

Kelderconstructies:

Realisatie en uitvoeringstechnieken.

ir Jan Maertens, Raadgevend ingenieur en docent KU Leuven

1. Inleiding.

Om de realisatie van een kelder vlot te laten verlopen dient er reeds bij het opstellen van de architectuurplannen terdege rekening te worden gehouden met de aan te houden uitvoeringsmethode voor het aanleggen van de bouwput en met de eventueel nodige speciale maatregelen. Dergelijke speciale maatregelen moeten onder meer voorzien worden:

- wanneer er naast bestaande constructies gewerkt wordt
- wanneer de invloed van de grondwaterverlaging moet beperkt worden
- wanneer er gevaar bestaat dat de kelder gaat opdrijven
- wanneer er verontreinigingen voorkomen in de ondergrond.

De voor het aanleggen van de bouwput toe te passen uitvoeringsmethodes zijn sterk verschillend alnaargelang men te maken heeft met een gewone open bouwput waarbij de taluds onder een zekere helling worden aangelegd, of met een bouwput waarvan de wanden vertikaal beschoeid worden (eventueel naast bestaande constructies) en alnaargelang er al dan niet onder het grondwaterpeil moet uitgegraven worden.

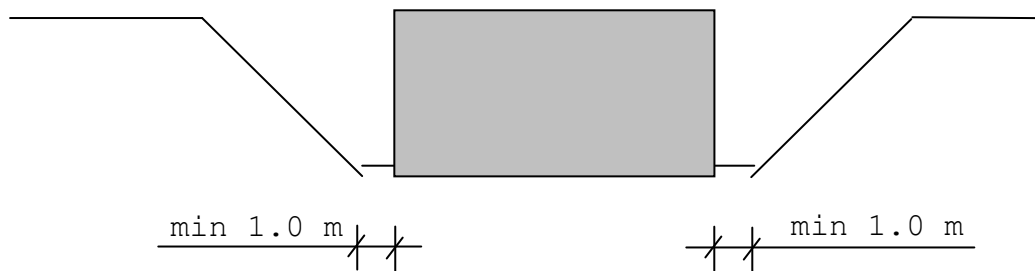
In hetgeen volgt zal er achtereenvolgens aandacht worden besteed aan:

- het aanleggen van open bouwputten = grondwerk en aanleggen van taluds
- het verlagen van het grondwaterpeil
- het aanbrengen van verticale beschoeiingen
- de zijdelingse ondersteuning van deze beschoeiingen
- de mogelijke problemen bij het aanleggen van bouwputten naast bestaande funderingen, inclusief het verdiepen van bestaande funderingen
- de mogelijke funderingstypes
- de mogelijke maatregelen om opdrijven van de kelder te voorkomen
- de mogelijke problemen als gevolg van de aanwezigheid van verontreinigde gronden.

2. Aanleggen van open bouwputten.

Wanneer er geen rekening moet worden gehouden met bestaande constructies (wegen, gebouwen...) of eigendomsgrenzen, dan bestaat de meest eenvoudige uitvoeringswijze erin om een open bouwput aan te leggen. De grond wordt dan gewoon onder een bepaalde helling afgegraven tot op de gewenste diepte en over een oppervlakte welke minstens tot 1m buiten de te realiseren constructie reikt (cfr.fig.1). Het aanhouden van een zekere overbreedte is absoluut noodzakelijk om de oprichting van de kelderconstructie vlot te laten verlopen. De helling welke voor de aan te leggen taluds kan worden aangehouden wordt bepaald door:

- de uitgravingsdiepte
- de samenstelling van de grond
- de ligging van het grondwaterpeil
- de duur van de werken (= periode tijdens dewelke de taluds moeten in stand gehouden worden).

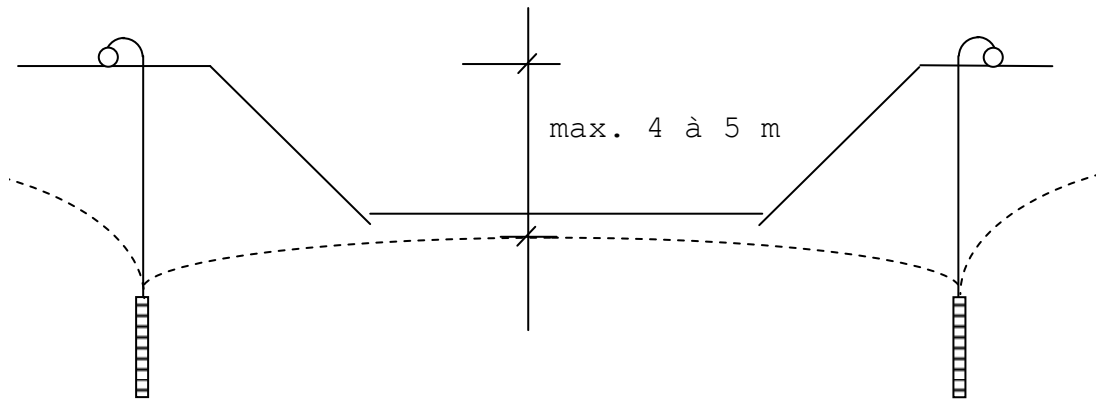


Figuur 1

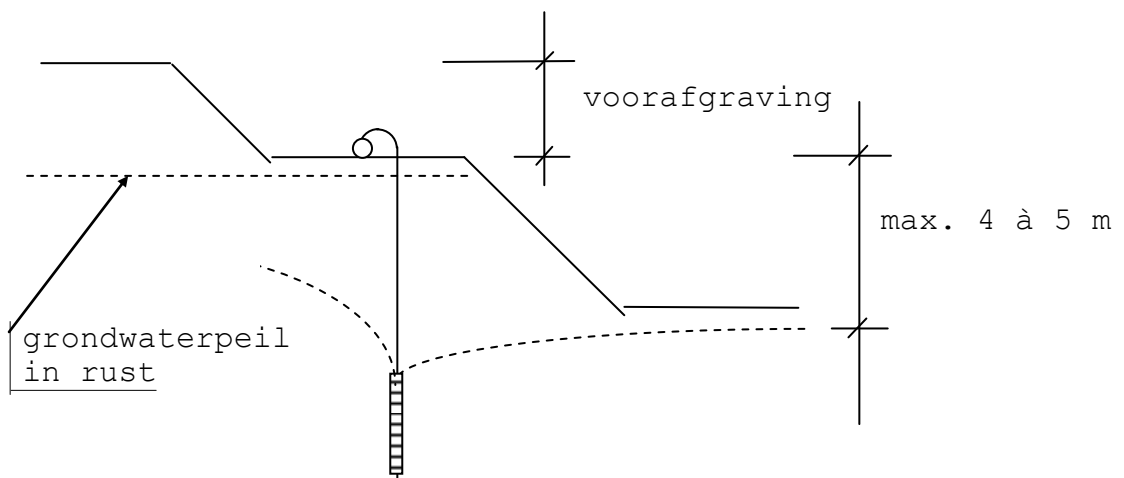
Bij de keuze van de aan te houden hellingen wordt meestal gesteund op ervaringsgegevens. In veel gevallen is het mogelijk om de taluds onder een helling van 4/4 aan te leggen. Voor taluds met een hoogte groter dan 5m is het wel aangewezen om tussenbermen te voorzien.

3. Het verlagen van het grondwaterpeil.

Indien de bouwput reikt tot onder het grondwaterpeil dan dient er een grondwaterverlaging te worden doorgevoerd. Verlagen van het grondwaterpeil tot 4 à 5m diepte kunnen worden gerealiseerd door middel van verticale filters welke op een zuigleiding en een vacuumpomp worden aangesloten (cfr.fig.2). Men dient er dan bij het ontwerp wel rekening mee te houden dat de verlaging moet worden gerekend t.o.v. het peil van de zuigleiding en niet t.o.v. het bestaande grondwaterpeil (cfr.fig.3). Wanneer het grondwaterpeil zich op een zekere diepte onder het grondoppervlak bevindt is het aangewezen om eerst een voorafgraving door te voeren, bv. tot 0,50m boven het grondwaterpeil. Het uitvoeren van de grondwerken moet dan wel in twee fasen gebeuren.

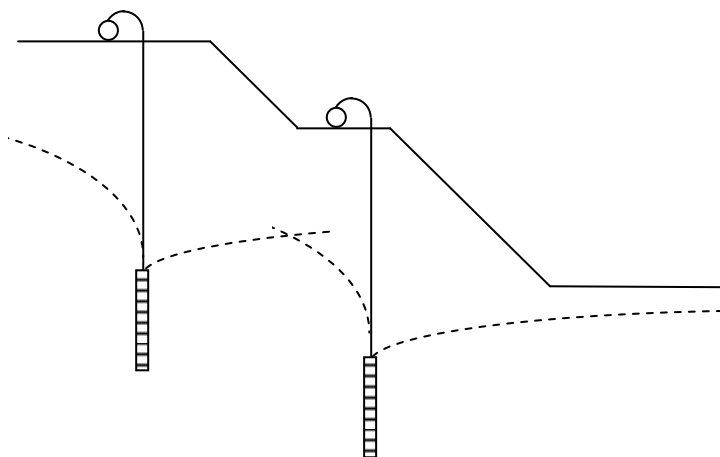


Figuur 2



Figuur 3

Grotere verlagingen van het grondwaterpeil kunnen gerealiseerd worden met behulp van twee of meer rijen verticale filters of met behulp van dieptebronnen (cfr.fig.4).



Figuur 4

Bij het uitvoeren van een grondwaterverlaging moet er steeds worden nagegaan of er binnen de invloedszone van de bemaling geen schade kan worden teweeggebracht.

Een verlaging van het grondwaterpeil geeft immers altijd aanleiding tot een toename van de korrelspanningen in de grondlagen welke onder het oorspronkelijk grondwaterpeil gelegen zijn. Wanneer er in de ondergrond sterk samendrukkende lagen voorkomen kunnen er als gevolg van deze toename van de korrelspanningen belangrijke zettingen ontstaan. Belangrijke zettingen kunnen zich ook voordoen ten gevolge van de uitdroging van veen en/of veenhoudende gronden.

In bepaalde gevallen is het geen eenvoudige opgave om na te gaan of er al dan niet ontoelaatbare zettingen te verwachten zijn. Dit heeft vooral te maken met het feit dat er voor de volledige invloedszone van de grondwaterverlaging moet worden onderzocht of er sterk samenbare lagen voorkomen en welke zettingen er zich kunnen voordoen. Op basis van hetgeen voorafgaat is het dan ook niet verwonderlijk dat wanneer er tijdens een grondwaterverlaging ergens schade ontstaat dit meestal aanleiding geeft tot betwistingen en langdurige gerechtelijke procedures.

Dit heeft in de eerste plaats te maken met het feit dat de afstand tot waar de invloed van een grondwaterverlaging zich uitstrekt niet op een éénduidige wijze kan worden berekend. Voor grondwaterverlagingen van beperkte omvang en beperkte duur (hoogstens enkele maanden) kan een vrij goede benadering van de invloedsstraal verkregen worden met de empirische formule van Sichardt:

$$R = 3000 \cdot \Delta \cdot \sqrt{k}$$

met R = de invloedsstraal (in meter)

Δ = de verlaging (in meter)

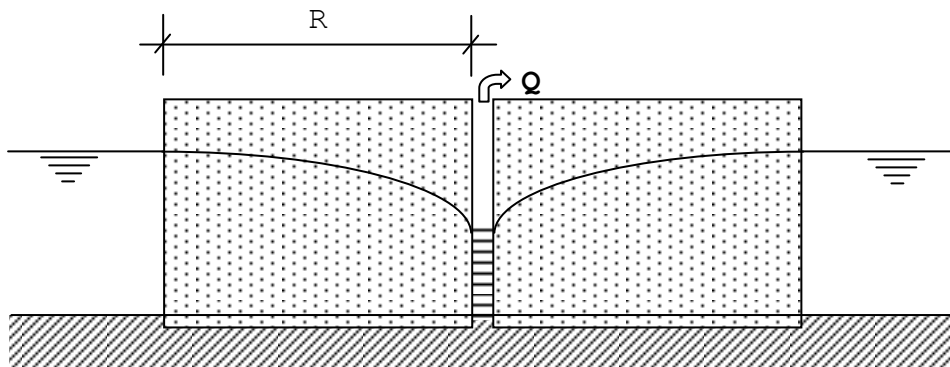
k = de doorlatendheidscoëfficiënt (in m/sec).

Voor bemalingen van lange duur in goed doorlatende gronden kan de invloedsstraal gemakkelijk 2 tot 3 maal groter worden. De voeding via de neerslag, vijvers of rivieren speelt dan een belangrijke rol.

De invloedszone van grondwaterverlagingen in gespannen water is in het algemeen zeer groot (tot 2 km en meer).

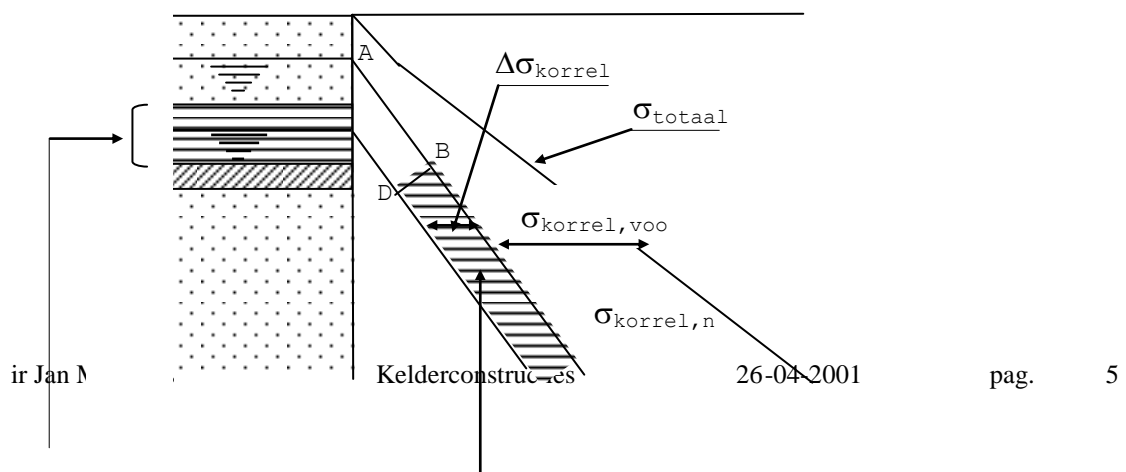
De waarde van de invloedsstraal wordt dan bepaald door de doorlatendheid van de weinig doorlatende bovenlagen en door de afstand tot de plaats waar de watervoerende laag gevoed wordt.

De keuze van de invloedsstraal is in de meeste gevallen bepalend voor het verloop van de berekende grondwaterverlagingen. Bij het opstellen van de meeste formules wordt er immers van uitgegaan dat er aan de randen d.w.z. voorbij de invloedsstraal een onbeperkte voeding kan plaats vinden (cfr.fig.5). Men dient er rekening mee te houden dat dit in het algemeen niet overeenstemt met de werkelijkheid. De problematiek i.v.m. het inschatten van de invloedsstraal kan ook niet worden opgelost door gebruik te maken van mathematische modellen. De in deze modellen opgelegde randvoorwaarden zijn immers ook bepalend voor de berekende verlagingen.

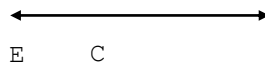


Figuur 5

Verder is het lang niet zo dat er altijd belangrijke zettingen ontstaan wanneer het grondwaterpeil verlaagd wordt in een zone waar sterk samendrukbare lagen voorkomen. Wanneer er bv. onderaan de sterk samendrukbare lagen een zeer weinig doorlatende laag voorkomt kan het gebeuren dat de verlaging van de stijghoogte in een dieper gelegen zandlaag geen aanleiding geeft tot een verlaging van het waterpeil in de sterk samendrukbare lagen (cfr.fig.6). De toename van de waterspanningen met de diepte verloopt dan volgens de lijn ABDE. Als gevolg daarvan is er geen variatie van de waterspanningen over de hoogte van de samendrukbare laag en dus ook geen variatie van de korrelspanningen en dus ook geen zettingen. Dergelijke situatie kan uiteraard niet veralgemeend worden maar verklaart wel waarom er zich op sommige plaatsen geen schade voordoet ondanks het feit dat het grondwaterpeil werd verlaagd en er sterk samendrukbare lagen in de ondergrond voorkomen.



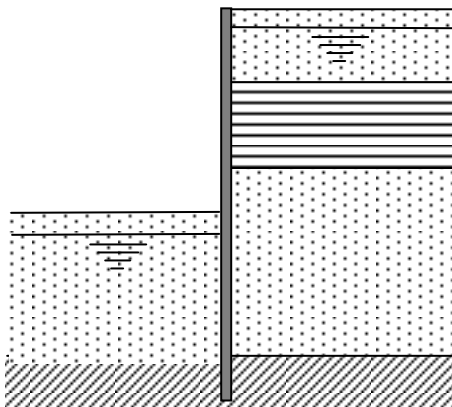
samendrukbare laag



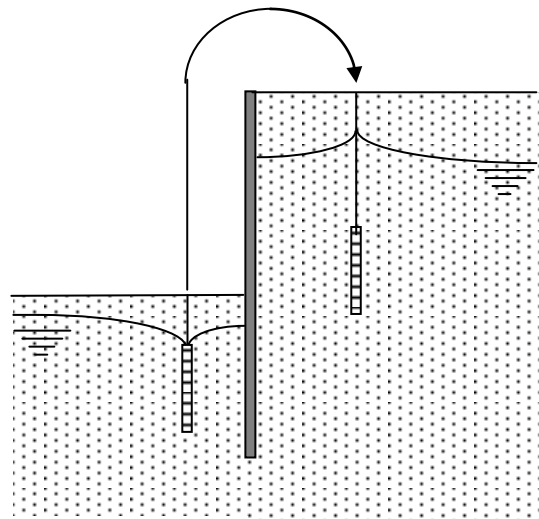
toename van korrelspanningen

Figuur 6

Wanneer er een reëel gevaar bestaat dat er door een grondwaterverlaging schade kan worden teweeggebracht is het aangewezen dat er reeds in de ontwerpfase aangepaste maatregelen worden voorzien. Dergelijke maatregelen kunnen bestaan in het hydraulisch afschermen van de bouwput door middel van waterdichte schermen of in het voorzien van een retourbemaling (cfr.fig.7a en b). In bepaalde gevallen kunnen dergelijke maatregelen de economische haalbaarheid van een project evenwel drastisch beïnvloeden. Dit kan ertoe leiden dat het project dient te worden aangepast (bv minder diepe kelders) of in sommige gevallen te worden verlaten.

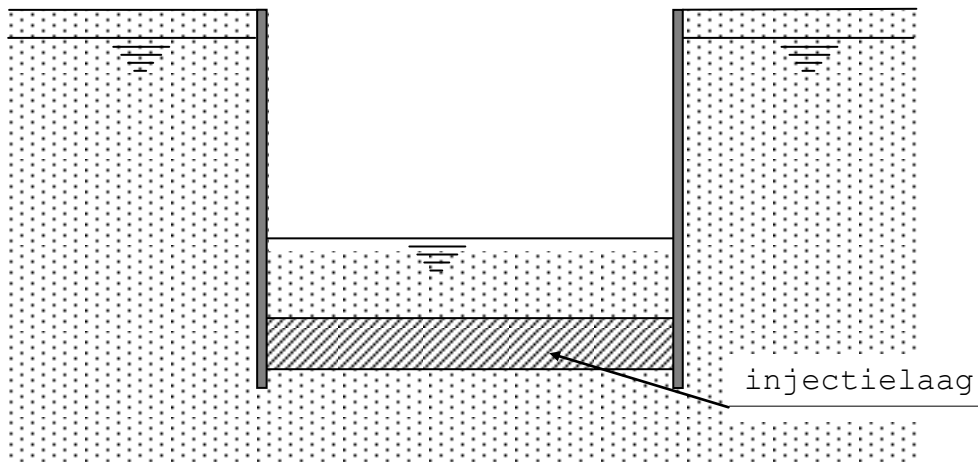


Figuur 7a



Figuur 7b

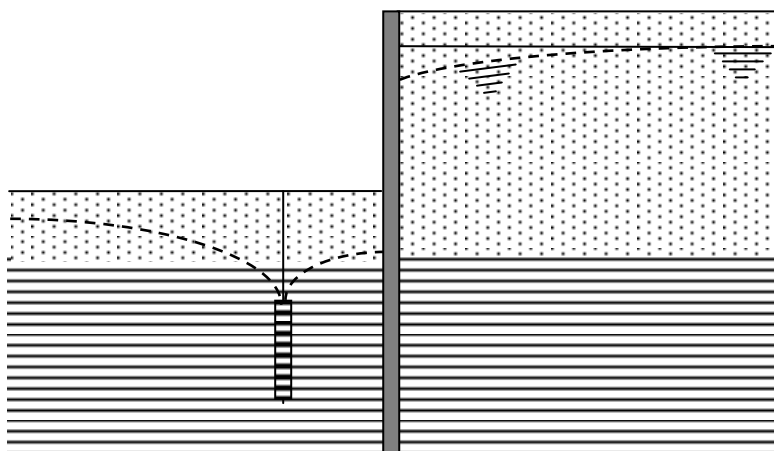
Bij het aanbrengen van waterdichte schermen moet men er terdege rekening mee houden dat deze schermen over volledige omtrek van de bouwput moeten worden aangebracht en tot in een weinig doorlatende laag. Beperkte onderbrekingen in een dergelijke schermwand verminderen het effect ervan in een belangrijke mate. Wanneer het niet mogelijk is om de schermwanden tot in een weinig doorlatende laag aan te brengen, kan een dergelijke laag kunstmatig worden aangebracht door middel van chemische injecties of jet grouting (cfr.fig.8). In Nederland wordt dergelijke uitvoeringsmethode nogal eens toegepast.



Figuur 8

Een retourbemaling kan alleen of in combinatie met een volledige of een gedeeltelijke schermwand worden toegepast. Wanneer een retourbemaling zonder schermwand wordt voorzien dient er een zekere afstand te worden gerespecteerd tussen de plaats waar het water wordt onttrokken en waar het terug in de grond gebracht wordt. Deze afstand is functie van de doorlatendheid van de grond en bedraagt in veel gevallen minstens 50 meter.

Een maatregel welke bij gelaagde gronden kan worden toegepast om de invloed van grondwaterverlaging te beperken bestaat erin om de bemalingselementen (vertikale filters (of dieptebronnen) aan te brengen tussen de schermwanden (cfr.fig.9). In het algemeen is het dan wel nodig om de schermwanden met een wat grotere steek uit te voeren dan hetgeen strikt noodzakelijk is. Bij een aantal bouwputten welke in het begin van de jaren '90 werden gerealiseerd aan het Zuid te Gent werd deze maatregel met succes toegepast. De verlaging van het grondwaterpeil langs de buitenkant van de bouwput bleef er beperkt tot 1 à 1,5m.



Figuur 9

In al te veel gevallen wordt het risico i.v.m. mogelijke schade tengevolge van de grondwaterverlaging volledig bij de aannemer of gespecialiseerde onderaannemer gelegd. De bouwheer en ontwerper proberen op deze wijze de kosten van de normaal te nemen voorzorgsmaatregelen te ontlopen en de aannemer of zijn verzekering te laten opdraaien voor de eventuele meerkosten. In veel gevallen is het zeer moeilijk zonet onmogelijk om met enige betrouwbaarheid te voorspellen of er zich al dan niet schade zal voordoen en is het economisch te verantwoorden dat er zekere risico's worden genomen met betrekking tot de verlaging van het grondwaterpeil. Het is evenwel verwonderlijk dat men er nagenoeg nooit in slaagt om vooraf duidelijk af te spreken over wie de kosten zal betalen wanneer er zich schade voordoet.

Wanneer een grondwaterverlaging moet worden doorgevoerd is het wenselijk dat:

- de grondwaterstand in rust voor de aanvang der werken wordt vastgelegd.
- er tijdens de uitvoering voldoende controlemetingen worden uitgevoerd.

Voor het bepalen van de grondwaterstand in rust dienen er, voldoende tijd op voorhand, peilfilters te worden geplaatst in de ter plaatse aangetroffen watervoerende lagen. Deze peilfilters moeten gedurende een voldoende lange tijd (liefst 1 of 2 jaar) regelmatig worden opgemeten, ten einde informatie te verkrijgen betreffende de variatie van de grondwaterstand.

Ten behoeve van de uitvoering van de grondwaterverlaging dienen er voldoende peilfilters te worden aangebracht zodat de variatie van de grondwaterstand binnen de invloedszone van de grondwaterverlaging kan worden nagegaan. Verder is het aangewezen om op een aantal oordeelkundig gekozen plaatsen zettingsmetingen uit te voeren.

Door het uitvoeren van dergelijke metingen kunnen heel wat onnodige discussies worden voorkomen.

4. Vertikale beschoeiing van bouwputten.

Het aanbrengen van een verticale beschoeiing kan nodig zijn wanneer:

- de bouwput grenst aan een straat of dichtbij de eigendomsgrens gelegen is
- het volume grondwerk moet beperkt worden
- de invloed van de grondwaterverlaging moet beperkt worden.

Voor het realiseren van een verticale beschoeiing bestaan er verschillende technieken welke elk hun eigen toepassingsgebied hebben. Regelmatig toegepaste technieken bestaan in het aanbrengen van:

- damplanken
- slibwanden
- berlijnse wanden
- palenwanden
- vernageling
- beschoeide sleuven.

Grondbevriezing werd vroeger enkele malen met succes toegepast. Deze techniek werd voor bouwputten evenwel volledig verdrongen door de jet grouting techniek. De grouting techniek wordt besproken in par.8 = verdiepen van bestaande funderingen.

In het kader van de Europese normering werden reeds normen opgesteld met betrekking tot de uitvoering van damplanken, slibwanden, boorpalen en grondankers. Voor jet-grouting, injecties en micropalen werden reeds voornormen opgesteld. Informatie betreffende deze normen en voornormen kan worden opgevraagd bij het WTCB.

4.1. Damplanken:

Damplanken worden zeer veel aangebracht voor het beshoeien van sleuven bv. bij het aanleggen van rioleringen of leidingen. Voor het bouwen van kelders worden damplanken in Vlaanderen minder aangewend, in ieder geval veel minder dan bv. in Nederland. De reden daarvoor moet zeker in de samenstelling van de ondergrond gezocht worden en wellicht ook in de bestaande traditie.

Damplanken kunnen in de grond gebracht worden door:

- heien
- laag - of hoogfrequent intrillen
- statisch indrukken.

Damplanken kunnen zowel een grond- als waterkerende functie vervullen. Voor de zijdelingse ondersteuning ervan kan worden gebruik gemaakt van stempels of

grondankers. De horizontale ondersteuning kan ook worden gerealiseerd door middel van de op te richten constructie.

Het inheien van damplanken levert nogal wat geluids- en trillingshinder op wanneer er weerstandbiedende lagen voorkomen in de ondergrond. Deze methode van inbrengen is daarom niet geschikt voor toepassing in bebouwde zones.

Hoogfrequent intrillen van damplanken zal minder trillingshinder opleveren dan laagfrequent intrillen. Door het aanwenden van trilblokken met een variabel excentrisch moment is het thans mogelijk om de trillingshinder nog verder te beperken. Wanneer damplanken worden ingetrild in de nabijheid van bestaande constructies, dient men er zich van te vergewissen dat er zich onder de bestaande constructies geen losgepakte zanden bevinden. Onder invloed van de trillingen kunnen deze zanden verdicht worden en als gevolg daarvan ontstaan dan zettingen. De schade die daardoor kan worden teweeggebracht is meestal veel belangrijker dan door de trillingen zelf.

Bij het statisch indrukken van damplanken ontstaat er noch geluids- noch trillingshinder. Deze methode van inbrengen is evenwel veel trager en als gevolg daarvan duurder. Het inbrengen van de damplanken wordt ook sneller onmogelijk in weerstandbiedende lagen.

Een probleem i.v.m. het intrillen van damplanken is zeker dat er nog steeds geen algemeen aanvaardbare regels bestaan m.b.t. het toelaatbaar trillingsniveau en m.b.t. de wijze waarop de trillingen moeten gemeten worden (bv. in nabijgelegen gebouwen). Momenteel is er wel apparatuur op de markt waarmee het trillingsniveau kan worden opgemeten tijdens de volledige duur van de werken. Daarmee kan er in ieder geval worden nagegaan of er tijdens de volledige duur van de werken op een gelijkaardige wijze werd gewerkt dan wel of er zich op bepaalde ogenblikken een abnormale trillingshinder heeft voorgedaan. Een belangrijk voordeel daarvan is zeker dat men in geval van discussie beschikt over objectieve gegevens. De interpretatie van het trillingsniveau blijft evenwel een moeilijk probleem. Doordat mensen veel gevoeliger zijn voor trillingen dan gebouwen zullen er meestal klachten geuit worden lang voordat er schade kan worden teweeggebracht. Het emotioneel aspect speelt daardoor meestal een belangrijke rol.

Wanneer damplanken ook een waterkerende functie moeten vervullen dienen voorzorgen te worden genomen om te voorkomen dat ze tijdens het in de grond brengen uit het slot lopen. Vooral in zeer weerstandbiedende gronden kan dat nogal eens problemen opleveren.

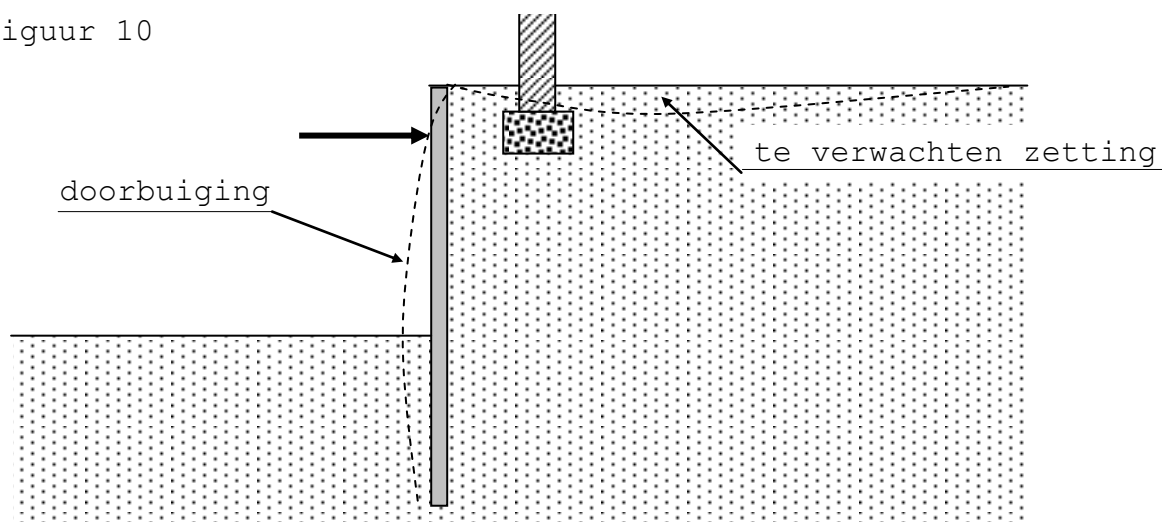
Bij het aanwenden van damplanken moet speciale aandacht besteed worden aan het feit dat de damplanken in het algemeen ook moeten getrokken worden. Het in de grond achterlaten van de damplanken is uiteraard ook mogelijk maar heeft een belangrijke invloed op de kostprijs van de beschoeiing.

Het trekken van damplanken kan heel wat problemen opleveren, zeker wanneer de damplanken een lange periode in de grond gebleven zijn. Als gevolg van de aanhechting tussen de grond en de plank is er meestal een grote kracht (of trillingsenergie) nodig om de damplanken opnieuw in beweging te brengen. Als gevolg daarvan kunnen er problemen ontstaan bij de pas opgerichte constructies (kelders) of bij nabijgelegen constructies. Verder kunnen er belangrijke zettingen ontstaan wanneer er bij het trekken grote hoeveelheden grond aan de damplanken kleven. In sommige gevallen ontstaan deze zettingen niet onmiddellijk maar eerst naarmate de in de grond ontstane holten gaan dichtslibben. Indien er bij het trekken belangrijke hoeveelheden grond aan de damplanken kleven en er aldus gevaar ontstaat voor het optreden van ontoelaatbare zettingen zou er in ieder geval moeten gepoogd worden om de aldus in de grond ontstane holtes op te vullen, bv. door het injecteren van een cementmortel.

Een speciale situatie doet zich voor bij het inbrengen van damplanken in tertiaire formaties. Bij sterk glauconiethoudende zanden worden door het inbrengen van damplanken heel wat glauconietdeeltjes verbrijzeld. Als gevolg daarvan neemt het gehalte aan fijne deeltjes van de grond langsheen de damplank toe. De grond gaat daardoor sterker aan de damplanken kleven en als gevolg daarvan kan het trekken van damplanken sterk bemoeilijkt worden. Bij overgeconsolideerde tertiaire kleien (bv. Boomse klei) moet men er rekening mee houden dat het trekken van damplanken welke enige tijd in de grond gezeten hebben meestal onmogelijk is.

Wanneer damplanken onmiddellijk naast bestaande constructies worden voorzien moet men er terdege rekening mee houden dat damplanken relatief vervormbaar zijn. Men dient er zich dan in ieder geval van te verzekeren dat de zettingen, welke als gevolg van de vervormingen van de damwand moeten verwacht worden, geen aanleiding kunnen geven tot schade bij de naastgelegen constructies (cfr.fig.10).

Figuur 10



Ten einde de vervorming van de damplanken te beperken kan het nodig zijn om:

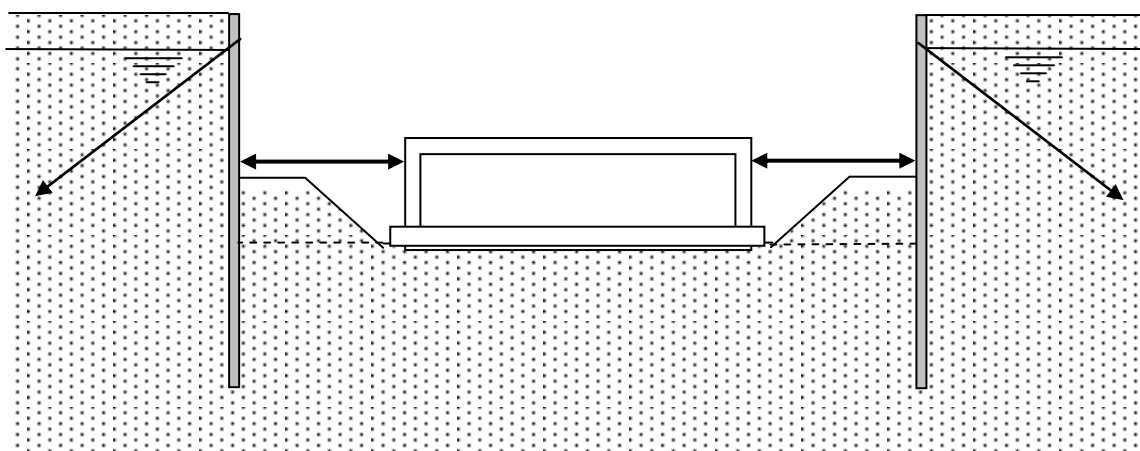
- een stijver profiel te kiezen dan hetgeen strikt noodzakelijk is
- het aantal ondersteuningspunten te verhogen
- de stijfheid van de zijdelingse ondersteuning te verhogen (bv. stempels i.p.v. grondankers).

Bij de bouw van ondergrondse parkings worden de laatste jaren regelmatig damplanken aangewend. De damplanken doen dan zowel dienst als tijdelijke grond- en waterkering en ook als definitieve wand.

4.2. Slibwanden:

Slibwanden worden in het algemeen alleen maar toegepast voor grote en diepe bouwputten. Het grote voordeel van deze techniek ligt vooral in de stijfheid van de ondersteuning. Daarenboven verloopt de uitvoering van slibwanden volledig trillingvrij. Slibwanden kunnen zowel een grond- als waterkerende functie vervullen. Voor slibwanden met een waterkerende functie wordt best een speciaal voegstelsel toegepast bv. CWS-voeg. Voor de zijdelingse ondersteuning ervan wordt meestal gebruik gemaakt van grondankers. In bepaalde gevallen wordt een tussenoplossing toegepast waarbij na het aanbrengen van een rij grondankers een tijdelijke steunberm wordt in

stand gehouden. Na het oprichten van een gedeelte van de constructie wordt de wand dan op deze constructie afgestempeld (cfr.fig.11). Men dient er dan wel rekening mee te houden dat het wegnemen van de tijdelijke steunberm zeer arbeidsintensief is en daardoor aanleiding geeft tot belangrijke meerkosten. Dergelijke uitvoeringswijze is vooral interessant wanneer het grondwaterpeil buiten de bouwput zich op een geringe diepte bevindt en niet mag verlaagd worden. Omdat het aanbrengen van grondankers vanaf een niveau dat onder het grondwaterpeil gelegen is, meestal niet economisch te verantwoorden is, biedt de hierboven beschreven uitvoeringswijze dan belangrijke voordelen.



Figuur 11

Autostabiele slibwanden worden zeer weinig toegepast. De eventuele toepassing ervan moet in ieder geval grondig worden bestudeerd en voorbereid.

Wanneer slibwanden worden uitgevoerd dienen alle aanwezige funderingen, keldermassieven, rioleringen ... voorafgaandelijk te worden weggenomen. De ruimte van de daarvoor nodige uitgravingen moet dan worden opgevuld met gestabiliseerd zand. Langs heen bestaande funderingen en stoepen waarin zich leidingen bevinden kan dat nogal eens aanleiding geven tot problemen.

Slibwanden kunnen worden uitgevoerd langs heen bestaande funderingen op voorwaarde dat de mootlengte beperkt wordt of het gebouw waarlangs de slibwand wordt uitgevoerd voldoende is uitgestijfd (bv. deur- en raamopeningen worden dichtgemetseld). Het uitgraven in korte moten geeft dan wel aanleiding tot belangrijke rendementsverliezen. Om deze rendementsverliezen tegen te gaan worden er nogal eens uitgegraven met langere moten en worden aldus belangrijke risico's genomen bij het uitvoeren van slibwanden langs heen bestaande funderingen.

De dikte van slibwanden varieert tussen 0,50m en 1,50m. Bij slibwanden welke belangrijke grond- en waterdrukken moeten keren is het aangewezen om de dikte niet te klein te kiezen. Anders wordt de stijfheid van de wand te gering en zijn er belangrijke vervormingen te verwachten. Als gevolg daarvan neemt het risico toe dat er problemen ontstaan met de grond- en waterdichtheid.

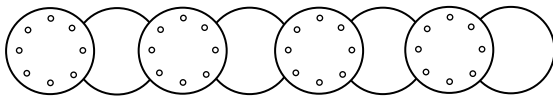
Slibwanden worden meestal als definitieve wanden in het ontwerp opgenomen. Wanneer er belangrijke waterhoogtes moeten gekeerd worden of wanneer de voegen niet volledig gaaf werden uitgevoerd is het meestal aangewezen om voor de slibwand een voorzetwand aan te brengen ten einde vochtige zones en waterinsijpelingen aan het zicht te onttrekken. Via slibwanden kunnen er belangrijke verticale belastingen worden overgedragen aan de ondergrond. Bij zware constructies kan dat een groot voordeel bieden.

Daar het nodig is om voor de uitvoering van slibwanden omvangrijk en zwaar materieel in te zetten beperkt de toepassing van slibwanden zich tot bouwputten met een grote omvang en een regelmatige vorm.

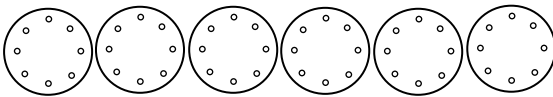
4.3. Palenwanden:

Voor kleinere bouwputten worden slibwanden nogal eens vervangen door palenwanden. Dergelijke palenwanden kunnen op verschillende wijze worden uitgevoerd, nml.:

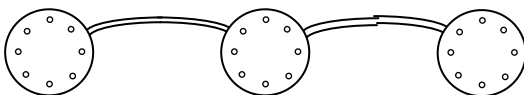
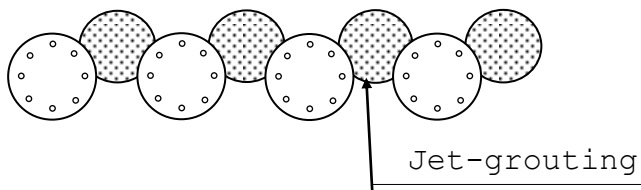
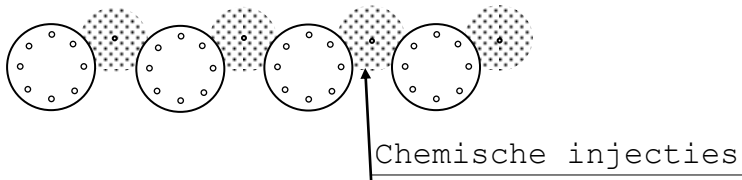
- elkaar oversnijdend (secanspalen)
- elkaar rakend (tangenspalen)
- op geringe tussenafstand = de openingen tussen de palen kunnen dan worden dichtgemaakt d.m.v. injecties of jet-grouting
- op grotere tussenafstand = de openingen tussen de palen kunnen dan worden dichtgemaakt door middel van spuitbeton of prefabelementen.



Secanspalen



Tangenspalen



Figuur 12

De eerste en derde oplossing kunnen zowel voor grond- als waterkerende wanden worden toegepast. De tweede en vierde oplossing kunnen alleen voor grondkerende toepassingen worden aangewend, niet als waterkering.

a) Secanspalen:

Bij de uitvoering van secanspalen wordt er gewerkt met primaire- en secundaire palen. Bij de uitvoering van de secundaire palen wordt een gedeelte van de eerder uitgevoerde primaire palen (in het algemeen ca 10% van de paaldiameter) weggesneden. Daarvoor wordt dan gebruik gemaakt van een voerbuis welke onderaan voorzien is van speciale snijtanden. In principe worden alleen de secundaire palen bewapend met een wapeningskorf of een stalen profiel.

Secanspalen worden sinds zeer lange tijd uitgevoerd met palen van een grote diameter (> 0,90m), als alternatief op slibwanden. De boorpalen worden dan uitgevoerd als verbuisde boorpalen. Wegens de hogere kostprijs worden secanswanden dan alleen toegepast wanneer de uitvoering van slibwanden problemen oplevert, bv.:

- wanneer een wand moet worden gerealiseerd langsheen gebouwen in labiele toestand.
- wanneer er bv. metselwerkmassieven voorkomen in de ondergrond.
- wanneer de wand tot op een zekere diepte moet worden uitgevoerd tot in een hard substraat, cfr. de wanden van de spoorwegtunnel te Halle.

Sinds enige jaren worden secanspalen in België ook zeer courant uitgevoerd met kleinere diameters (0,42 à 0,62m). De uitvoering van de palen gebeurt dan met een verbuisde avegaar. Met deze uitvoeringsmethode is het risico op ontspanning van de grond omheen de paal zeer beperkt. Het aanbrengen van dergelijke palen langsheen bestaande funderingen vormt daardoor normaal gezien geen probleem. Voorwaarde is wel dat de uitvoering van de palen (o.a. het optrekken van de boor tijdens het betonneren van de paal) goed verzorgd wordt.

Bij het uitvoeren van secanspalen moet de vertikaliteit van de palen verzekerd zijn, zodat de oversnijding van de palen over hun ganse hoogte kan verzekerd worden. In bepaalde gevallen kunnen de primaire palen minder diep worden uitgevoerd dan de secundaire (bewapende) palen.

Secanspalenwanden kunnen als beschoeiing van een bouwput zowel een grond- als waterkerende functie vervullen. Door het groot aantal voegen is het niet aangewezen om secanspalenwanden als definitieve waterkerende wanden te ontwerpen. De kans op vocht- en waterinsijpeling is dan immers zeer groot. Een bijkomende waterdichting door middel van een voorzetwand of een laag spuitbeton is dan aangewezen.

Voor de horizontale ondersteuning van secanspalenwanden worden meestal grondankers aangewend.

Wanneer een beperkte horizontale verplaatsing van de wand geen problemen stelt, kan de horizontale ondersteuning ook gerealiseerd worden door middel van nagels.

De laatste jaren worden regelmatig secanspalenwanden uitgevoerd voor grondkerende hoogtes van meer dan 10m. Een speciale toepassing van secanspalenwanden vormt de uitvoering van cirkelvormige putten bv. ten behoeve van de uitvoering van horizontale boringen.

b) Tangenspalen:

Een wand met tangenspalen biedt het groot voordeel dat alle palen kunnen bewapend worden en dat aldus grotere momenten kunnen worden opgenomen. Daartegenover staat dan wel dat dergelijke wanden alleen maar een grondkerende functie kunnen vervullen. Men dient er terdege rekening mee te houden dat er zelfs bij een geringe stroming van grondwater (bv. boven een eventueel aanwezige minder doorlatende laag) grond zal worden meegevoerd doorheen de openingen tussen de palen. Het achteraf dichtmaken van de openingen tussen de palen levert in dergelijke gevallen meestal nogal wat problemen op. Een dergelijke afdichting kan dan in feite alleen maar van bovenaf gerealiseerd worden.

Tangenspalenwanden worden de laatste tijd regelmatig uitgevoerd in de omgeving van Brussel op plaatsen waar het grondwaterpeil zich voldoende diep bevindt. De palen worden dan uitgevoerd met een avegaar met een grote centrale kern. Het doorboren van eventueel aanwezige steenhoudende lagen (Brusseliaan) vormt daarbij geen probleem. De wapening wordt ingebracht via de centrale opening van de avegaar vooraleer het betonneren wordt aangevat.

Aldus uitgevoerde wanden moeten uiteraard van een voorzetwand voorzien worden.

c) Palen op een zekere tussenafstand:

Palen welke op een geringe afstand van elkaar worden aangebracht en waarbij de tussengelegen ruimte wordt dichtgemaakt met chemische injecties of jet grouting, werden in Nederland nogal eens toegepast. In theorie kunnen dergelijke wanden een waterkerende functie

vervullen. In de praktijk hebben er zich nogal eens problemen voorgedaan doordat de palen en de ertussen gelegen behandelde grondmassieven ongelijkmatig vervormden wanneer de bouwput werd uitgegraven. Als gevolg daarvan ging de waterdichtheid nogal eens verloren.

Door de opkomst van de secanspalenwanden met geringe diameters zijn dergelijke oplossingen uit de markt verdwenen.

4.4. Berlijnse wanden:

Berlijnse wanden bestaan uit op regelmatige afstanden geplaatste stalen profielen. Over de hoogte van de te realiseren uitgraving wordt de open ruimte tussen de profielen opgevuld met houten balken, prefab betonplaatjes of spuitbeton.

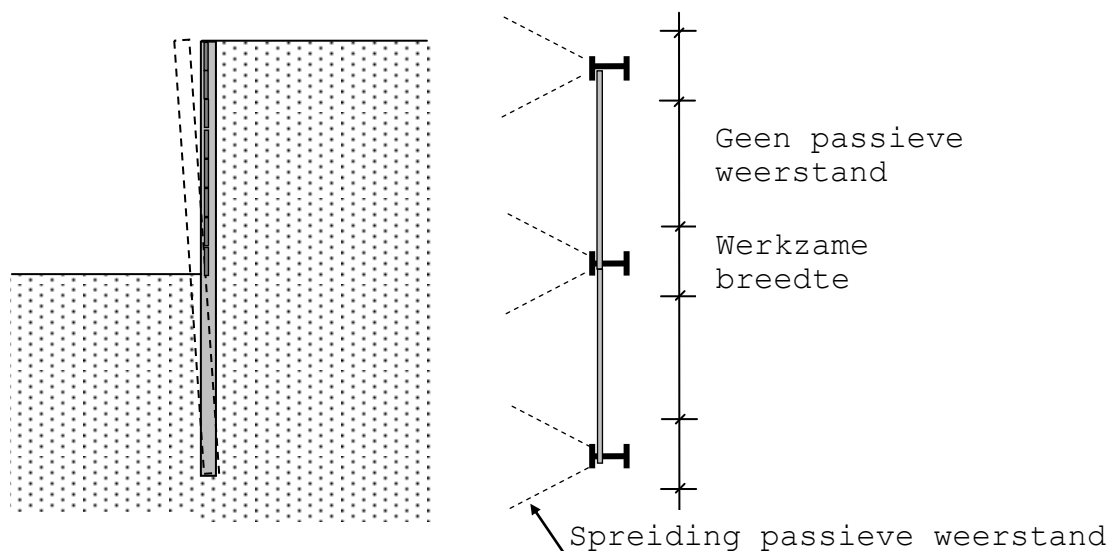
De stalen profielen welke de buigende momenten moeten opnemen kunnen in de grond gebracht worden door heien, trillen, statisch indrukken of door plaatsing in vooraf gemaakte boorgaten. In het laatste geval is het wel aangewezen om het boorgat tot op het te realiseren uitgravingspeil op te vullen met beton en daarboven met grind en zand.

Berlijnse wanden worden de laatste jaren zeer veel toegepast wanneer er geen problemen te verwachten zijn i.v.m. de verlaging van het grondwaterpeil. Berlijnse wanden kunnen in principe niet worden uitgevoerd langsheen gebouwen die op staal gefundeerd zijn. Het risico op ontspanning van de grond en de daaruitvolgende zettingen is immers reëel. Wegens de geringe stijfheid van de profielen doen zich bij Berlijnse wanden meestal grotere verplaatsingen voor dan bij andere wanden ook wanneer ze verankerd of afgestempeld zijn.

Voor de realisatie van één ondergronds niveau worden deze wanden veelal autostabiel uitgevoerd.

Bij autostabiele wanden dient men er terdege rekening mee te houden dat dergelijk wanden altijd zekere verplaatsingen ondergaan. Het mobiliseren van de passieve weerstand van de grond vereist immers een zekere verplaatsing of hoekverdraaiing van de wand. Daarbij komt nog dat de passieve gronddruk alleen maar gemobiliseerd wordt over een beperkte breedte (max. 3x de flensbreedte of 3x de diameter van het boorgat wanneer het boorgat na de plaatsing van de profielen wordt opgevuld met beton) (cfr.fig.13). Deze beperkte aangrijpingsbreedte van de passieve weerstand wordt bij het ontwerpen van Berlijnse wanden regelmatig over het hoofd gezien.

In veel gevallen zijn de bij een autostabiele wand optredende verplaatsingen vrij beperkt. Dat heeft dan meestal meer te maken met de in de grond aanwezige cohesie dan met nauwkeurigheid van het ontwerp.



Figuur 13

Bij het ontwerpen van Berlijnse wanden wordt de cohesie nagenoeg nooit als dusdanig in rekening gebracht. Tijdens de uitvoering speelt die evenwel een zeer belangrijke rol, zeker wanneer men er bijvoorbeeld voor zorgt dat de profielen onmiddellijk na het beëindigen van de uitgraving worden geblokkeerd met een dikke laag zuiverheidsbeton. Dergelijke laag zuiverheidsbeton kan in de berekeningen niet als een stempel worden ingebracht, maar kan er in de praktijk wel voor zorgen dat de vervormingen in een belangrijke mate beperkt worden.

Voor twee of meerdere ondergrondse niveau's wordt er meestal een verankering toegepast. Het aanbrengen van stempels is mogelijk maar is in het algemeen nogal hinderlijk voor de in de bouwput uit te voeren werkzaamheden.

In de mate van het mogelijke moet men ervoor zorgen dat er geen houten balken in de grond worden achtergelaten. Met verloop van tijd kunnen deze immers gaan rotten en aldus zettingen veroorzaken.

4.5. Beschoeide sleuven:

Beschoeide sleuven worden vooral toegepast wanneer men te maken heeft met onregelmatige relatief diepe bouwputten en wanneer het grondwaterpeil voldoende diep gelegen is of zonder problemen kan worden neergeslaan. Om de uitvoering in veilige omstandigheden te laten verlopen

dient er steeds voor te worden gezorgd dat het grondwaterpeil volledig werd neergeslagen en dat er geen stroming meer plaats vindt over zgn. stoorlagen (= minder doorlatende lagen welke in de ondergrond voorkomen). In het algemeen hebben de beschoeide sleuven een breedte van 0,90m à 1,0m. Ze worden na de uitgraving tot op de gewenste diepte volledig opgevuld met beton.

De horizontale ondersteuning van beschoeide sleuven kan worden verzekerd met grondankers of stempels.

4.6. Vernagelde wanden:

De techniek van de grondvernageling is een vrij recente techniek die in korte tijd een zeer snelle opgang gekend heeft. Grondvernageling kan alleen toegepast worden wanneer het grondwaterpeil voldoende laag gelegen is of zonder problemen kan verlaagd worden. Het grote voordeel van de vernagelingstechniek bestaat erin dat de horizontale ondersteuning samen met de beschoeiing wordt aangebracht. Daardoor is het mogelijk om een gedeelte van de bouwput reeds op volle diepte uit te graven terwijl de beschoeiing in een ander deel nog aangebracht wordt.

Mits het nemen van de nodige voorzorgen kan de vernagelingstechniek ook worden toegepast naast bestaande funderingen. Het is dan wel nodig om eerst een aantal verticale kolommen aan te brengen welke tijdens de uitvoering de stabiliteit van uitgravingsfront moeten verzekeren.

De methode van de grondvernageling is vooral geschikt voor bouwputten ten behoeve van kelderconstructies met twee ondergrondse bouwlagen en voor bouwputten welke in moeilijke omstandigheden moeten worden uitgevoerd, bv. werken binnen bestaande loodsen, aanwezigheid van aanvullingen of bestaande funderingsmassieven, aanwezigheid van oude keldermuren.

5. Zijdelingse ondersteuning van verticale beschoeiingen.

Ten einde de horizontale verplaatsingen te beperken is het in het algemeen nodig om verticale beschoeiingen zijdelings te ondersteunen. Dergelijke zijdelingse ondersteuning kan worden verzekerd met:

- grondankers
- stempels
- de op te richten constructie zelf.

Elke techniek heeft voor- en nadelen. In bepaalde gevallen zijn ook tussenoplossingen mogelijk waarbij de zijdelingse ondersteuning gedeeltelijk wordt ontleend aan grondankers, een grondberm en de op te richten constructie (cfr.par.4.2.).

5.1. Grondankers:

Het aanbrengen van grondankers biedt het grote voordeel dat er een volledig open bouwput wordt verkregen, waarin er vrij kan gewerkt worden. Wanneer prefab elementen moeten verwerkt worden is dat zeker een belangrijk voordeel.

De grondankers worden best voorzien op een peil dat iets boven het niveau van een vloer gelegen is. Na een voldoende verharding van deze vloer kunnen de grondankers dan ontspannen worden en indien nodig geheel of gedeeltelijk worden gerecupereerd.

Het grote nadeel van grondankers ligt in het feit dat deze zich tot op een vrij grote afstand achter de verticale beschoeiing uitstrekken en als gevolg daarvan meestal onder naburige eigendommen gelegen zijn. Het is niet toegelaten om grondankers aan te brengen onder andermans eigendom zonder dat daarvoor een formele toelating werd verkregen.

In bepaalde gevallen kunnen aan het verlenen van een dergelijke toelating voorwaarden verbonden worden bv. dat de trekelementen van de grondankers geheel of gedeeltelijk (alleen de vrije lengte) moeten gerecupereerd worden. Dergelijke recuperatie van de trekelementen stelt technisch gezien weinig problemen maar geeft wel aanleiding tot een aanzienlijke verhoging van de kostprijs van de grondankers.

In ons land bestaan er vooralsnog geen normen of richtlijnen voor het ontwerpen, uitvoeren en beproeven van grondankers. Sinds vorig jaar is er wel een Europese norm beschikbaar. In deze norm zijn zeer strenge eisen opgenomen m.b.t. de corrosiebescherming van duurzame (permanente) grondankers uitgevoerd met staven of strengen van hoogwaardig staal (voorspanstaal). Als gevolg daarvan kan er beter worden overwogen om duurzame grondankers uit te voeren met gewoon staal i.p.v. voorspanstaal.

Bij grondankers heeft de uitvoering een zeer belangrijke invloed op het uiteindelijk gedrag van de grondankers. Het is daarom absoluut noodzakelijk om alle grondankers aan een proefbelasting te onderwerpen vooraleer deze worden aangezet bv. tot 1,3 of 1,5 maal de dienstlast. In verband met de aan te houden vastzetkracht bestaat er geen eensgezindheid. In Frankrijk bv. worden grondankers meestal vastgezet met een kracht welke groter is dan de op te nemen dienstlast. In heel wat andere landen wordt er de voorkeur aangegeven om de grondankers met een ietwat kleinere kracht vast te zetten (bv. 70 à 90% van

de dienstlast). Men gaat er dan van uit dat de kracht in de grondankers nadien nog zal oplopen tgv. uitgravingen en bovenbelastingen. Metingen tonen evenwel aan dat de toename van de ankerkracht t.g.v. uitgravingen en bovenbelastingen beperkt is wanneer de ankers tot de dienstlast werden voorgespannen en vastgezet. Verder treedt er na het voorspannen altijd een zekere vermindering van de voorspankracht op als gevolg van de kruip van de achter de beschoeiing gelegen grond.

Voor diepe bouwputten en bouwputten naast bestaande constructies is het aangewezen om bij een aantal grondankers de variatie van de ankerkracht op te meten door middel van krachtopnemers.

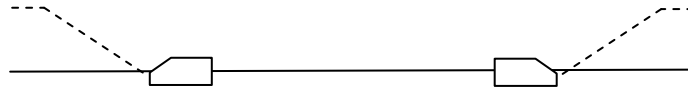
5.2. Stempels:

Voor bouwputten met een geringe overspanning is een oplossing met stempels in plaats van grondankers zeker goedkoper. Het nadeel ligt dan in het feit dat de stempels een belangrijke hinder vormen voor het uitvoeren van allerhande werkzaamheden in de bouwput.

Stempels kunnen ook gebruikt worden voor grote overspanningen (tot 40m en meer) en voor zeer grote krachten. Ten einde de verplaatsing van de wanden te beperken is het dan wel aangewezen om de stempels voor te spannen. Verder dient men er terdege rekening mee te houden dat de lengte van de stempels verandert t.g.v. temperatuurschommelingen. In bepaalde gevallen kan het nodig zijn om maatregelen te voorzien ten einde deze lengteveranderingen te beperken (bv. isolatie, afkoelen / opwarmen ...).

Stempels hoeven niet altijd horizontaal te worden aangebracht. Het is bv. ook mogelijk om de beschoeiingswanden af te stempelen op eerder aangebrachte funderingszolen (cfr.fig.14). Bij het ontwerpen van een dergelijke ondersteuning dient men er wel terdege rekening mee te houden dat de funderingszolen aan zeer schuine krachten worden onderworpen. Zowel bij funderingen op staal als bij paalfunderingen komt men al zeer snel tot ontoelaatbare belastingen. Een mogelijke oplossing bestaat er dan in om de funderingszolen onderling te verbinden door middel van balken of door reeds het centraal gedeelte van de vloerplaat aan te brengen.

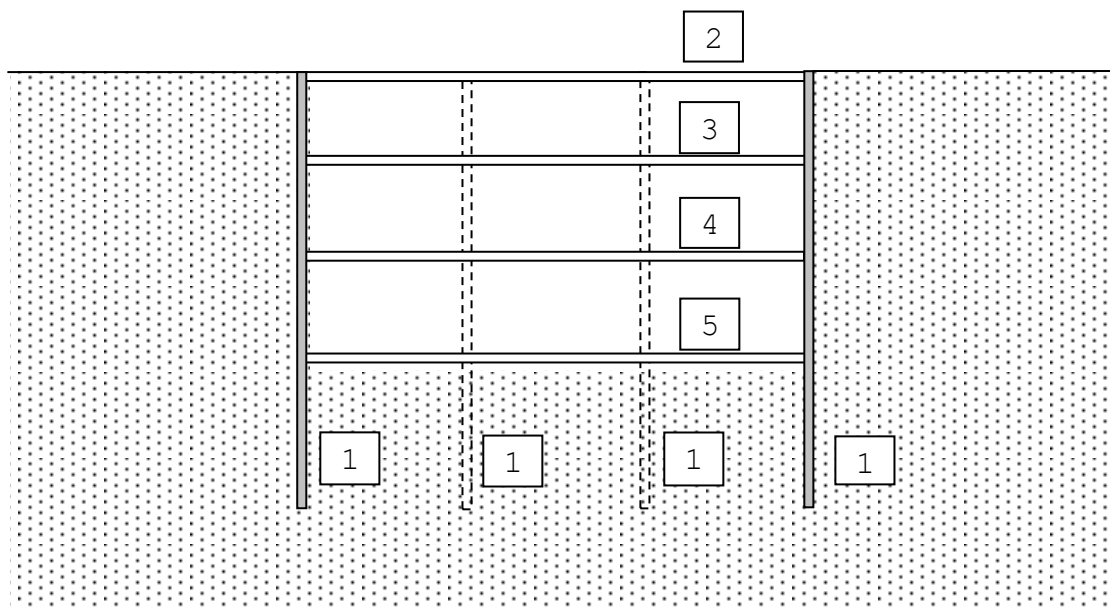




Figuur 14

5.3. Door de op te richten constructie:

Het is altijd mogelijk om de beschoeiingswanden zijdelings te ondersteunen door middel van de op te richten constructie. Daarbij wordt er dan gewerkt van boven naar onder, d.w.z. de vloerplaat van het gelijkvloers wordt eerst gestort op volle grond en daarna wordt de grond onder de vloerplaat weggegraven (cfr.fig.15). In het algemeen is het dan wel nodig om voorafgaandelijk steunpunten aan te brengen voor de verticale ondersteuning van de vloerplaat. Dat kan door het vooraf aanbrengen van de definitieve kolommen (bv. beschoeide putten of boorpalen) of door het voorzien van tijdelijke ondersteuning (bv. door middel van in de grond getrilte stalen profielen).



Figuur 15 1, 2, 3, 4, 5 : uitvoeringsvolgorde

Het grote voordeel van dergelijke uitvoeringswijze ligt in het feit dat er geen of nagenoeg geen tijdelijke constructies nodig zijn. Daartegenover staat dan wel dat heel wat werken dienen te worden uitgevoerd in een beperkte ruimte (uitgraven van de grond, betonneren van

de vloerplaten ...). Dit geeft uiteraard aanleiding tot belangrijke meerkosten.

6. Dimensionering van verticale beschoeiingen.

Voor de dimensionering van verticale beschoeiingen zijn meerdere methoden ter beschikking.

De meest gebruikte zijn:

- de klassieke methode van Blum
- de methode van de elastisch ondersteunde ligger
- de eindige elementen methode.

6.1. De methode van Blum:

Bij de dimensionering volgens de methode van Blum wordt er van uitgegaan dat op de beschoeiing de actieve of passieve gronddruk aangrijpt. De eventueel in rekening gebrachte steunpunten (grondankers of stempels) worden aanzien als starre steunpunten. Bij deze methode wordt geen rekening gehouden met de verplaatsingen welke nodig zijn om in de grond de actieve en passieve gronddruk te mobiliseren, noch met de vervormbaarheid van de zijdelingse ondersteuning.

Bij de interpretatie van de verkregen resultaten moet men er terdege rekening mee houden dat de vervorming van het beschoeiingselement dat door sommige computerprogramma's wordt gegeven, alleen betrekking heeft op de vervorming van het beschoeiingselement onder invloed van de opgebrachte krachten (gronddrukken en reacties). Omdat de verplaatsingen welke nodig zijn voor de mobilisatie van de gronddrukken en de reactiekrachten niet in rekening gebracht worden, zullen de werkelijk optredende verplaatsingen altijd aanzienlijk groter zijn dan de berekende vervormingen van de wand. Een duidelijk inzicht betreffende te verwachten verplaatsingen kan met de methode van Blum niet verkregen worden.

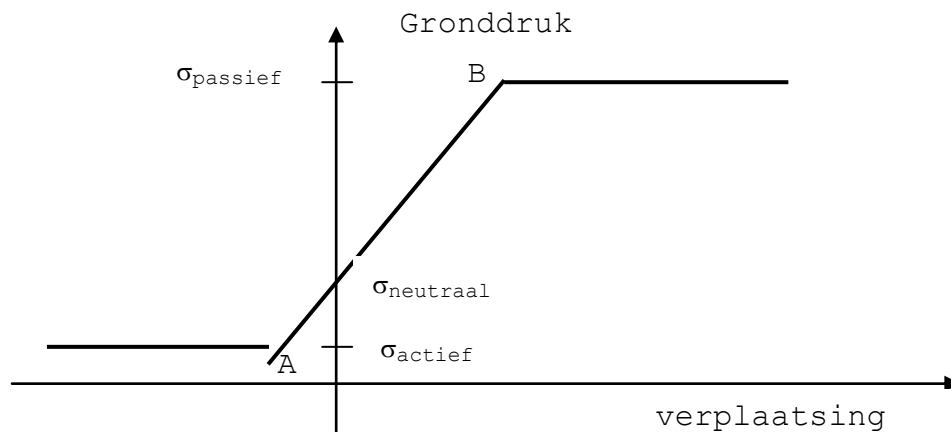
Ondanks het feit dat de methode van Blum geen duidelijk beeld kan geven betreffende de te verwachten verplaatsingen, wordt deze methode toch nog zeer veel toegepast en zonder dat er zich daarbij veel problemen voordoen. Voor bouwputten met een beperkte diepte heeft dit wellicht te maken met het feit dat de meeste gronden een zekere cohesie bezitten, zeker gedurende een korte periode na de uitgraving van de bouwput, welke niet of niet volledig in rekening gebracht wordt. Dit levert dan een belangrijke bijkomende veiligheid op.

Voor bouwputten met een grote diepte, meerdere niveau's van zijdelingse ondersteuning en met een gefaseerde uitvoering is het evenwel aangewezen om ook meer gedetailleerde berekeningen uit te voeren.

6.2. Methode van de ligger op verende bedding:

Bij deze methode wordt de naast het beschoeiingselement gelegen grond vervangen gedacht door een elastisch materiaal met een zekere stijfheid. Ook de stijfheid van de zijdelingse ondersteuning (stempels en grondankers) wordt in rekening gebracht.

De mobilisatie van de gronddruk gebeurt dan zoals weergegeven in fig.16. De helling van de rechte AB, d.w.z. de verplaatsingen welke nodig zijn om de actieve, resp. passieve gronddruk te mobiliseren wordt bepaald door een zogenaamde beddingsconstante. De waarde van de beddingsconstante wordt bepaald door de samendrukbaarheid van de grond (volgens de horizontale richting), de eventuele voorbelasting en de afmetingen van het belaste oppervlak. Voor de bepaling van deze beddingsconstante bestaan er geen algemeen aanvaarde regels, alleen wat ervaringsgegevens. Zo zijn in het CUR handboek "Damwandconstructies" goed bruikbare zij het aan de veilige kant gelegen waarden opgenomen.



Figuur 16

Het grote voordeel van de methode der elastische ondersteunde ligger ligt zeker in het feit dat meerdere niveau's van zijdelingse ondersteuning en meerdere uitvoeringsfasen probleemloos kunnen in rekening gebracht worden. Ook wordt duidelijk informatie verkregen betreffende de mobilisatie van de actieve en passieve gronddruk.

Omdat het mobiliseren van de passieve gronddruk gepaard gaat met belangrijke verplaatsingen moet men er op toezien dat deze nooit volledig in rekening gebracht wordt. Voor enkelvoudig ondersteunde beschoeiingen wordt er meestal gesteld dat er een veiligheid van 1,4 moet beschikbaar zijn t.a.v. de passieve grondweerstand.

6.3. Eindige elementprogramma's:

De laatste tijd worden er voor de dimensionering van beschoeiingselementen meer en meer ook berekeningen uitgevoerd met eindige elementenprogramma's. Het voordeel van deze methode ligt vooral in het feit dat complexe toestanden, bv. gelaagde grondstructuren, aanwezigheid van steun-bermen, ... enz. veel éénduidiger in rekening kunnen gebracht worden. Verder kan ook informatie verkregen worden betreffende het verloop van de achter het beschoeiingselement te verwachten zettingen.

Het grote nadeel van deze berekeningsmethode ligt zeker in het feit dat er nagenoeg altijd een parameterstudie noodzakelijk is om de invloed van bepaalde parameters te onderzoeken. Als gevolg daarvan worden dergelijke berekeningen meestal omslachtig.

7. Bouwputten naast bestaande constructies.

Bij het aanleggen van bouwputten naast bestaande constructies is het altijd nodig om voorzorgen te nemen ten einde te voorkomen dat:

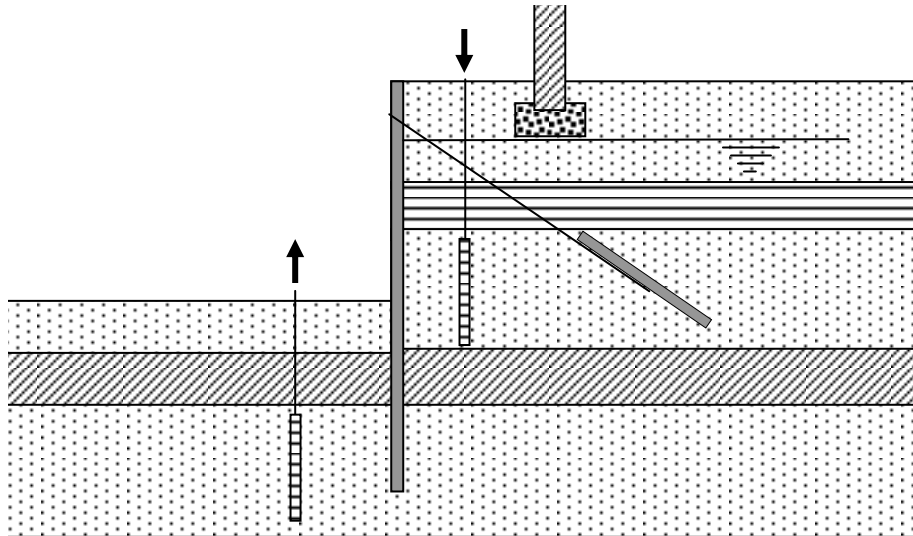
- er zich ontoelaatbare zettingen voordoen als gevolg van de grondwaterverlaging
- er zich ontoelaatbare zettingen en ev. instabiliteiten voordoen als gevolg van het wegnemen van grond naast de bestaande funderingen
- te voorkomen dat er zich ontoelaatbare zettingen en horizontale verplaatsingen voordoen bij het aanbrengen van de beschoeiingselementen en het uitgraven van de bouwput.

7.1. Neerslaan van het grondwaterpeil:

Wanneer er te vrezen valt dat er zich als gevolg van de grondwaterverlaging ontoelaatbare zettingen zullen voordoen bij een dicht bij de bouwput gelegen constructie dan bestaat de enige oplossing er meestal in om de bouwput hydraulisch af te schermen van de omgeving. Zoals reeds is aangegeven moet er dan wel voor gezorgd worden dat de hydraulische afscherming over de volledige omtrek van de bouwput en tot op een voldoende diepte wordt gerealiseerd.

In speciale gevallen is het mogelijk om ook een hervoeding toe te passen wanneer de te beschermen constructie dicht bij de bouwput gelegen is. Dit is onder meer het geval wanneer de bemaling (= onttrekking) en retourbemaling (= hervoeding) kan plaats vinden in verschillende lagen, welke onderling gescheiden zijn door een laag met voldoende geringe doorlatendheid (cfr. fig.17).

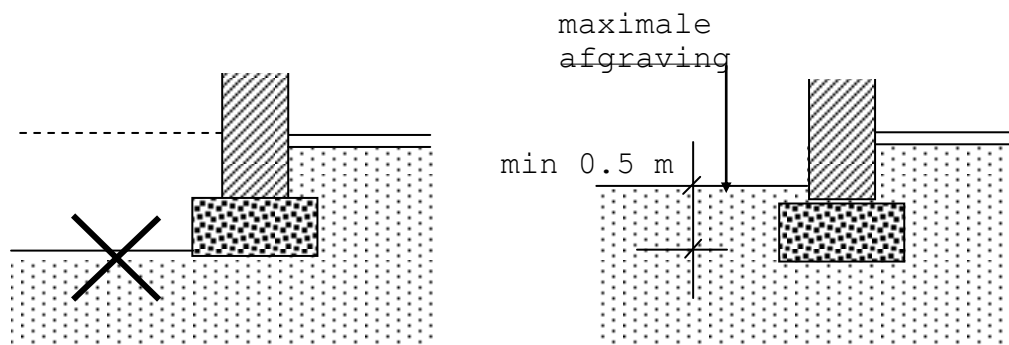
Wanneer de kans reëel is dat er hervoeding zal moeten worden toegepast dan is het aangewezen om daarvoor in het bestek speciale posten te voorzien. Het is dan ook aangewezen om reeds in de ontwerpfase schikkingen te treffen i.v.m. de mogelijke inplanting van de retourbemaling en de daarvoor nodige leidingen. In al te veel gevallen wordt momenteel het risico i.v.m. het al of niet nodig zijn van een retourbemaling uitsluitend bij de aannemer gelegd.



Figuur 17

7.2. Het weggraven van grond naast bestaande funderingen:

Wanneer men de grond naast een bestaande fundering weggraaft dan wordt de nevenbelasting naast deze fundering verminderd en als gevolg daarvan het draagvermogen van de fundering. Het is dan ook niet toegelaten om zonder meer de grond naast een bestaande fundering weg te graven, bv. ten behoeve van het uitvoeren van een ondermetseling of onderschoeiing (cfr. fig.18).



Figuur 18

In veel gevallen waarbij er naast een bestaande fundering moet gewerkt worden graaft men gemakshalve alle grond weg tot op het aanzetpeil van de fundering. Zoiets is zeer gevaarlijk en kan niet alleen aanleiding geven tot ontoelaatbare zettingen maar eveneens tot een instabiliteit van de fundering.

Het draagvermogen van een fundering op staal wordt immers gegeven door de uitdrukking:

$$d_g = p_b \cdot V_b + c \cdot V_c + \gamma_k \cdot b \cdot V_g.$$

De eerste term geeft de bijdrage weer van de nevenbelasting. De tweede term geeft de invloed van de cohesie en wordt in het algemeen verwaarloosd. De derde term geeft de invloed van het eigengewicht van de grond weer.

Een eenvoudige controle leert dat het draagvermogen van een gewone fundering op staal in een belangrijke mate wordt verminderd wanneer de nevenbelasting geheel of gedeeltelijk wordt weggenomen.

In het algemeen is het aangewezen om naast een bestaande fundering minimaal 0,50m grond in stand te houden. Voor een zwaar belaste funderingszool is het altijd noodzakelijk om het draagvermogen van de fundering na te rekenen en aldus vast te leggen tot op welke diepte de grond naast de fundering mag worden weggegraven.

7.3. Het aanbrengen van beschoeiingselementen naast bestaande funderingen:

Zoals reeds werd aangegeven bij de bespreking van de verschillende methoden voor de verticale beschoeiing van bouwputten is het niet mogelijk om alle technieken zonder meer toe te passen naast bestaande funderingen.

- Bij het inbrengen van damplanken moeten de trillingen beperkt worden. Verder moet er voorkomen worden dat eventueel onder de funderingen gelegen losgepakte zanden verdicht worden als gevolg van het aanbrengen van damplanken. Ten slotte moet er heel voorzichtig worden omgesprongen met het trekken van damplanken welke werden aangebracht naast bestaande funderingen. Het is in veel gevallen niet te vermijden dat er daarbij zettingen ontstaan.
- Bij het uitvoeren van slibwanden naast bestaande funderingen dient de lengte van de panelen te worden beperkt en dient in veel gevallen het gebouw te worden verstijfd.
- Het is in principe niet toegelaten om Berlijnse wanden uit te voeren naast funderingen op staal, ook niet wanneer de profielen verankerd worden. Het uitvoeren van een Berlijnse wand naast een bestaande fundering op staal kan alleen maar worden overwogen indien deze fundering voorafgaandelijk wordt verdiept tot onder het te realiseren uitgravingspeil.

- Palenwanden kunnen zonder meer naast een bestaande fundering op staal worden uitgevoerd. De uitvoering dient dan wel goed te worden verzorgd zodat er geen ontspanning van de grond en ook geen oppersing ervan ontstaat.
- Grondvernageling kan worden toegepast naast een bestaande fundering op staal op voorwaarde dat een aantal voorzorgen worden in acht genomen, o.a. vooraf aanbrengen van verticale groutkolommen op relatief geringe tussenafstand en eventueel verdiepen van de bestaande funderingen tot onder het te realiseren uitgravingspeil.
- Beschoeide sleuven kunnen eveneens worden uitgevoerd naast bestaande funderingen op staal op voorwaarde dat de lengte van de moten beperkt wordt.

Wanneer de te realiseren beschoeiingswanden ook een waterkerende functie moeten vervullen dan kunnen alleen damplanken, slibwanden en palenwanden worden toegepast.

8. Verdiepen van bestaande funderingen.

Ten einde het beschikbare grondoppervlak zo goed mogelijk te benutten is het nogal eens aangewezen om de bestaande funderingen langsheen de bouwput te verdiepen en aldus een verticale beschoeiing te realiseren onder de bestaande scheidingsmuur.

Voor het verdiepen van bestaande funderingen zijn meerdere methodes beschikbaar nml.:

- ondermetselen
- onderschoeien met beschoeide putten
- jet grouting.

8.1. Ondermetselen:

Ondermetselen wordt zeer veel toegepast wanneer de hoogte waarover de bestaande fundering moet verdiept worden, beperkt is. Deze techniek is eenvoudig en door iedereen uitvoerbaar. Het grote nadeel ervan is dat er tijdens de uitvoering nogal eens belangrijke risico's worden genomen. In veel gevallen wordt het tekort aan inzicht en aan een degelijk ontwerp gecompenseerd door de cohesie welke de grond meestal gedurende een zekere periode vertoont.

Het is noodzakelijk dat de uitgraving en de ondermetseling altijd op één en dezelfde dag worden uitgevoerd. Het onnodig lang openlaten van de uitgegraven sleuf kan immers tot gevolg hebben dat de cohesie van de grond waarop toch in een belangrijke mate gerekend wordt,

al te zeer afneemt en de stabiliteit van de sleuf daardoor in het gedrang komt. Ook het risico op waterinsijpeling neemt dan snel toe.

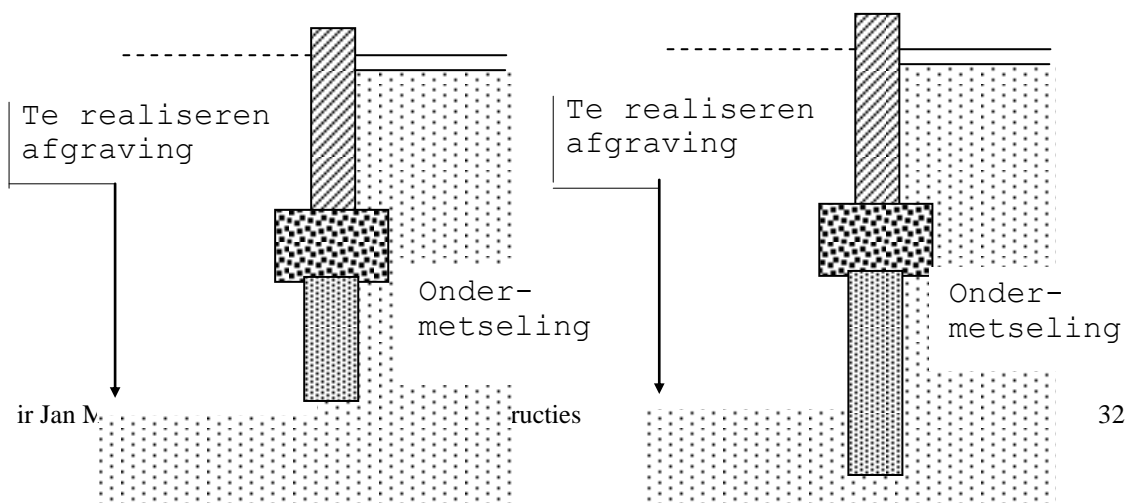
Het uitvoeren van een ondermetseling is alleen mogelijk wanneer de grond volledig droog is. In geval van een hoog gelegen grondwaterstand dient er te worden bemalen. Wanneer er niet mag bemalen worden omdat er gevaar is voor zettingen, kan er dus ook niet worden ondermetseld.

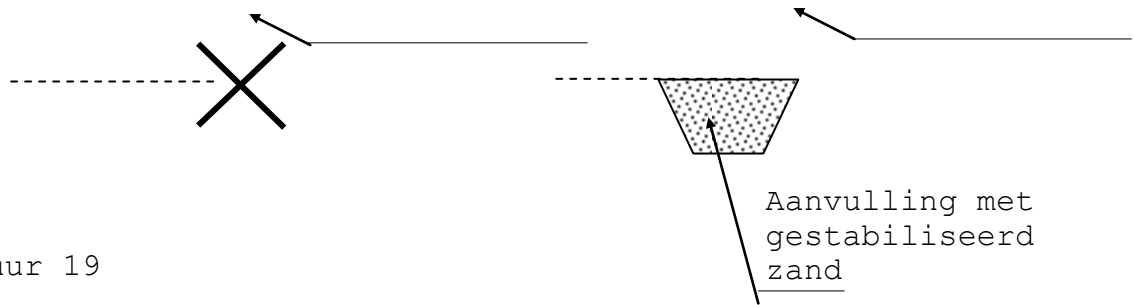
Het is dan ook opmerkelijk te noemen dat er in heel wat bestekken waarin ondermetseling is opgenomen, ook vermeld staat dat er niet mag worden bemalen. Dergelijke problemen kunnen alleen maar worden opgelost door naast de bestaande fundering een wand aan te brengen. Wanneer de beschikbare ruimte erg krap is kunnen er daarbij moeilijk op te lossen problemen ontstaan. Het aanbrengen van een beschoeiingswand naast de bestaande fundering heeft immers meestal een belangrijk plaatsverlies tot gevolg.

Bij het uitvoeren van een ondermetseling dient er altijd voor te worden gezorgd dat de ondermetselde wand in een laag met een voldoende draagkracht wordt aangezet. Zodoende zullen de zettingen bij de overdracht van de belasting aan de dieper gelegen lagen beperkt blijven.

Het uitvoeren van ondermetselingen in twee of meerdere fasen is in het algemeen af te raden. Iedere ondermetseling geeft immers onvermijdelijk aanleiding tot zekere zettingen. In geval van een goede uitvoering kunnen deze toch op ca. 1 cm geraamd worden. Wanneer er meerdere fasen na elkaar worden uitgevoerd loopt men het risico dat er ontoelaatbare zettingen ontstaan. Bij het uitvoeren van meerdere fasen moet men er zeker voor zorgen dat het draagvermogen van de wand voor iedere fase verzekerd is.

Ondermetselingswanden moeten steeds uitgevoerd worden met een zekere steek t.o.v. de later te realiseren uitgraving (cfr.fig.19). Verder moet er ook altijd worden nagegaan of de ondermetselingswand zijdelings moet worden ondersteund door middel van stempels of grondankers.





Figuur 19

8.2. Onderschoeiing door middel van beschoeide putten:

Wanneer de hoogte waarover de funderingen moeten verdiept worden groter wordt dan 2 à 3 m dan is het aangewezen om de verdieping niet meer met ondermetseling uit te voeren maar door onderschoeiing met beschoeide putten. Het grote voordeel van dergelijke uitvoeringswijze ligt in het feit dat de grond onder de fundering slechts over een beperkte hoogte wordt vrijgemaakt en er systematisch een beschoeiing wordt aangebracht. Op deze wijze kan er op een veilige wijze tot op grote diepte (tot meer dan 10 meter) worden uitgegraven. De werkzaamheden kunnen ook zonder problemen over meerdere dagen gespreid worden.

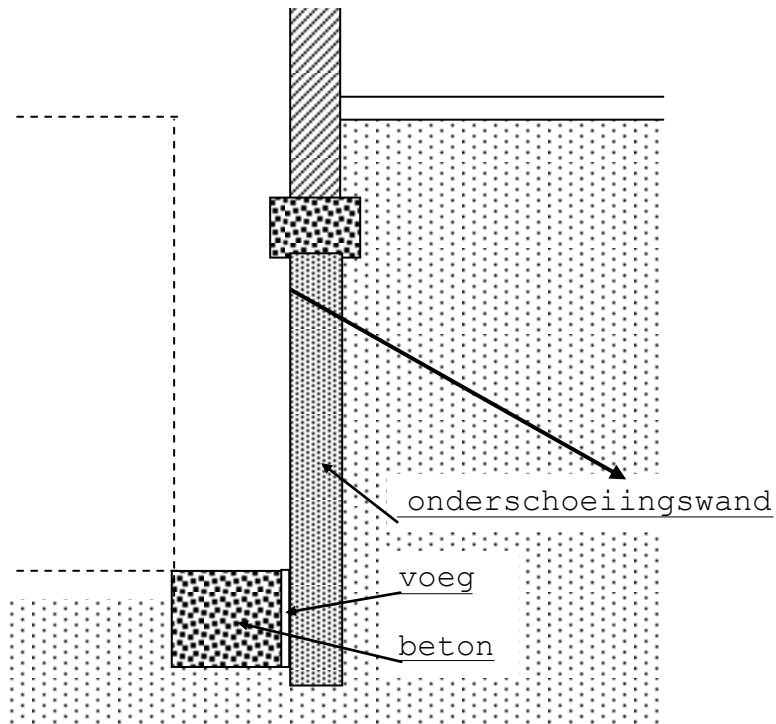
Voor het uitvoeren van dergelijke onderschoeiingen is het absoluut noodzakelijk dat het grondwaterpeil voldoende diep gelegen is of voldoende werd verlaagd. Beperkte waterintredes bv. juist boven minder doorlatende lagen kunnen bij de uitvoering van dergelijke onderschoeiingen reeds problemen opleveren.

Doordat er in een beschermde omgeving gewerkt wordt kan er in de beschoeide sleuf een klassieke gewapende betonwand worden aangebracht. Men houdt er dan wel best rekening mee dat de werkomstandigheden in een sleuf van ca 1,50 m x 1,50 m niet optimaal zijn en dat daarom best zo eenvoudig mogelijke systemen voorzien worden.

Het horizontaal evenwicht van dergelijke onderschoeiingswanden kan worden verzekerd met stempels, met grondankers of met de op te richten constructie zelf.

Ten einde het draagvermogen van de wand en het horizontaal evenwicht ervan te verzekeren is nodig om een voldoende steek te voorzien t.o.v. het te realiseren uitgravingspeil. Het is daarbij aangewezen om deze steek zodanig uit te voeren dat er geen verbinding ontstaat tussen de onderschoeiingswand en de fundering van de nieuw op te richten constructie. Dit kan op een vrij eenvoudige wijze gebeuren door in eerste instantie de onderschoeiingswand over de volledige hoogte uit te voeren en pas daarna de sleuf op te vullen met gestabiliseerd zand of ongewapend beton (cfr.fig.20). Tussen deze materialen en de onderschoeiingswand wordt

dan een voeg gerealiseerd bv. door middel van isomo of een gelijkaardig materiaal. Op deze wijze wordt voorkomen dat de onderschoeiingswand volledig wordt meegetrokken wanneer de fundering van de op te richten constructie belangrijke zettingen ondergaat.



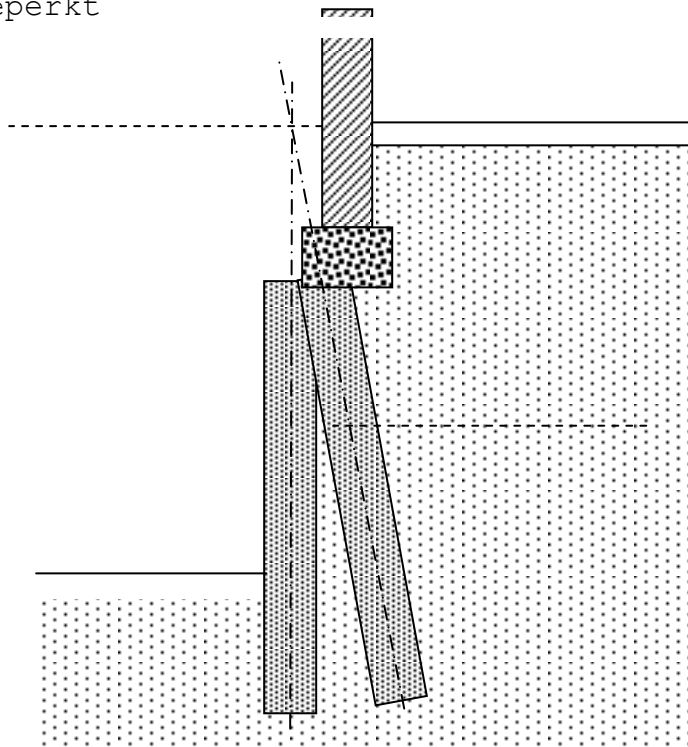
Figuur 20

8.3. Jet grouting:

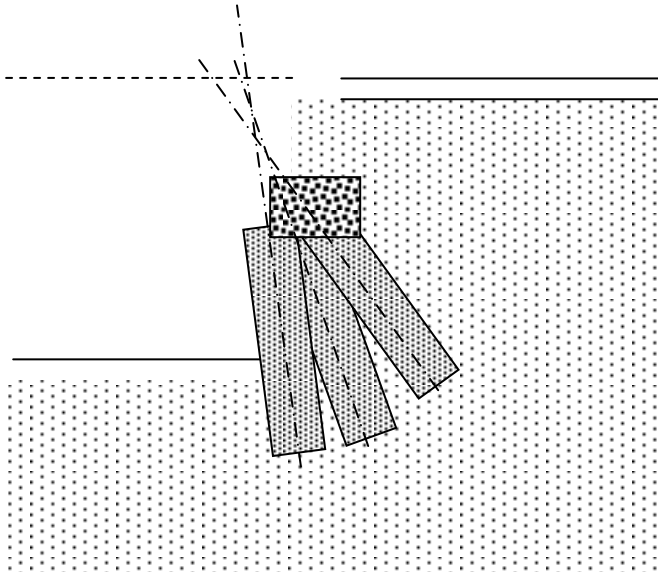
Wanneer het grondwaterpeil niet mag verlaagd worden dan is het nog mogelijk om onder de bestaande funderingen een grondkerende wand te realiseren door middel van jet-grouting. Mits een verzorgde uitvoering is het ook mogelijk om volgens deze methode waterkerende wanden uit te voeren welke over een zekere hoogte waterkerend zijn.

Ten aanzien van de verdieping van de bestaande fundering bestaan er twee benaderingen:

- in ons land worden in het algemeen schuine groutkolommen aangebracht doorheen de bestaande fundering en verticale groutkolommen naast de bestaande fundering (cfr.fig.21). Mede door het feit dat er tegen de groutkolommen altijd een definitieve wand moet worden aangebracht, geeft een dergelijke uitvoeringswijze altijd aanleiding tot een zeker verlies aan beschikbare ruimte.
- een andere mogelijkheid die bv. in Duistland veel wordt toegepast bestaat erin om de groutkolommen volledig onder de bestaande fundering aan te brengen (cfr.fig.22). Wegens het feit dat er dan meerdere kolommen op dezelfde plaats moeten worden uitgevoerd is deze techniek veel moeilijker en delikater en als gevolg daarvan ook aanzienlijk duurder. Het verlies aan beschikbare ruimte wordt dan wel tot een minimum beperkt



Figuur 21



Figuur 22

De jet grouting techniek heeft het grote voordeel dat ze in nagenoeg alle gronden kan worden toegepast. Het ontwerp en de uitvoering ervan berust evenwel nog grotendeels op ervaring en een beperkt aantal empirische regels. De zorg welke aan de uitvoering wordt besteed is in een belangrijke mate bepalend voor het uiteindelijke resultaat.

Bij het uitvoeren van jet groutkolommen vlak naast en onder bestaande funderingen dient men er steeds voor te worden gezorgd dat er specie naar het oppervlak terugstroomt via de ringvormige ruimte omheen de boorstangen. Van zodra dit niet het geval is moet het injecteren worden stopgezet. Anders ontstaat er een reëel risico dat de grond en de bovengelegen fundering wordt opgelicht.

Het grote nadeel van de jet grouting methode ligt nog steeds in het feit dat het niet mogelijk is om tijdens de uitvoering te controleren wat er gerealiseerd wordt (bv. diameter van de kolommen, te verwachten druksterkte,). Indien dergelijke technieken kunnen op punt gesteld worden zal de techniek wellicht nog een veel grotere verspreiding kennen dan nu reeds het geval is.

9. Fundering van kelderconstructies.

De funderingswijze van een kelderconstructie wordt meestal bepaald door de ligging van het grondwaterpeil en door het gewicht van de boven de kelder gelegen constructie. Volgende funderingstypes zijn mogelijk:

- fundering op alleenstaande of doorlopende zolen
- algemene funderingsplaat
- funderingsplaat met verzwaarde ribben
- paalfundering.

9.1. Fundering op alleenstaande en/of doorlopende zolen:

Voor lichte constructies welke volledig boven het grondwaterpeil gelegen zijn wordt zeer dikwijls een fundering met al of niet gewapende zolen toegepast, dit voor zover de draagkracht van de grond het toelaat. Tussen de zolen in wordt dan een gewone vloerplaat aangebracht. Deze vloerplaat moet er dan alleen voor zorgen dat de op de keldervloer uitgeoefende belasting wordt overgedragen aan de ondergelegen grond. In veel gevallen wordt daarvoor een betonplaat van beperkte dikte met een enkelvoudig wapeningsnet voorzien.

9.2. Algemene funderingsplaat:

Een algemene funderingsplaat met constante dikte wordt meestal voorzien wanneer de keldervloer onder het grondwaterpeil gelegen is of wanneer deze wordt aangelegd op een weinig draagkrachtige ondergrond. De funderingsplaat moet dan terdege gedimensioneerd worden zodat de erop uitgeoefende grond- en waterdrukken zonder problemen kunnen worden opgenomen.

Aan de uitvoering van een dergelijke algemene funderingsplaat moet bijzondere aandacht besteed worden ten einde de waterdichtheid ervan te verzekeren. Zo moet er ten alle prijze voorkomen worden dat er doorgaande krimpscheuren ontstaan. Zeer grote funderingsplaten moeten daarom in verschillende moten worden uitgevoerd. Ter plaatse van de aansluiting tussen de moten dienen er dan speciale dichtingen te worden aangebracht.

Voor de dimensionering van algemene funderingsplaten wordt tegenwoordig veelal gebruik gemaakt van de theorie van de elatisch ondersteunde plaat. Een probleem dat zich daarbij stelt is dat er geen algemeen aanvaarde regels bestaan voor het bepalen van de in rekening te brengen beddings- of veerconstanten. Voor belangrijke ontwerpen is het aangewezen om de gevoeligheid van de voor deze parameters in rekening gebrachte waarden te onderzoeken.

Verder is het ook evident dat de theorie van de elastisch ondersteunde ligger alleen mag worden toegepast voor de korrelspanningen en niet voor de waterdrukken.

Belangrijke opmerking:

Ook bij algemene funderingsplaten die worden aangelegd op overwegend kleiige gronden moet de opwaartse waterdruk in rekening gebracht worden bij de dimensionering van de algemene funderingsplaat. Er moet immers worden van uitgegaan dat de onder de funderingsplaat gelegen grond zich na verloop van tijd zal verzadigen, bv. via waterinfiltratie langsheen aanvullingen omheen de kelder, en dat als gevolg daarvan een waterdruk zal ontstaan op de algemene funderingsplaat.

Indien de algemene funderingsplaat alleen op gronddrukken gedimensioneerd wordt, zullen er na verloop van tijd scheuren in de plaat ontstaan via dewelke dan water kan afstromen. Als gevolg daarvan neemt dan ook de waterdruk af. Doordat de plaat is aangelegd op overwegend kleiige gronden zal de hoeveelheid toestromend water eerder beperkt zijn. Het dichtmaken van de scheuren levert dan evenwel geen blijvende oplossing op omdat er nieuwe scheuren zullen ontstaan van zodra de waterdruk zich opnieuw kan opbouwen.

9.3. Funderingsplaat met verzwaarde ribben:

In nogal wat gevallen wordt er geopteerd voor een tussenoplossing waarbij er onder de wanden of kolommen een doorlopende funderingszool van gewapend beton wordt voorzien met daartussen een betonplaat met een beperkte dikte en voorzien van een enkelvoudig wapeningsnet. Dergelijke oplossing is alleen aanvaardbaar wanneer de vloerplaat geen waterdrukken moet opnemen.

Bij de dimensionering van een dergelijke funderingsplaat moet er dan ook voor gezorgd worden dat de belasting uitsluitend via de doorlopende funderingszolen wordt overgedragen aan de ondergelegen grond en dat er zich geen belangrijke zettingsverschillen voordoen tussen de zolen en de tussengelegen plaat. Er mag dan in geen geval op gerekend worden dat er via de tussengelegen plaat ook belasting afkomstig van de stuktuur kan worden overgedragen aan de ondergelegen grond.

In de praktijk doen er zich regelmatig problemen voor met dergelijke funderingsplaten, vooral wanneer ze door een waterdruk belast worden of wanneer de doorlopende funderingszolen onvoldoende gedimensioneerd zijn.

9.4. Paalfundering:

Wanneer er op het niveau van de keldervloer geen voldoende draagkrachtige laag wordt aangetroffen is het aangewezen om de kelderconstructie op palen te funderen. Een speciale situatie doet zich voor wanneer deze palen zowel op druk als op trek kunnen belast worden. Het is dan aangewezen om bij de dimensionering van de palen een grotere veiligheidscoëfficiënt in rekening te brengen.

Aan de tussen de paalkoppen gelegen vloer worden geen speciale eisen gesteld wanneer deze altijd boven het grondwaterpeil gelegen is of wanneer er een algemene drainering wordt aangebracht. In dergelijke gevallen kan er worden volstaan met een vloer van beperkte dikte en voorzien van een enkelvoudig wapeningsnet.

9.5. Speciale maatregelen bij ongelijkmatig belaste funderingen:

Bij kelderconstructies welke sterk ongelijkmatig belast worden is de kans reëel dat er zich ongelijkmatige zettingen zullen voordoen. De meest drastische ingreep bestaat er in dergelijke gevallen in om de ongelijkmatig belaste delen volledig afzonderlijk te bezien en tussen beide een zettingsvoeg te laten aanbrengen. Bij kelderconstructies welke onder het grondwaterpeil gelegen zijn levert een dergelijke zettingsvoeg evenwel zeer dikwijls problemen op als gevolg van een gebrekkige waterdichtheid.

In de meeste gevallen is de stijfheid van een kelderconstructie te gering om er te kunnen op rekenen dat er veel belasting wordt overgedragen van het zwaar belaste naar het minder belaste gedeelte.

Mogelijke maatregelen om de zettingsverschillen tussen ongelijkmatig belaste delen zoveel mogelijk te beperken bestaan erin om tijdens de constructiefase een opening tussen beide delen in stand te houden en om de verbinding dan slechts te realiseren wanneer het grootste deel van de zettingen reeds heeft plaatsgevonden.

Het is evenwel zonder meer duidelijk dat de fundering van ongelijkmatig belaste kelderconstructies altijd het voorwerp moet uitmaken van een gedetailleerde studie, waarbij terdege rekening moet gehouden worden met de stijfheid van de constructie en van de erondergelegen grond.

10. Maatregelen om opdrijven van kelders tegen te gaan.

Wanneer de kans bestaat dat de opwaartse waterdruk op de kelder groter kan worden dan het gewicht van de kelder dan dienen er maatregelen te worden voorzien. Dit kan onder meer het geval zijn bij ondergrondse parkeergarages

of kelders zonder bovenbouw of ondergrondse reservoirs of bekkens (bv. bij waterzuiveringsstations). Voor het nazicht of er al dan niet gevaar voor opdrijven bestaat, dient er te worden uitgegaan van de hoogst mogelijk gelegen grondwaterstand.

Het is meestal niet eenvoudig om deze grondwaterstand vast te leggen, zeker niet wanneer er maar weinig informatie i.v.m. het grondwaterpeil beschikbaar is. Een veilige aanname bestaat er nogal eens in om het in rekening te brengen grondwaterpeil ter hoogte van het bestaande maaiveld of grondoppervlak te leggen. In het algemeen wordt evenwel een waterpeil in rekening gebracht dat 1,0 m of 0,50 m boven het hoogst gekende grondwaterpeil gelegen is.

Wanneer er geen voldoende veiligheid bestaat t.a.v. opdrijving dienen er maatregelen te worden genomen. Deze maatregelen kunnen bestaan in:

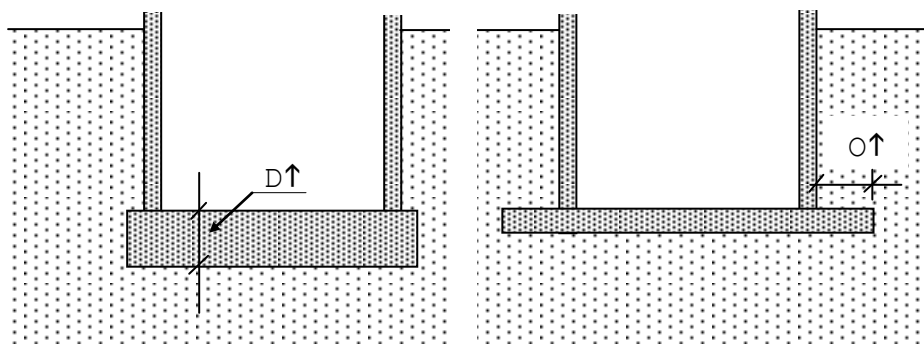
- een verhoging van het gewicht van de constructie
- het verminderen van de opwaartse waterdruk
- het aanbrengen van trekelementen.

10.1. Een verhoging van het gewicht van de constructie:

Dergelijke verhoging van het gewicht van de constructie bestaat meestal in het verzwaren van de vloerplaat. Een verhoging van de dikte van de vloerplaat heeft dan wel meestal tot gevolg dat er een diepere bouwput moet worden aangelegd (cfr.fig.23).

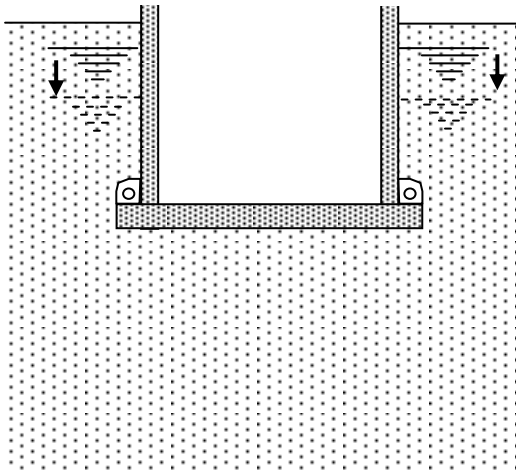
Bij relatief kleine constructies is het ook mogelijk om een verhoging van het gewicht van de constructie te realiseren door middel van een oversteek aan de vloerplaat (cfr.fig.24). Het gewicht van de grond die boven deze oversteek gelegen is mag dan samen met het eigengewicht van de constructie in rekening gebracht worden.

Bij constructies met grote afmetingen is deze maatregel evenwel minder efficiënt.

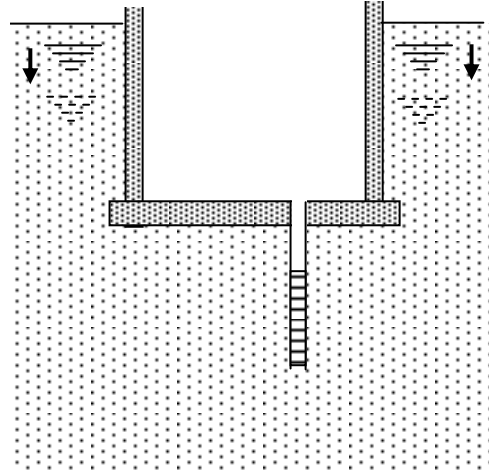


10.2. Het verminderen van de opwaartse waterdruk:

Het verminderen van de opwaartse waterdruk kan worden gerealiseerd door het aanbrengen van een permanente bemaling bv. door middel van horizontale drains (cfr. fig.25a) of door middel van ontrekkingsputten (cfr.fig.25b). Het plaatsen van een permanente bemaling heeft dan wel tot gevolg dat er permanent water dient te worden opgepompt gedurende de volledige levensduur van de constructie. Het is dan in ieder geval aangewezen om op voorhand een raming op te maken van het energieverbruik dat met het oppompen van het water zal gepaard gaan.



Figuur 25a



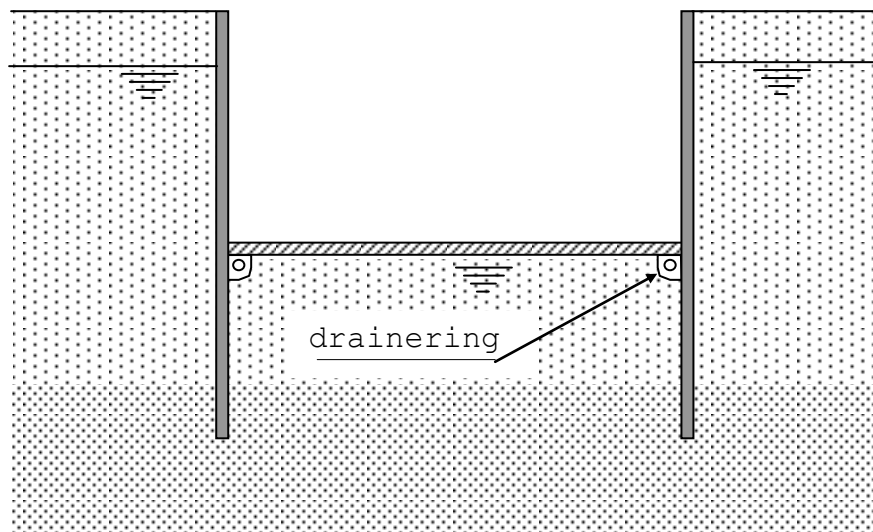
Figuur 25b

Bij het aanbrengen van horizontale drains moet ervoor gezorgd worden dat er via de drain geen grond van onder de funderingen kan worden weggezogen. De drain wordt daarom best naast en zeker niet onder de funderingen aangebracht. Verder is het aangewezen dat de drainering toegankelijk blijft zodat reiniging ervan mogelijk is in geval van verstopping.

Ontrekkingsputten worden meestal slechts aangebracht wanneer het grondwaterpeil verkeerd werd ingeschat, bv. wanneer er geen rekening werd gehouden met de invloed van bestaande tijdelijke grondwaterverlagingen.

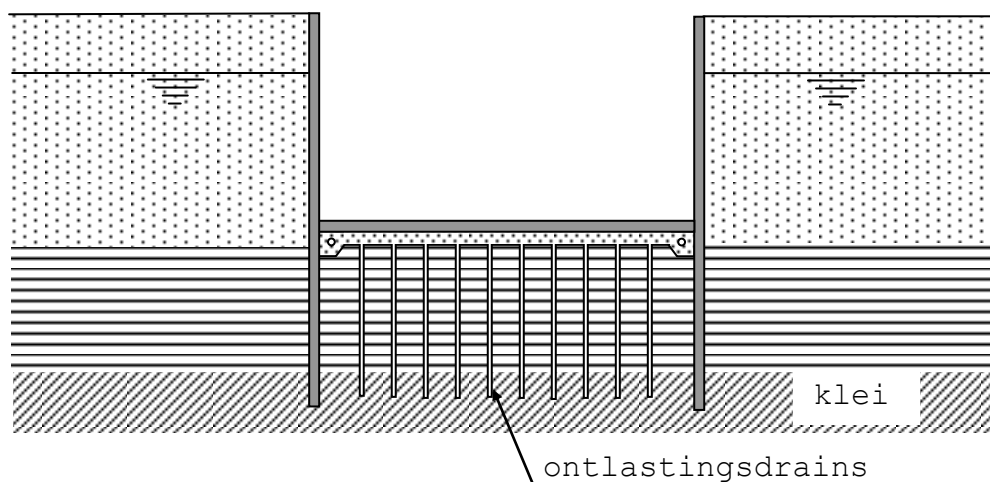
Het aanbrengen van een permanente bemaling is vooral interessant wanneer de constructie omringd is door een weinig doorlatend scherm dat reikt tot in een kleilaag (cfr.fig.26). De hoeveelheid op te pompen water is dan beperkt. In het algemeen wordt het waterpeil dan

neergeslagen tot onder de onderkant van de keldervloer. Daardoor kan deze keldervloer dan relatief licht worden uitgevoerd, zeker wanneer bv. de structuur op palen gefundeerd wordt.



Figuur 26

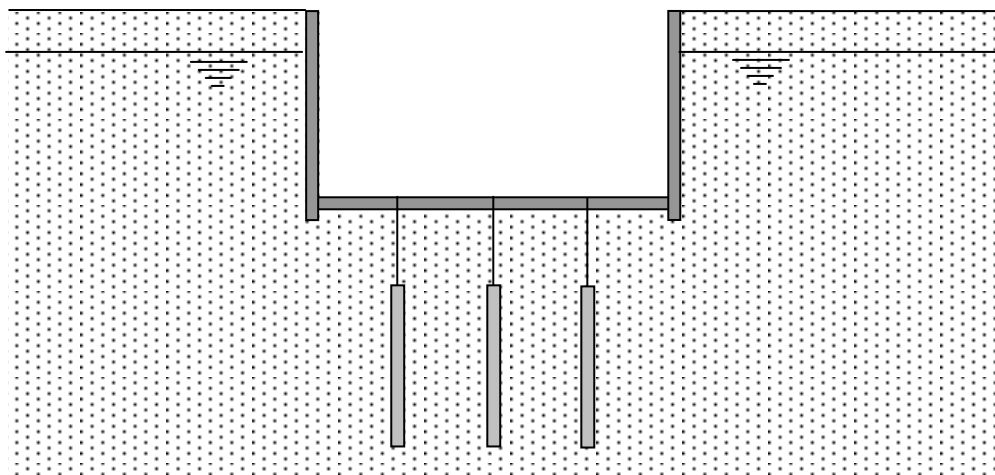
Wanneer onder de keldervloer een gelaagde grondstructuur wordt aangetroffen is het in dergelijke gevallen wel aangewezen om tot op een zekere diepte ontlastingsdrains te voorzien (cfr.fig.27). Deze moeten er dan voor zorgen dat er geen waterdruk kan worden opgebouwd in meer doorlatende lagen welke via openingen in de schermwand in contact zouden komen te staan met het grondwater buiten de schermwand. Dergelijke oplossing wordt regelmatig toegepast te Brussel voor gebouwen welke worden opgericht in de vallei van de Zenne (Anspachlaan - Noordstation).



Figuur 27

10.3. Het aanbrengen van verticale trekelementen onder de vloerplaat:

Deze trekelementen zorgen er dan voor dat een gedeelte van het gewicht van de grond onder de vloerplaat mee in rekening mag worden gebracht met het gewicht van de constructie. Dergelijke trekelementen kunnen worden gevormd door trekpalen, grondankers of slibwandpanelen (cfr.fig.28).



Figuur 28

Bij het dimensioneren van deze trekelementen moet er rekening worden gehouden met de op te nemen trekkrachten, de aard van de grond, het type van de verankering en de tussenafstand van de trekelementen. Mits een oordeelkundige keuze van de tussenafstand en de schikking van deze trekelementen is het meestal mogelijk om de momenten in de funderingsplaat in een belangrijke mate te beperken.

Bij bepaalde constructies (bv. ondergrondse reservoirs) kunnen er situaties voorkomen waarbij deze trekelementen ook regelmatig op druk belast worden. In dergelijke gevallen dient er een hogere veiligheidscoëfficiënt te worden ingevoerd dan deze welke normaal voor permanent op trek belaste elementen wordt toegepast.

11. Mogelijke problemen ingevolge de aanwezigheid van verontreinigde gronden.

Er mag worden aangenomen dat er de komende jaren meer en meer zal gebouwd worden en wellicht ook bouwputten zullen worden aangelegd op terreinen waarvan geweten is dat de ondergrond verontreinigd is. Omdat de afvoer van verontreinigde gronden naar speciale stortten belangrijke meerkosten met zich mee brengt zal er dan naar gestreefd

moeten worden om de hoeveelheid uit te graven grond zoveel mogelijk te beperken.

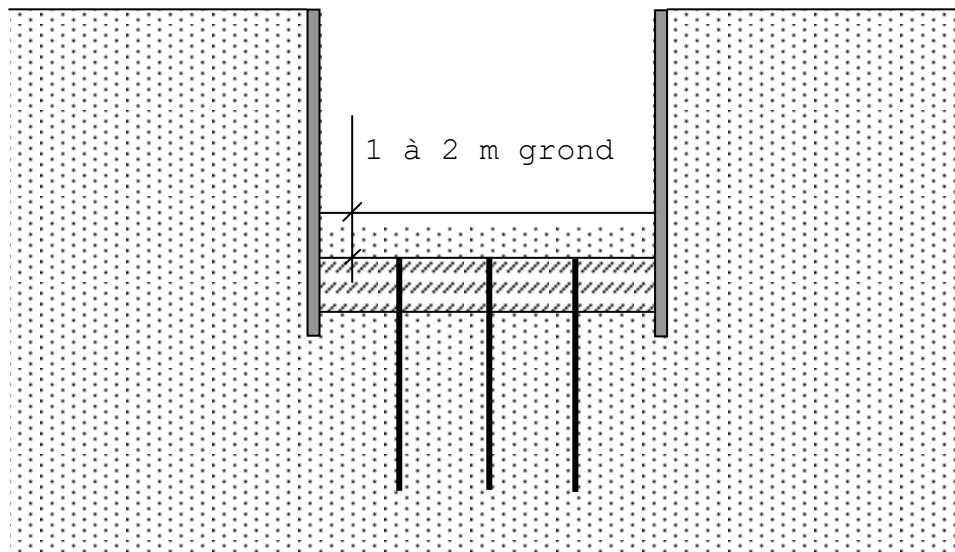
Indien de milieuwetgevingen strikt worden toegepast zal het de komende jaren wellicht ook alsmear moeilijker worden om grondwater te onttrekken en om met bentoniet vermengde grond te storten.

Al deze elementen moeten er normaal toe leiden dat men voor bepaalde zaken zal overschakelen op nieuwe of andere technieken zodat er beter kan worden tegemoetgekomen aan de gestelde eisen.

In andere landen is deze evolutie reeds enige tijd aan de gang.

- In Japan werd bijvoorbeeld de slibwandtechniek volledig verdrongen door grondvermenging in situ. De grond wordt daarbij met drie naast elkaar gelegen schroefboren vermengd met cement. In de nog niet verharde specie worden stalen profielen ingebracht. Deze stalen profielen fungeren dan als kerende elementen. De tussen deze profielen gelegen gestabiliseerde grond moet er alleen voor zorgen dat de grond- en waterdrukken worden overgedragen naar de stalen profielen.
- In Duitsland is het bijna onmogelijk geworden om het grondwaterpeil over een belangrijke hoogte neer te slaan. Als gevolg daarvan worden momenteel te Berlijn tienduizenden vierkante meters kunstmatige afdichtende lagen geïnjecteerd op diepten variërend tussen 15 en 30 meter. In veel gevallen wordt de verticale beschoeiing van de bouwput gevormd door een bentoniet-cementscherm reikend tot aan de afdichtende laag gerealiseerd door middel van injecties. Over het bovenste gedeelte wordt in het nog niet verharde bentoniet-cementscherm een damwand ingebracht ten einde de nodige verticale grondkering te kunnen realiseren.
- Om de bouwput hydraulisch van de omgeving te isoleren werd de laatste jaren bij heel wat bouwputten in Duitsland en Nederland een kunstmatige horizontale afdichtende laag aangebracht door middel van jet-grouting. Deze laag werd dan onmiddellijk onder de bodem van de aan te leggen bouwput aangebracht en naar onderen verankerd door middel van verticale ankers. Daarbij hebben er zich nogal wat problemen voorgedaan omdat er een doorslag ontstaat wanneer de bodem niet volledig dicht is. In dergelijke gevallen is het in ieder geval aangewezen om tussen de bodem van de bouwput en de jet-groutlaag een grondlaag met een dikte van 1 à 2m te behouden zodat er geen doorslag kan

ontstaan wanneer er toch een onvolkomenheid voorkomt in de afdichtende laag (cfr. fig.29).



Figuur 29

12. Besluit.

Bij het ontwerp en de uitvoering van kelderconstructies, komen veel elementen aan bod: grondwaterverlaging, beschoeiing, draagvermogen, vervormingen In veel gevallen zijn speciale maatregelen nodig om ervoor te zorgen dat de hinder in de omgeving tot aanvaardbare normen beperkt blijft.

De praktijk leert evenwel dat het niet altijd mogelijk is om deze hinder volledig weg te nemen en dat er toch schade wordt aangericht aan nabijgelegen constructies. Als gevolg van grondwaterverlagingen kan er zelfs schade ontstaan tot op een relatief grote afstand van de bouwput (1 km en meer).

Wanneer er ergens schade ontstaat geeft dit meestal aanleiding tot langdurige discussies welke zeer dikwijls voor de rechtbank beslecht worden. In heel wat gevallen is het mogelijk om dergelijke discussies te vermijden. Er dienen voor de aanvang der werken dan wel duidelijke afspraken te worden gemaakt in verband met wat kan en wat mag, en wie er tussenkomt voor welke schades.

Bij het ontstaan van schade wordt het oplossen van de schuldvraag zeer dikwijls erg bemoeilijkt door het feit dat er geen controlemetingen werden doorgevoerd. Voor belangrijke bouwputten naast bestaande constructies zouden er systematisch controlemetingen dienen te worden uitgevoerd, o.a. door het regelmatig opmeten van de verplaatsingen van beschoeiingselementen, zettingen, krachten in grondankers Dergelijke metingen zouden er dan ook toe bijdragen dat er een beter inzicht wordt verkregen i.v.m. het gedrag van de beschoeiingselementen, grondankers en dat er als gevolg daarvan later op een meer economische of een veiliger manier kan gebouwd worden. De kosten van dergelijke metingen zouden op dezelfde wijze moeten worden opgenomen in het budget als de kosten van het grondonderzoek.

Het komt nog regelmatig voor dat ontwerpers schrik hebben om diepe bouwputten te laten aanleggen naast bestaande constructies. Mits het inzetten van de juiste technieken is het thans mogelijk om zeer complexe bouwputten met succes te realiseren. De kostprijs kan dan wel erg hoog oplopen.

De vraag die dan moet gesteld worden is of het met het ter beschikking staande budget wel mogelijk is om de bouwput op een technisch verantwoorde wijze uit te voeren. Alleen wanneer men over een goed inzicht beschikt betreffende de mogelijk toepasbare technieken is het

mogelijk om deze vraag op een wetenschappelijk verantwoorde wijze te beantwoorden.

In al te veel gevallen wordt de uitvoeringswijze eerder gekozen in functie van het ter beschikking staande budget dan in functie van technische eisen.

Referenties:

CUR publikatie 166: Damwandconstructies.

KVIV, Cursus Permanente Vorming: Praktijk van de Grondmechanica en Funderingstechniek.

Maertens J. (1993): Speciale technieken voor het werken naast en onder bestaande funderingen, Infrastructuur in het leefmilieu, 5/93