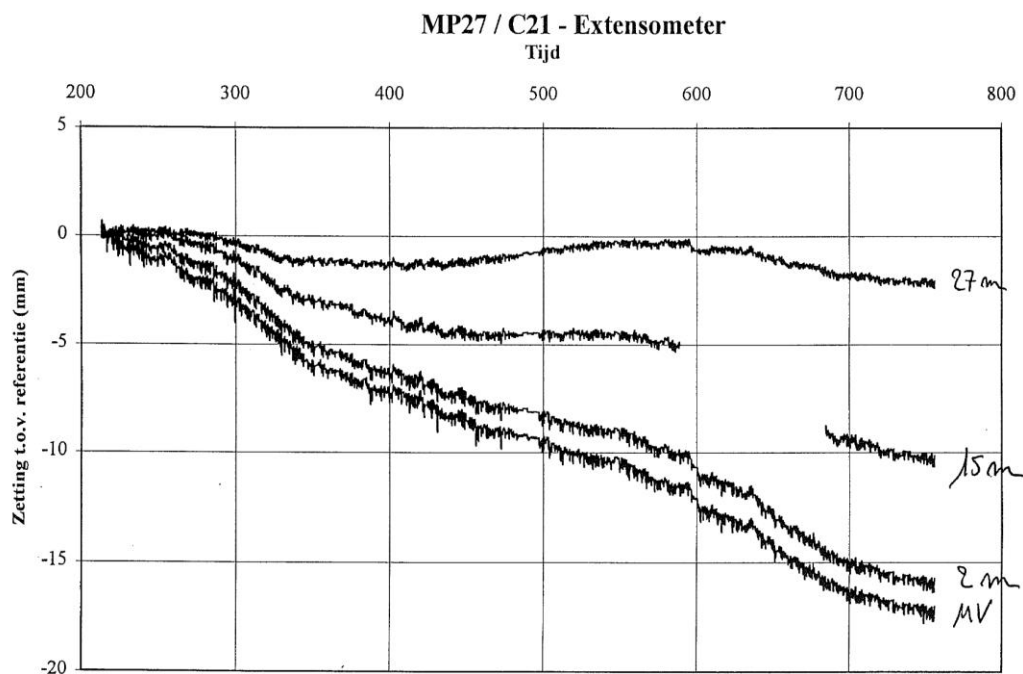
5.3.4 Zettingen in de caissons.

Intussen werden niet alleen zettingen vastgesteld achter de voegen tussen de caissons maar ook in de caissons zelf. De zettingen deden zich vooral voor langs de voorkant van de caissons (= Scheldekant) en achteraan juist achter de voegen tussen de caissons.

Sonderingen die in de caissons werden uitgevoerd gaven aan dat er ter hoogte van de onderkant van de caissons zeer losgepakte zones voorkwamen. Op basis van de zeer lage conusweerstand kon de aanwezigheid van echte holten geenszins worden uitgesloten.



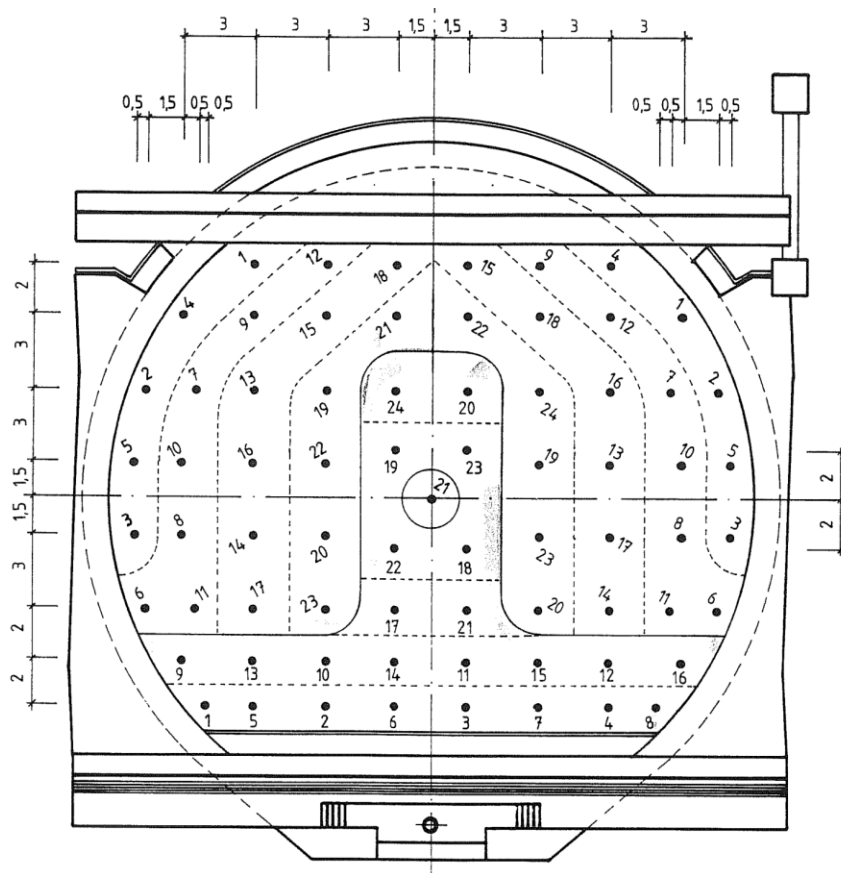
Om de zettingen in de caissons te kunnen opvolgen werden in twee caissons extensometers geplaatst (= stangen die op verschillende dieptes worden vastgezet). De bedoeling daarvan was vooral om na te gaan op welke dieptes de zettingen zich vooral voordeden.



De resultaten van deze extensometers gaven aan dat er zettingen optraden à ratio van ca. 10mm/jaar, zowel tussen 2m-mv en 15m-mv als tussen 15m-mv en 27m-mv.

Daarnaast werden er ook injecties uitgevoerd in enkele caissons. Het betrof eerst injecties binnen beperkte zones. In een latere fase werd de volledige caisson 19 geïnjecteerd. De injecties werden uitgevoerd met een tussenafstand van 3m x 3m. Deze tussenafstand werd gekozen omdat enkele jaren voordien Smet Boring gelijkaardige injecties had uitgevoerd in een caissons waar het zand over de bovenste 10m erg ontspannen was. De oorzaak daarvan was dat een tussenslagklep waarmee het waterpeil in de caissons ter hoogte van het laagwaterpeil werd gehouden, niet meer gewerkt had en er via deze klep zand uit de caissons was verdwenen. De sonderingen die na het uitvoeren van de injecties tussen de injectiepunten waren uitgevoerd, gaven aan dat de conusweerstand overal meer dan 10 MPa bedroeg.

De resultaten van de uitgevoerde injecties waren verontrustend. De geïnjecteerde hoeveelheden mortel overtroffen de meest pessimistische inschattingen. Het totaal geïnjecteerde volume bedroeg 458,5m³, hetgeen overeenstemt met een laag met een dikte van ca. 70cm.



C19 (1ste fase)		C19 (2de fase)		C19 (3de fase)	
1	16,000	1	24,000	1	10,800
2	3,700	2	18,700	2	6,000
3	10,800	3	13,000	3	9,500
4	19,400	4	15,000	4	6,000
5	5,300	5	4,500	5	0,900
6	4,100	6	4,000	6	7,500
7	6,300	7	6,500	7	2,700
8	3,800	8	3,100	8	2,600
9	17,200	9	6,200	9	1,000
10	6,200	10	3,000	10	1,100
11	10,900	11	7,600	11	6,500
12	14,000	12	25,700	12	2,000
13	1,000	13	6,000	13	0,800
14	4,100	14	2,200	14	4,100
15	18,300	15	2,200	15	1,000
16	7,500	16	10,500	16	6,000
17	3,300	17	6,200	17	2,200
18	7,200	18	9,800	18	7,400
19	3,400	19	2,000	19	3,300
20	1,200	20	2,000	20	2,700
21	0,900	21	5,800	21	1,800
22	8,800	22	6,320	22	2,900
23	2,800	23	6,900	23	1,000
	<u>1,000</u>		<u>6,900</u>	24	<u>1,300</u>
	176,200 m³		191,220 m³		91,100 m³

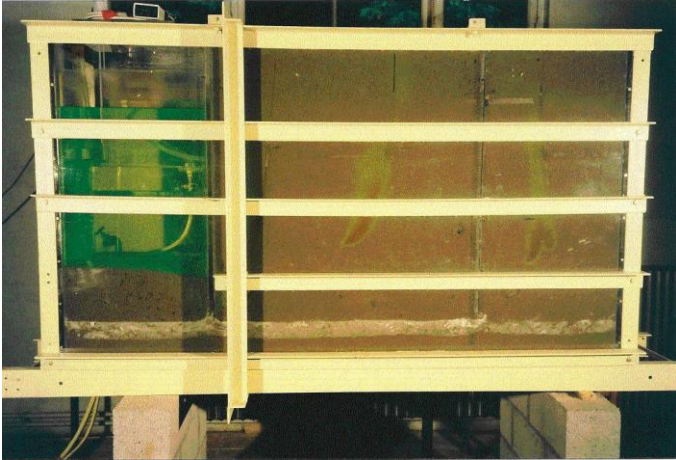
5.3.5 Verdere studies en onderzoek.

a) 3D-Eindige elementenberekeningen.

Om de invloed van grondverlies uit de caissons na te gaan werden 3D-Eindige elementen berekeningen uitgevoerd. Deze gaven aan dat het gedrag van caissons zeer robuust is en dat ontspannen zones, zelfs met een aanzienlijke oppervlakte slechts een beperkte invloed hebben op de stabiliteit.

b) Modelproeven in het laboratorium voor hydraulica van KU Leuven.

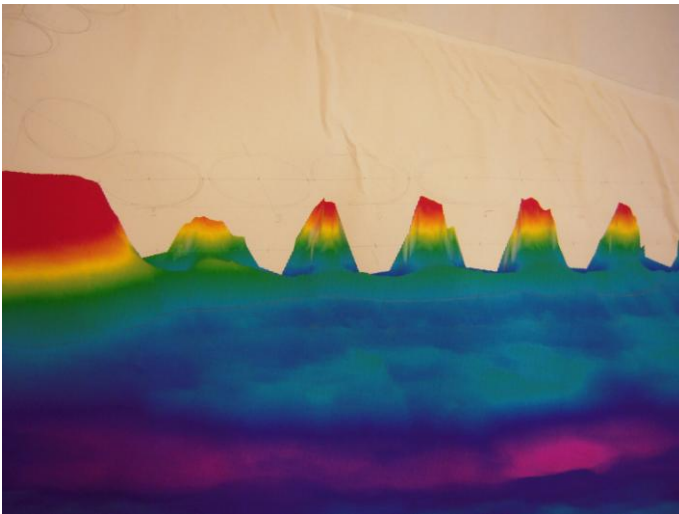
De modelproeven hadden tot doel om na te gaan of er onder- of er langs de voorkant van de caissons inwendige erosie kon ontstaan onder invloed van het getij.



De resultaten van de uitgevoerde proeven gaven aan dat inwendige erosie alleen kon plaatsvinden bij een veel grotere getijde invloed dan deze in de Schelde.

c) Detailscan van de bodem van de caissons.

Een detailscan van de bodem van de caissons gaf aan dat er zich om de 15m kleine bulten bevonden op de bodem van de Schelde.

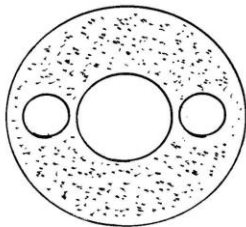
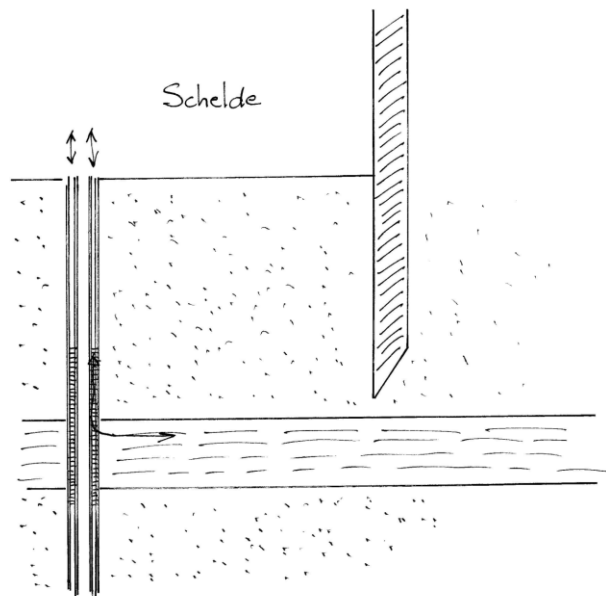
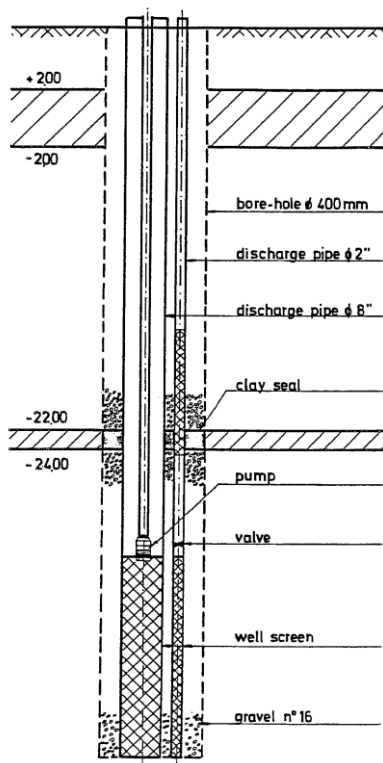


Aangezien de tussenafstand tussen deze bulten en ook de afstand tot de caissons overeenstemden met de tussenafstand tussen de in de tijd aangebrachte bemalingputten, stond vast dat deze bulten in relatie moesten gebracht worden met de in de tijd aangebrachte bemalingputten.

5.3.6 Verklaring van de zettingen in de caissons.

Op basis van de bijkomende studies en de gedane vaststellingen kon worden geconcludeerd dat de oorzaak van de zettingen moest worden gezocht in de bemalingputten die in de tijd bij de bouw van de kaaimuur waren aangebracht.

Om het waterpeil zowel boven als onder de Zanden van Kruisschans te kunnen verlagen, had Smet-Boring in de tijd een speciale put ontwikkeld waarbij ter hoogte van de Zanden van Kruisschans (= laag tussen -22,00 en -24,00 op onderstaande figuur) naast de centrale buis nog twee buizen met een kleinere diameter werden aangebracht en voorzien van zaagsnedes.

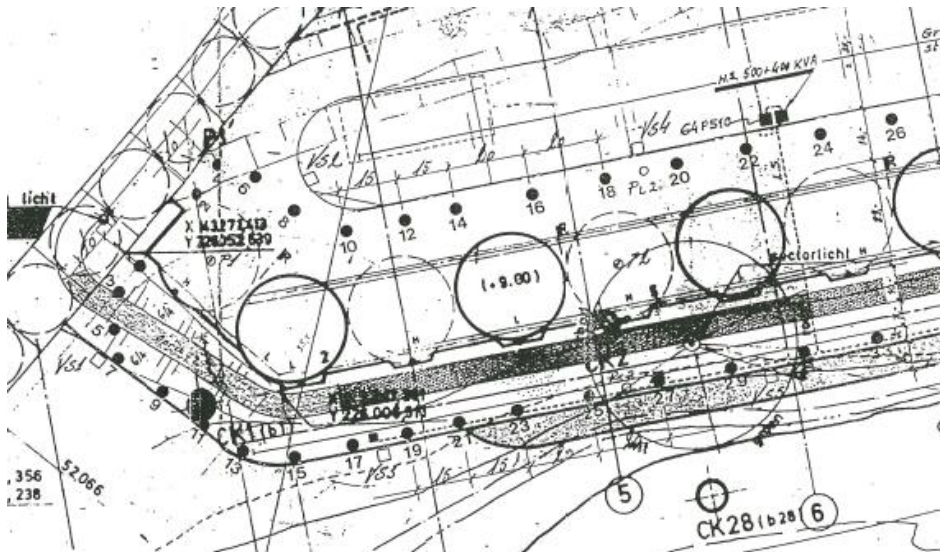


Het gevolg daarvan was dat ter hoogte van deze buizen met een kleinere diameter de dikte van de omstorting met filtergrind beperkt was en dat daardoor de kans reëel werd dat er zich omheen het filtrerend gedeelte geen natuurlijke filter zou kunnen opbouwen, hetgeen bij normale bemalingputten wel het geval is.

Als oorzaak van de zettingen kan dan ook worden aangegeven dat er doorheen de te dunne laag filtergrind gronddeeltjes in de filterbuis is terechtgekomen en afgevoerd. Eens er omheen de filterbuis holten waren ontstaan heeft de ontgronding zich verder doorgezet. Het feit dat de zanden van Kruisschans een sterk gelaagde structuur hebben heeft er wellicht voor gezorgd dat de inwendige erosie zich over een zeer grote afstand heeft kunnen uitstrekken.

Doordat de bemalingputten niet werden opgevuld vooraleer de kaaimuur werd vrij gebaggerd, kon de inwendige erosie zich onder invloed van het getij zich gewoon verder kunnen doorzetten. Dat verklaart waarom er onder de caissons zeer grote holtes werden aangetroffen.

Het feit dat er achter de kaaimuur ter hoogte van de eertijds geplaatste bemalingputten (= zwarte bolletjes op onderstaande figuur) ook verzakkingen werden vastgesteld, bevestigde de hierboven beschreven verklaring.



5.3.7 Herstelling.

Nadat een ganse reeks alternatieve maatregelen was onderzocht, werd ervoor geopteerd om in alle caissons compaction grouting met mortel uit te voeren. Gehoopt werd dat op deze wijze de meeste onder de caissons aanwezige holle ruimtes zouden worden opgevuld en de zeer ontspannen zones verdicht worden. Er werd ook van uitgegaan dat mede onder invloed van de verlaging van het grondwaterpeil achter de kaaimuur, de inwendige erosie onder de caissons zou worden stopgezet of althans sterk verminderd. Zekerheid daaromtrent bestond er evenwel niet.

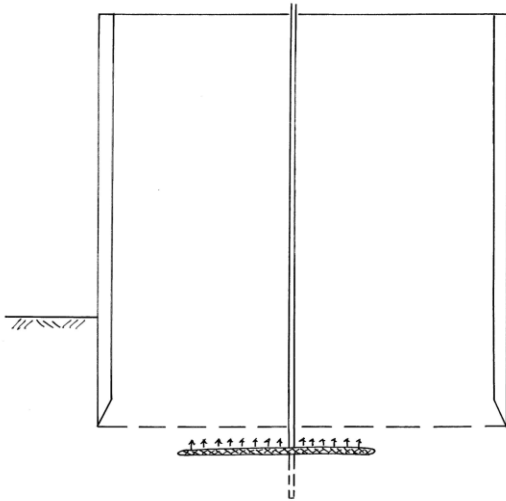
De uitvoering van de compaction grouting is na wat initiële moeilijkheden vlot verlopen. De geïnjecteerde hoeveelheden waren bij alle caissons goed vergelijkbaar met de hoeveelheden die eerder in caisson 19 werden geïnjecteerd.

In totaal werd 19.395m^3 mortel geïnjecteerd via 3366 boringen (= 78 per caisson) met een totale lengte van 117.804m. De na de injecties uitgevoerde diepsonderingen gaven een duidelijke toename van de conusweerstand aan, in die mate dat de conusweerstand bijna overal meer dan 10MPa bedroeg.

Tijdens de compaction grouting in caisson 26 werd in een boring 23 maal 6m^3 geïnjecteerd. Het gevolg daarvan was dat:

- De caisson in zijn geheel met meer dan 10cm werd opgelicht, met inbegrip van de zeer zware balken die zich bovenop de caisson bevonden;
- Er ook mortel werd aangetroffen op de bodem van de Schelde voor de caisson.

Deze vaststellingen toonden aan dat de geïnjecteerde mortel vrij lang vloeibaar blijft en dat zodoende zeer grote opwaarts gerichte krachten kunnen worden uitgeoefend zoals is aangegeven op onderstaande figuur.



Oplichting van caisson 26

5.3.8 Wat geleerd?

Van deze opdracht heb ik vooral geleerd dat het soms zeer moeilijk is om de oorzaak van vastgestelde problemen te achterhalen en te benoemen. Alleen door het samenbrengen van alle beschikbare informatie en het uitvoeren van zeer gericht onderzoek, ook op grote schaal, was het mogelijk om de oorzaak eenduidig vast te leggen.

De problemen die zich hebben voorgedaan vormen een zeer mooie illustratie van het feit dat zeer kleine zaken grote gevolgen kunnen hebben.

5.4 Tongeren Basiliek.

5.4.1 Context.

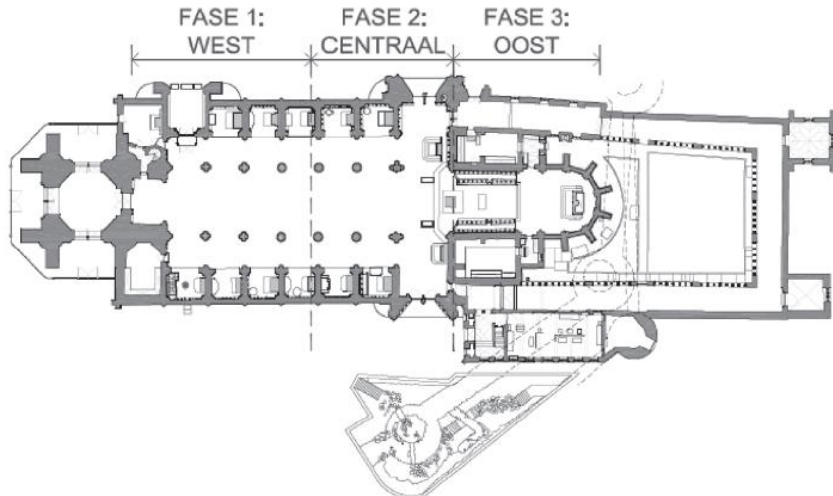
In Tongeren had men in 1997 het plan opgevat om in de Basiliek archeologische opgravingen uit te voeren en om daarna een archeologische crypte in te richten om het resultaat van de opgravingen permanent tentoon te stellen.

De opdracht daarvoor werd door de kerkfabriek toevertrouwd aan Architect Janssens, die het Studiebureau Libost inschakelde voor de stabiliteit en de technieken. Werner Lozen van Libost vroeg mij of ik het geotechnisch aspect op mij wilde nemen.

Het ontwerp en de realisatie van de archeologische crypte werd een lang en speciaal avontuur omdat er van bij het begin duidelijk werd gesteld dat de archeologie op alles voorrang had. Verder beruste de leiding van het project bij vertegenwoordigers van de kerkfabriek, die wel enige ervaring hadden met dergelijke projecten, maar die toch niet altijd echt professioneel overkwamen.



De werken werden uitgevoerd in 3 fasen omdat de Basiliek ten allen tijde in dienst moest blijven. De Aannemer was de NV Denys, die zich liet bijstaan door Prof. Van Gemert. Die kende de lokale situatie omdat hij ook betrokken geweest was bij de uitvoering van de restauratie van de toren.

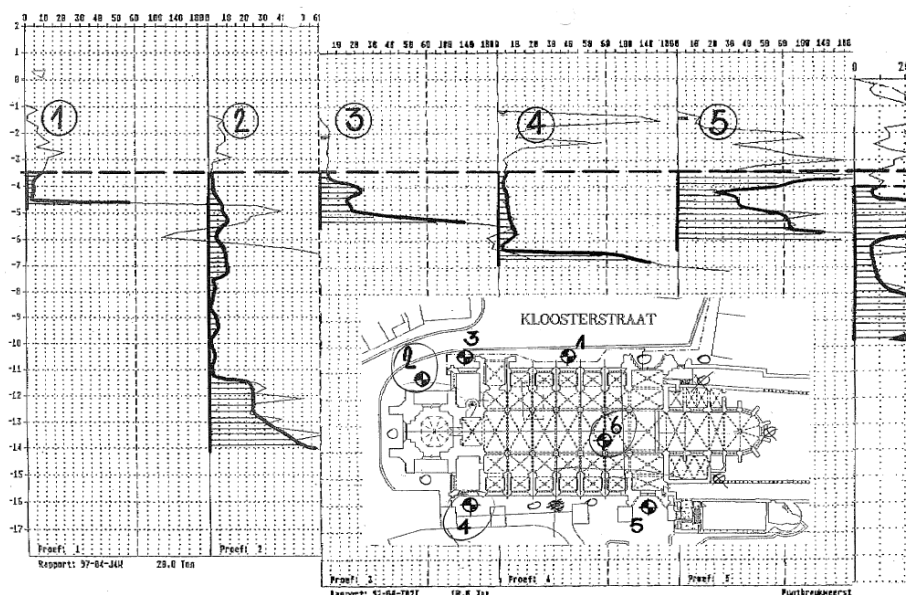


5.4.2 Onderzoek van de bestaande toestand.

a) Sonderingen.

Nog voor ik bij de zaak betrokken was werden er omheen de Basiliek een aantal sonderingen uitgevoerd, alsook 1 sondering in de Basiliek. Volgens de archeologen moesten we ons geen zorgen maken over de sondering die weinig weerstandbiedende lagen aangaf, tot ca 10m diepte, omdat die volgens hen in een oude waterput was uitgevoerd.

Ter controle werden 4 sonderingen uitgevoerd op 5m van de bewuste sondering en deze gaven inderdaad aan dat de grond er niet verstoord was.



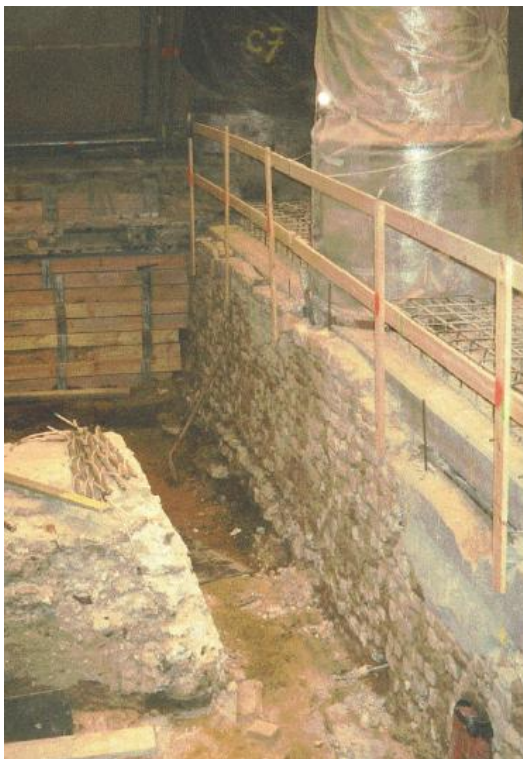
b) Kernboringen doorheen de funderingen.

De eerste boringen werden uitgevoerd met een enkelvoudige kernboor. Er werd nagenoeg geen materiaal bovengehaald.

Na lang aandringen werd beroep gedaan op een boorfirma die over een dubbelwandige boor beschikte. Daarmee werden wel volledige kernen bovengehaald, ook in zones waar de funderingen uit losse stenen en zelfs grond bestonden.

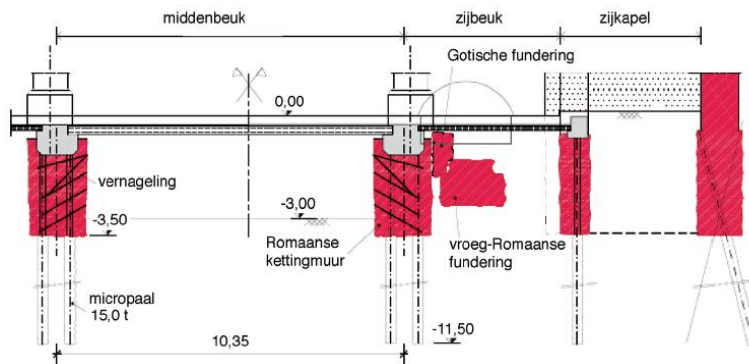
5.4.3 Verstevinging van de funderingen.

De funderingen van de Basiliek bestonden uit doorlopende funderingsmuren die ook onder de kolommen doorliepen. Deze muren waren samengesteld uit 2 parameters met daartussen soms stenen, soms aangestampde grond. De kwaliteit of sterkte van deze muren was duidelijk groter bij de muren die in de periode van de Romeinen waren uitgevoerd dan in de Middeleeuwen.



De aangewezen methode voor het verstevigen van de funderingen bestond in het aanbrengen van jet-groutkolommen. Omdat de archeologen van mening waren dat het risico te groot was dat er bij de uitvoering van jet-

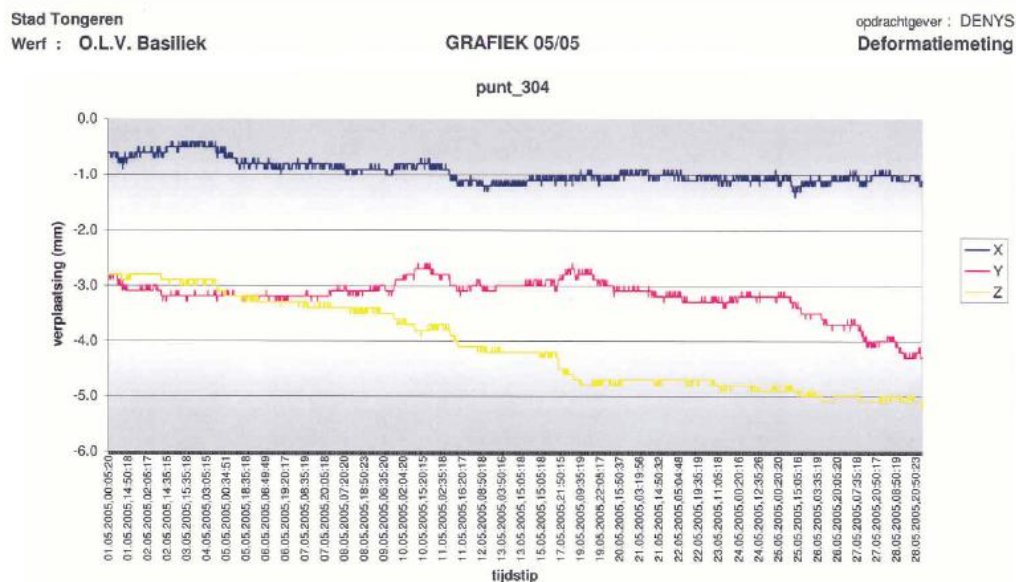
groutkolommen grout zou terechtkomen in de omringende grond en er mogelijk de aanwezige bodemschatten zou beschadigen, diende van deze uitvoeringsmethode te worden afgezien. Een voor iedereen aanvaardbare optie was het aanbrengen van micropalen in combinatie met het injecteren van het metselwerk onder de kolommen.



5.4.4 Monitoring.

a) Topografische opmetingen met een Total station.

Voor het opvolgen van de verplaatsingen werd een Total Station opgesteld waarmee de verplaatsingen van een aantal punten om de 15 minuten in x, y en z werden opgemeten. Zodoende kon worden nagegaan welke verplaatsingen door de verschillende activiteiten in de Basiliek werden teweeggebracht, cfr. onderstaande grafiek.



b) Extensometer.

Doorheen de kettingmuur werd een extensometer aangebracht waarmee de zettingen van de muur t.o.v. een diepergelegen vast punt regelmatig konden worden opgemeten.

De bedoeling van deze extensometer was om ten allen tijde over een vast referentiepunt te kunnen beschikken.

Jammer genoeg is deze extensometer bij het uitvoeren van een nabijgelegen micropaal vol geraakt met cement waardoor er geen verdere metingen mee konden worden uitgevoerd.

5.4.5 Uitvoering.

a) Eerste fase.

De uitvoering van de micropalen verliep vlot. Ze werden uitgevoerd met zelfborende stangen nadat eerst het metselwerk omheen de micropaal was geïnjecteerd met cement.

Over deze injecties werd zeer lang gediscussieerd omdat de archeologen ten allen prijze wilden voorkomen dat er grout zou terechtkomen in de bodemschatten die zich dichtbij de muur bevonden. Zowel de archeologen als de opdrachtgevers verloren daarbij wel eens uit het oog dat het toch de bedoeling was dat de Basiliek ook recht zou blijven staan.

Om aan te tonen dat de micropalen de vooropgestelde kracht konden afnemen werd buiten de Basiliek een belastingsproef uitgevoerd. Tegen beter weten in werden voor het opnemen van de reactiekracht slechts 2 trekpalen aangebracht met als logisch gevolg dat de micropaal op buiging bezweek nog voordat de dienstlast bereikt werd. Er zat dan ook niets anders op dan een tweede belastingsproef uit te voeren voor de aanvang van de tweede fase met 3 i.p.v. 2 trekpalen. De resultaten van de proef voldeden ruimschoots.

Bij het uitgraven van de crypte bleek dat er toch heel wat grout buiten de funderingsmuren was terechtgekomen, o.a. in een graf van een kind dat zich dicht tegenaan de kettingmuur bevond. Dergelijke vaststelling was natuurlijk vervelend, maar vervelender was toch nog dat noch de architect, noch de archeologen, mee wilden nadenken over de risico's die gepaard gingen met het weggraven van de grond langsheen een muur, die in feite maar uit twee parementen

bestond en waarop de kolom van een kolossale kerk gefundeerd was.

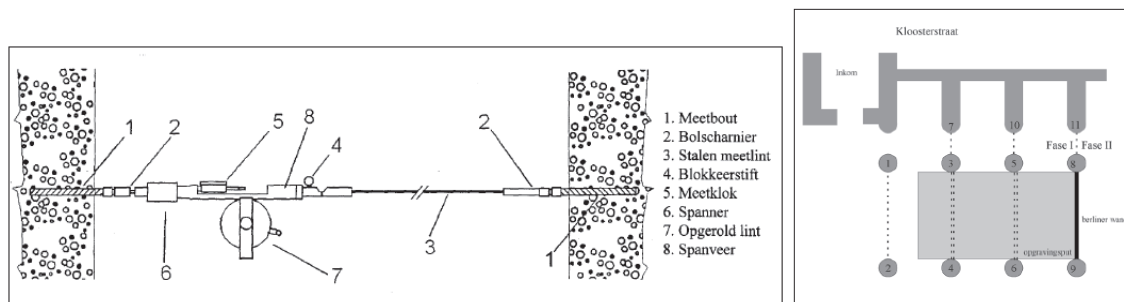
b) Tweede fase.

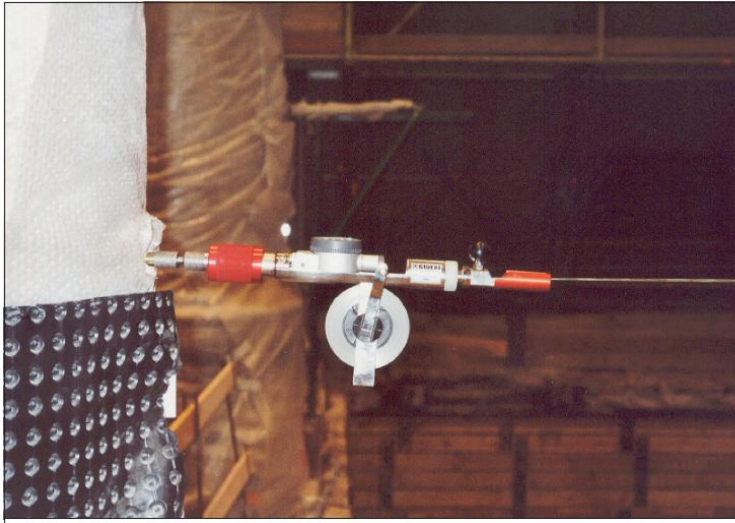
Tijdens de tweede fase verliep de uitvoering van de micropalen eveneens vlot.

De grote verrassing kwam er toen we na het bouwverlof vaststelden dat de archeologen tot ca 0,50m onder het aanzetpeil van de funderingsmuur gegraven hadden i.p.v. tot 0,50m boven het aanzetpeil, zoals duidelijk was afgesproken.

Toen ik tijdens de eerste werfvergadering na het bouwverlof vroeg om tegenaan de funderingsmuur een berm gestabiliseerd zand aan te brengen en om schoren te plaatsen tussen de twee muren ter hoogte van de kolommen, was het antwoord van de architect en de archeologen dat daarvan geen sprake kon zijn. Hun argument was onder meer dat men dan geen mooie foto's meer kon nemen van de uitgravingen. Ze baseerden zich daarvoor ook op het feit dat metingen met de Total Station geen belangrijke verplaatsingen hadden aangegeven.

Na een hevige discussie bereikten we een compromis waarbij de KU Leuven met een meetlint van invar de afstand tussen de kolommen zou opmeten en dat het gestabiliseerd zand en de stempels zouden worden aangebracht indien er verplaatsingen werden opgemeten. Door het meetlint onder een vooropgestelde spanning te brengen is het mogelijk om zeer nauwkeurige metingen uit te voeren.





De nulmeting werd uitgevoerd op dinsdag, op vrijdag werd een verplaatsing van 1,5mm gemeten. Ik heb dit weekend zeer slecht geslapen...

Toen ik de maandag op de werfvergadering meedeelde dat er zich verplaatsingen hadden voorgedaan en dat de bermen gestabiliseerd zand en de stempels dus moesten geplaatst worden, begon de discussie opnieuw omdat de gemeten verplaatsingen toch zeer klein waren en de risico's daardoor toch wel zeer beperkt waren.

Ik heb toen een einde gemaakt aan de discussie door te stellen dat als men niet toegaf, ik een fax zou sturen aan de Burgemeester om mee te delen dat de stabiliteit van de Basiliek niet langer verzekerd was. Als verantwoordelijke voor de veiligheid kon de Burgemeester dan niets anders dan de basiliek te laten ontruimen. Dat was blijkbaar een doorslaand argument want kort daarna is men begonnen met het aanbrengen van de bermen gestabiliseerd zand en 's anderendaags werden de schoren geplaatst.

Ik heb me op geen enkel ogenblik deze brutale ingreep beklagd omdat ik me er goed van bewust was dat indien de Basiliek zou invallen, zelfs wanneer de kans daarvoor misschien zeer klein was, mij altijd het verwijt zou worden gemaakt dat ik niet had ingegrepen op het ogenblik dat er toch duidelijke aanwijzingen waren dat er zich verplaatsingen voordeden. Voor dergelijk historisch monument is niemand in staat om aan te geven welke verplaatsingen toelaatbaar zijn en welke niet, en achteraf hebben diegenen die het resultaat kennen altijd gelijk.

c) Fase 3.

De derde fase betrof de uitgravingen in het koor.

Bij het opstarten van de metingen met het Total station bleek dat het koor onder invloed van de zon aanzienlijk grotere verplaatsingen onderging dan hetgeen aanvankelijk was vooropgesteld. Dat bemoeilijkte enigszins de beoordeling van de zettingen die zich tijdens de uitvoering van de vestigingswerken voordeden.

De uitvoering van het gedeelte is vlot verlopen en de archeologen hebben zich ook aan de gemaakte afspraken, betreffende de ontgravingdiepte, gehouden.

5.4.6 Teseum.

De afwerking van de archeologische crypte heeft zeer veel tijd in beslag genomen.

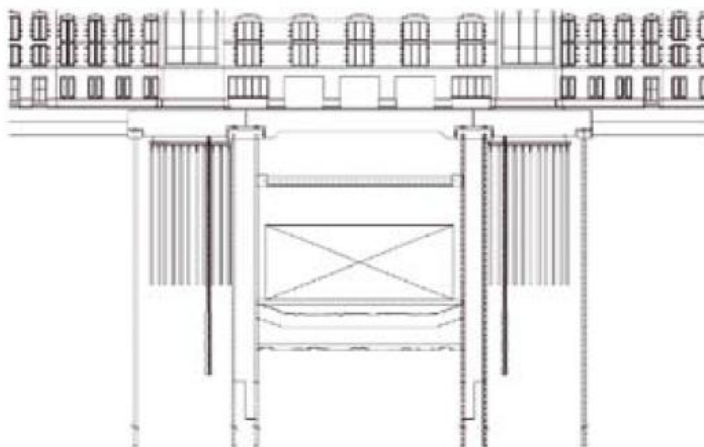
Sinds de tweede helft van 2018 maakt de crypte deel uit van Teseum en is daardoor vrij te bezoeken. Het geheel is zeker een aanrader.

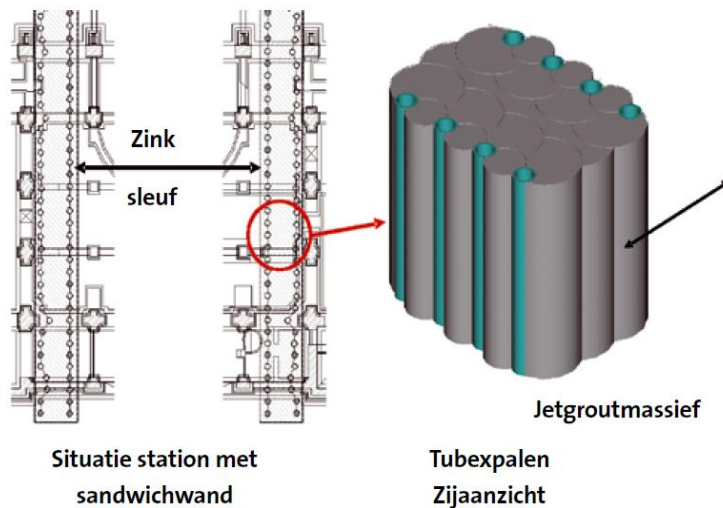


5.5 Amsterdam NZ verbinding onder Centraal Station.

5.5.1 Context.

Om de nieuwe Noord-Zuid metrolijn onder het Centraal Station te laten rijden moest er een tunnel worden gebouwd op een relatief grote diepte en onder een monumentaal gebouw. Voor de onderdoorgang onder het gebouw van het CS had het ontwerpbureau van de NZ lijn een zeer speciale uitvoeringsmethode bedacht waarbij vanuit een werkruimte met beperkte hoogte eerst langs elke kant twee rijen Tubexpalen zouden worden aangebracht tot 60m diepte en waarna tussen deze Tubexpalen door middel van jetgrouting een groutmassief zou worden gerealiseerd, cfr. onderstaande figuren.





De combinatie van Tubexpalen en jetgrouting werd sandwichwand genoemd. Tussen de sandwichwanden zou er in eerste instantie in den droge worden ontgraven voor het plaatsen van stempels en daarna zou er in de natte verder worden ontgraven. In de aldus gecreëerde sleuf zouden uiteindelijk tunnelementen worden afgezonken.

Op het ogenblik dat de onderdoorgang van de NZ lijn onder het CS werd voorbereid, had ik heel wat goede contacten in Nederland en werkte Lieve De Kimpe bij me. Zij kon zowel met Plaxis als met FLAC rekenen.

Omdat er binnen het Studiebureau van de NZ lijn discussies waren betreffende de resultaten van met Plaxis uitgevoerde berekeningen, werd mij gevraagd om vergelijkende berekeningen te laten uitvoeren met Plaxis en FLAC.

5.5.2 Vergelijkende berekeningen Plaxis - FLAC.

Deze vergelijkende berekeningen waren zeer interessant omdat er moest uitgezocht worden hoe de verschillen tussen de resultaten die met beide methodes werden verkregen, konden verklaard worden. Zodoende werd ook een beter inzicht verkregen betreffende de invloed van bepaalde aannames in de Plaxis berekeningen.

5.5.3 Bestek Sandwichwand.

Toen de vergelijkende berekeningen klaar waren werd mij gevraagd of ik wilde helpen bij het opmaken van het Bestek van de Sandwichwand. Toen ik daarop antwoordde dat ik wel heel veel afwist van de uitvoering van jet-grouting, maar dat ik de literatuur van de laatste 2 jaar niet meer gevolgd had, was de reactie "*Als we u dat vragen kan u dat toch voor ons doen*". Zoiets moest men mij geen tweemaal vragen.

Ik heb toen een volledige literatuurstudie gemaakt en die samengevat in een nota die meer dan 100 pagina's telde. Mijn opdrachtgever was daar zeer gelukkig mee.

Daarna heb ik actief meegewerkt aan het schrijven van het Bestek. Dat was voor mij niet eenvoudig, omdat alles moest gebeuren volgens de in Nederland gangbare RAW bepalingen. Er werd veel en lang gediscussieerd, vooral over het opvolgen van de retourstroom en de monitoring als dusdanig.

5.5.3 Toekenning van de werken.

Na aanbesteding van de werken van de NZ, bleek de kostprijs ervan veel te hoog te zijn. Daarom werd beslist om een aantal risicovolle werken in het gemeenschappelijk domein onder te brengen, d.w.z. als het ware in regie te laten uitvoeren.

Toen de werken toegekend waren werd door de Aannemer evenwel opgemerkt dat de sandwichwand, zoals ontworpen, niet uitvoerbaar was. Daaromtrent werd door de opdrachtgever een crisis vergadering belegd. Omdat ik die dag les moest geven, werd de aanvang van de vergadering naar een later uur verschoven zodat ik eraan kon deelnemen. De vergadering werd ingeleid door Bas Obladen van Strukton die aangaf waarom de sandwichwand volgens hem niet uitvoerbaar was. Het was allemaal nogal bij de haren getrokken.

Na de voordracht van Bas Obladen vond er een lange discussie plaats waar iedereen zijn zeg meende te moeten doen onder het motto : "*hoe minder ik ervan afweet, hoe meer ik praat*". Toen de discussie reeds meer dan een uur aan de gang was, sprak Prof. Johan Bosch, die de

vergadering voorzat mij plots aan en merkte op dat men mij speciaal had doen komen en dat ik nog niets gezegd had. Ik heb hem dan geantwoord dat ik niets te zeggen had en dat volgens mij dergelijke wand in België zeker uitvoerbaar was. Ik stelde ook voor dat indien ze van mening waren dat de wand niet uitvoerbaar was, ze aan de grens een bordjes zouden plaatsen met de vermelding: "*vanaf hier kan er niet meer gegrout worden*". De vergadering waarop 15 à 20 mensen aanwezig waren viel stil en werd een paar minuten later afgerond.

Tijdens een receptie, die nadien in het kader van de Geotechniekdag plaatsvond, kwam Johan Bosch me zeggen dat hij mijn opmerking zeer brutaal vond, maar dat ik wellicht wel gelijk had. De discussie i.v.m. de uitvoerbaarheid van de sandwichwand is daarna niet meer hernomen. Mijn tussenkomst was dus zeer efficiënt geweest.

5.5.4 Uitvoering van de sandwichwand.

a) Proefkolommen.

Zoals voorzien in het bestek werden op het voorplein voor het CS een aantal proefkolommen uitgevoerd. Nadat deze proefkolommen tot op een zekere diepte waren vrij gegraven, werd mij gevraagd om deze ook eens te komen bekijken.

Het was een zeer leerrijke ervaring omdat van de vorm van de proefkolommen een groot aantal fenomenen en verschijnselen konden worden afgelezen, meer bepaald de schaduwwerking en het ontstaan van claquages (= horizontale scheuren in de grond).



Voorbeeld claquage



Voorbeeld schaduwwerking

b) Stuurgroep.

Voor het begeleiden van de uitvoering van de jet-groutwand werd een stuurgroep opgericht waarvan naast de Bouwheer, het Studiebureau en de Aannemer ook Bob Essler (ex. Keller) en ikzelf als Geotechnisch Adviseur deel uitmaakten.

In de stuurgroep werd de volledige uitvoering van de groutkolommen besproken met resp. de planning, de controle van de positie, de monitoring en de controleproeven. Ondanks het feit dat er belangrijke stoorzenders deelnamen aan de vergaderingen, werd er toch zeer constructief werk verricht. Opmerkelijke punten waren:

- het bepalen van de positie van de boorstangen in functie van de diepte;
- het opmeten van de diameter met een paraplu systeem;
- het controleren van de retourstroming;
- het systematische aanpassen van de uitvoeringsparameters;
- de kernboringen;
- destructieve boringen met registratie van de boorparameters.

c) Positie boorstangen.

Het opmeten van de positie van de boorstangen werd uitgevoerd met een inclinometer, die was vastgezet op speciale stangen en in de centrale opening van de groutstangen werd neergelaten. De verbindingen tussen deze stangen waren rotatievast en het grootste probleem bestond erin om de positie van de inclinometer bij te houden. Daarvoor werd gebruik gemaakt van een laserpen, die op de stangen werd vastgemaakt en waarmee op een vooraf vastgelegd punt gemikt werd. Op deze wijze was het mogelijk om de positie van de groutstangen nauwkeurig in x, y en z vast te leggen.



d) Paraplusysteem.

Het opmeten van de diameter met een paraplusysteem leek veel moeilijker dan aanvankelijk gedacht. Bob Essler heeft zich daarin vastgebeten en na het uitvoeren van een groot aantal ijkingsproeven werd een methode op punt gesteld om de diameter van de groutkolom op een betrouwbare wijze af te leiden. Meer informatie daaromtrent is te vinden in het artikel: 2007 ECSMGE Jetgrouting A'dam Design and validation.

e) Retourstroming.

Om de continuïteit van de retourstroming te controleren werd in de voerbuis, die ter plaatse van iedere groutkolom werd aangebracht, voorzien van een V-vormige insnijding. De retourstroming werd ook continu opgenomen met een video.



De controle van de continuïteit van de retourstroming bleek evenwel veel moeilijker te zijn dan verwacht werd, omdat:

- het wegvallen van de retourstroming uiteraard gemakkelijk vast te stellen was, maar een afname van het debiet van de retourstroming veel minder;
- het bekijken van de video-opnames zeer tijdrovend was en ook en echt vervelend werk.

Bovendien was er een probleem omdat er op de werf maar weinig mensen waren die er echt in geloofden dat de controle van de continuïteit van de retourstroming echt belangrijk was.

Van de retourstroming werden op, in het Bestek vastgelegde tijdstippen, monsters ontnomen en daarmee werden cilinders Ø100 mm en hoogte 100mm aangemaakt voor het bepalen van het volumegewicht en de druksterkte.

f) Kernboringen.

Van zodra een bepaalde zone van de sandwichwand afgewerkt was, werden er kernboringen uitgevoerd. De aldus verkregen kernen werden beschreven en er werden een aantal

deelmonsters ontnomen voor het bepalen van het volumegewicht en de druksterkte.

Na het bepalen van de druksterkte werden alle monsters visueel onderzocht om na te gaan of er in het monster grondinsluitingen voorkwamen.

Het systematisch onderzoek van deze monsters leverde heel wat nuttige informatie op betreffende de invloed van insluitingen op de druksterkte.

Bij een bepaalde kernboring werden mooie monsters ontnomen van de zogenaamde schuimlaag die in goed doorlatende zandlagen soms wordt aangetroffen tussen twee aangrenzende groutkolommen. Het ontstaan van deze schuimlaag kan als volgt verklaard worden: In goed doorlatende zandlagen stroomt er water en cementmelk uit de nog niet verharde groutkolom naar de omringende grond. Doordat de cementdeeltjes slechts over een beperkte afstand in de omringende grond kunnen binnendringen, ontstaat omheen de groutkolom een laag met een beperkte dikte die na uitharding van de cement een zekere samenhang verkrijgt. In sommige gevallen is de sterkte van deze laag voldoende om te verhinderen dat de laag tijdens de uitvoering van de aangrenzende kolom volledig weg gerodeerd wordt. Aldus blijft tussen de twee aangrenzende kolommen een laag over met een beperkte sterkte en een vrij grote doorlatendheid.



Bij groutwanden die een waterkerende functie moeten vervullen kan dergelijke schuimlaag voor problemen zorgen.

g) Drukmeting boven de groutstraal.

Omdat de controle van het debiet van de retourstroming zeer omslachtig en niet altijd eenduidig was had ik voorgesteld om een drukmeting uit te voeren op een geringe afstand boven de groutstraal.

Het idee van dergelijke drukmeting was niet nieuw want ik had daaromtrent tijden het Grouting Congres te New Orleans in 2003 reeds een voorstel gedaan aan de heer Jean Lutz. Die heeft toen een groutlans gemaakt waarmee de druk in de grout onmiddellijk boven de groutstraal kon worden opgemeten en geregistreerd. Hij heeft even wel geen enkele aannemer bereid gevonden om de apparatuur uit te testen.

Na lang zagen heb ik toch kunnen verkrijgen dat dergelijke drukmetingen zouden worden uitgevoerd. De verkregen resultaten waren in die zin opmerkelijk dat bij de mono-jet uitvoering de gemeten drukken veel groter waren dan gedacht en bij de bi-jet uitvoering kleiner dan verwacht.

Meer informatie betreffende deze drukmetingen is te vinden in het artikel Geotechniek 2004 Drukmetingen retourspecie tijdens het uitvoeren van jetgrouten.

5.5.5 Visuele inspectie van de groutkolommen.

Langsheen de sandwichwand werd tot op 5 à 6m diepte in den droge ontgraven. Dat was een mooie gelegenheid voor een visuele inspectie van de groutkolommen. Hetgeen we te zien kregen was zeker de verplaatsing waard:

- Enkele groutkolommen vertoonden een spectaculaire afname van de diameter;
- Op sommige groutkolommen waren zogenaamde neuzen te zien, die ontstaan wanneer de jetgroutstraal een langere tijd op dezelfde locatie gepositioneerd is, bvb. bij het verplaatsen van de doorvoerboorkop. Dergelijke neuzen zijn alleen waarneembaar bij groutkolommen die in los gepakt of cohesieloos zand zijn uitgevoerd;
- Ter hoogte van de houten palen was de schaduwwerking zeer goed zichtbaar.

