Diepwanden uitvoeren

Prof ir Jan Maertens
Jan Maertens & Partners BVBA en KU Leuven
Ir lic Bart Van Zegbroeck
Jan Maertens & Partners BVBA en XIOS Hasselt

Inhoud:

Uitvoering =
- geleidingsmuren
- uitgraven en ontzanding steunvloeistof
- aanbrengen en recupereren van voegplank
- plaatsen van de wapening
- betonneren
- afkappen + wegnemen overdiktes
- maatregelen tijdens vrijgraven diepwand

Recente problemen in België :

2008 zomer : Deinze
- waterkerende diepwand tot 25m diepte voor ca 12m uitgraving
- lekkende voeg vastgesteld: onmiddellijk terug aangevuld
- voeg in stappen geïnjecteerd met aquareactief product
- doorslag juist na bereiken uitgravingspeil
  → 30m³ grond in bouwput
  → garages vernield
  → woning op 15m van bouwput gescheurd
- jetgroutkolommen aangebracht achter voeg
- geen éénduidige verklaring gevonden voor probleem
  → wapeningskorf zat wel tegenaan kunststofstrip





Recente problemen in België :

2008 december : Vorst - Brussel
- cirkelvormige diepwand diameter ca. 30m tot 36m diepte, dikte 1m
- uitgraving tot 28m
- bemaling in diepe zandlaag, retourbemaling in bovenlagen
- beperkte waterintrede via een voeg wanneer de bouwput nagenoeg was uitgegraven
- 's avonds grondberm aangebracht
- 's nachts doorbraak vastgesteld = ca. 800 m³ in put gestroomd
- put onmiddellijk volgezet met water





Geleidingsmuren :

= zorgen voor geleiding van de grijper
= continue wapening nodig zodat de muurtjes niet lokaal kunnen wegzakken
= nodig voor ophangen van de wapening
= om inkalvingen onder de geleidingsmuren te voorkomen kan onder de geleidingsmuren best gestabiliseerd zand worden aangebracht



Uitgraven – sleufstabiliteit :

= methodes voor het controleren van de sleufstabiliteit voldoen in het algemeen
→ wel opletten voor:
- zeer losgepakte (aangevulde) zanden
- wegstromen van steunvloeistof via oude leidingen / rioleringen

= grondverdringing in zeer slappe lagen en veenlagen tijdens betonneren ≠ instabiliteit

Uitgraven – sleufstabiliteit :

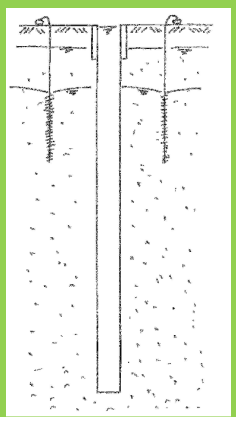
= belangrijk aandachtspunt
→ overhoogte steunvloeistof t.o.v. GWP = min. 2m

= overhoogte steunvloeistof
→ beter geleidingsmuren verhogen dan GWP verlagen
→ verlaging GWP altijd over de volledige hoogte van de sleuf = dieptebronnen nodig

Uitgraven – overhoogte steunvloeistof :

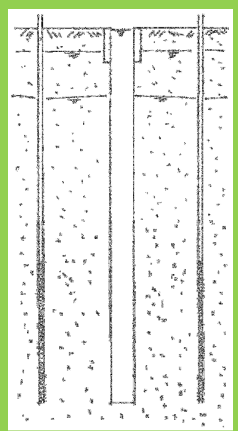
Bemaling door middel van verticale filters = FOUT

→verlaging onderaan de sleuf is meestal te gering, zeker in sterk gelaagde gronden



Uitgraven – overhoogte steunvloeistof :

Bemaling met dieptebronnen tot onderkant sleuf
= enige goede oplossing



Uitgraven – overhoogte steunvloeistof :

Beste oplossing = geleidingsmuren hoger



Uitgraven - steunvloeistof

= rol steunvoeistof is zeer belangrijk
- → moet via cakevorming de sleufstabiliteit verzekeren
- → moet zoveel mogelijk kunnen verdrongen worden door vloeibaar beton

= bentonietsuspensie al dan niet + polymeren
- → er zijn zeer veel soorten bentoniet, verschil is niet altijd duidelijk
- → belang van bepaalde eigenschappen is niet altijd duidelijk

= geen duidelijke eisen in EN 1538 Diaphragm Walls

= belangrijk aandachtspunt : kwaliteit aanmaakwater

www.cebo.nl

- Cebogel OCMA De basis voor CEBOGEL OCMA is een geactiveerde natrium bentoniet. CEBOGEL OCMA voldoet aan de OCMA-specificaties zoals vastgesteld voor olieboringen en is tevens KIWA-gecertificeerd. Lees meer...
- Cebogel CSR De basis voor deze cementstabiele bentonietkwaliteit is een speciaal geselecteerde, geactiveerde natrium bentoniet. Lees meer...
- Cebogel CSP De basis voor
- CEBOGEL CSP is een geactiveerde natrium bentoniet die een speciale bewerking heeft ondergaan. Kenmerkend voor CEBOGEL CSP is het lage filtraatwaterverlies en de hiermee gepaard gaande dunne filtercake. Lees meer...
- Cebogel CSK De basis voor deze bentonietkwaliteit is een speciaal geselecteerde, geactiveerde natrium bentoniet. CEBOGEL CSK is ontwikkeld voor gebruik als hoogrendement diepwandbentoniet. Lees meer...
- Cebogel Premium De basis voor CEBOGEL PREMIUM is een eersteklas natuurlijke natrium bentoniet uit Wyoming. Lees meer...

Keuze bentoniet :

- Wie verstaat daar iets van ?
- Wie beslist welk bentoniet waar kan worden toegepast ?
- Wanneer is er foutief gekozen ?

= is duidelijk taak / verantwoordelijkheid van de aannemer

Kennis i.v.m. Bentoniet :

G. Schneebeli, Les parois moulées dans le sol, 1971 :

> Dans le domaine du forage pétrolier la fabrication, le contrôle et le traitement de la boue ressortent d'une technologie complexe faisant appel à des spécialistes. Il n'en est pas ainsi dans le domaine des parois moulées. La première raison en est évidemment qu'on y rencontre pas les mêmes problèmes (pressions et températures élevées notamment), mais une autre raison non négligeable est que les volumes mis en jeu sont très importants et ne permettent pas économiquement d'avoir recours à des boues coûteuses et à des traitements complexes.

= kennis i.v.m. bentoniet is bij uitvoering van diepwanden anders gefocust dan bij de uitvoering van petroleumboringen
→ van belang bij diepwanden :
- kwaliteit van de cake,
- graafrendement, ...

Uitgraven – verticaliteit :

= de verticaliteit van de sleuf wordt vooral bepaald door :
- de kwaliteit van de geleidingsmuren
  → de geleidingsmuren moeten zorgen voor een goede geleiding van de grijper
- type grijper
  → oriënteerbare grijpers zijn aangewezen voor diepe sleuven

= controle van de verticaliteit :
- d.m.v. inclinometer op de grijper = extra kabel
- door opmeten van de positie van de kabel t.o.v. de geleidingsmuren



Uitgraven – overdiktes :

= vooral door afkalving van losgepakte zanden en aangevulde gronden
= door verdringen van slappe lagen tijdens het betonneren

= aandachtspunt :
→ afkalvingen juist onder de geleidingsbalken kunnen voorkomen worden door onder de geleidingsbalken gestabiliseerd zand aan te brengen

Ontzanden van de steunvloeistof : algemeen

= zeer belangrijke operatie
resterend zandgehalte bepaalt of de steunvloeistof gemakkelijk kan verdrongen worden door beton

= weinig info in EN 1538 Diaphragm walls

8.5 Cleaning the excavation

Cleaning is necessary when a supporting fluid has to be replaced by concrete or another material. The bottom of the excavation and the surface of the joints shall be cleaned and if necessary, the supporting fluid shall be desanded or replaced. In the case of a bentonite suspension, the properties specified in table 1, for the phase 'before concreting', shall be obtained. Where elements such as stop ends or reinforcement cages are to be inserted, cleaning shall be carried out before insertion. The cleaning procedure, as well as the time between operations, shall be established on the first few panels.

= bepaling van het zandgehalte
→ zand = deeltjes > 200 µm

Ontzanden van de steunvloeistof : uitvoering

= oppompen van steunvloeistof vanop de bodem van de sleuf d.m.v. :
- pomp op de bodem
- airlift
- zuigpomp

= aandachtspunt
→ de pomp of ophaalbuis moet over de volledige lengte van de sleuf (= ook tegen de voegen) verplaatst worden om er zeker van te zijn dat er op het onderste punt gepompt wordt
→ onderkant van de sleuf is nooit vlak



Ontzanden van de steunvloeistof : ontzanden zelf

= ontzanden van de steunvloeistof door:
- circulatie via een ontzander = tijdrovend proces
  → probleem : de duur van deze operatie is niet op voorhand gekend
- door vervanging van de steunvloeistof
  → gevaar voor vermenging tijdens inbrengen verse specie is beperkt

= controle van het zandgehalte
→ normaal in de bentonietcentrale op de specie die onderaan de sleuf wordt opgepompt

= bij problemen tijdens de plaatsing van de wapening wordt er best verder gepompt via de betonneerpijp om de steunvloeistof in beweging te houden

Ontzanden van de steunvloeistof : belang

= hoe lager het zandgehalte hoe beter

Misverstand:
Velen denken dat een volledige ontzanding alleen belangrijk is voor het puntdraagvermogen

→ de mate waarin de steunvloeistof zal vervangen worden door het vloeibaar beton wordt ook bepaald door de graad van ontzanding
→ in geval van problemen met het plaatsen van de wapening en het betonneren zijn de risico's geringer naarmate het zandgehalte lager is

Ontzanden van de steunvloeistof :

EN 1538 Diaphragm walls
= zandgehalte voor betonneren < 4%

→ de toegelaten waarde van 4% is een MAX. waarde
→ in België bedraagt de toegelaten waarde meestal 2%, cfr. TUCRAIL
→ hoe hoger het zandgehalte hoe dikker de cake in de voeg

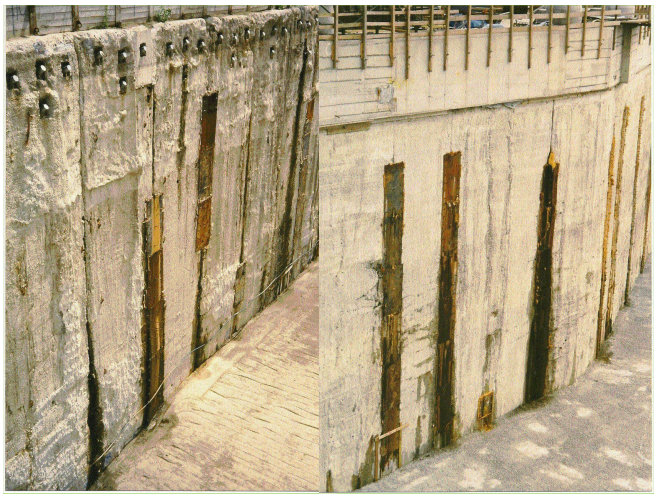
Bij goede ontzanding : nagenoeg geen cake op de voeg
cfr. horizontale zaagsnede



Voeg :

- Algemeen = kunstofstrips
  → geen duidelijkheid i.v.m. invloed aantal en lengte strip
- Opletten met voegbuizen, cfr. problemen Lehrter Bahnhof en Antwerpen





Aanbrengen en recupereren van de voegplank

- Voegplank moet goed aansluiten tegen de grond om te voorkomen dat er beton achter de voegplank kan terechtkomen = omloopbeton
- Aanwezigheid van omloopbeton bemoeilijkt het graven langsheen de voegplank en het recupereren van de voegplank
- Risico op omloopbeton groter bij gronden met weinig cohesie = aanvullingen en zandgronden
- Geen éénduidig verband tussen vastgestelde lekken en problemen met het recupereren van de voegplank

Wapenen : Theorie

- CUR aanbeveling 76 : Rekenregels voor diepwanden.

  Met betrekking tot het te gebruiken betonstaal, de vereiste dekking, minimale wapening en doorsnede, minimale staafafstanden en de detaillering wordt volledig verwezen naar de Europese uitvoeringsnorm omtrent diepwanden EN 1538:2000.

  Interessant is dat volgens de CUR aanbeveling diepwanden belast op buiging met normaalkrachten in bepaalde gevallen onder een bepaalde diepte ongewapend mogen uitgevoerd worden

Wapenen : Theorie

- EN 1538:2000 : Execution of special geotechnical worls – Diaphragm walls .

  - Minimale diameter staven = 12mm met een minimum van 3 staven per meter (afwijking in CUR toegestaan met betrekking tot ongewapende secties!)
  - De horizontale vrije afstand tussen enkele staven of groepen van staven voor de verticale langswapening dient ten minste 100mm te bedragen. Deze afstand mag gereduceerd worden tot 80mm voor zwaar gewapende panelen of in de overlappingzones indien de aggregaten in het beton kleiner zijn dan 20mm

Wapenen : Theorie

- EN 1538:2000 : Execution of special geotechnical worls – Diaphragm walls .

  - De verticale vrije afstand tussen staven voor de horizontale wapening dient te minste 200mm te bedragen. Deze afstand mag gereduceerd worden tot 150mm indien de korrelgrootte van de aggregaten in het beton kleiner zijn dan 20mm.
  - De tussenafstand tussen 2 kooien in hetzelfde paneel dient minstens 200mm te bedragen, de afstand tussen een kooi en een voeg dient minstens 100mm te bedragen.
  - Minimale dekking op betonstaal dient 75mm te bedragen

Wapenen : Praktijk

- De regels omtrent de minimale vrije afstanden tussen de staven en de minimale dekking dienen om een goede beton omstorting rond de staven te garanderen.
- Voornamelijk de eis voor een vrije tussenafstand van 100mm tussen de langswapeningstaven kan in zwaar gewapende secties voor problemen zorgen.
- Doordacht kiezen van de overlappingszones i.f.v momentenlijnen vermijdt al veel problemen.
- Indien noodzakelijk en mogelijk kan verdikken van de diepwand een oplossing bieden.

Wapenen : Praktijk

- Het koppelen van staven in paren biedt mogelijkheid tot grotere wapeningsdensiteit. Bv. voor staven met een diameter van 40mm kan men zo de sectie verhogen met een factor 1,55.
  $[(2PI*20^2mm^2)/(100mm+2*40mm)] / [(PI*20^2mm^2)/(100mm+40mm)]$
- Belangrijk hierbij is wel de scheurwijdte controle correct door te voeren volgens de rekenregels voor gekoppelde staven in de “normale” norm voor gewapend beton (NEN 6720)

Wapenen : Praktijk

- Indien niet anders kan dient men over te gaan op een dubbele laag wapening. Men dient de nodige aandacht te schenken bij het hanteren van de kooien met betrekking tot de excentriciteit van het zwaartepunt van de kooi t.g.v de assymetrische wapening
- Met betrekking tot de vereiste vrije afstand tussen de staven van 2 lagen wordt niets expliciet vermeld. Men kan evenwel dezelfde vrije afstand hanteren als voor de vrije horizontale tussenafstanden tussen de verticale langswapening in de buitenste laag.

Plaatsen van de wapening

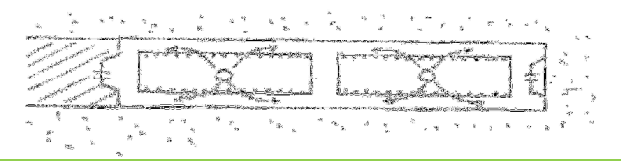
- Wapeningskooien liefst in één stuk
- Koppelen van wapeningskooien op de werf betekent
  → belangrijk tijdsverlies = steunvloeistof dan best in beweging houden
  → minder precieze verbinding van de wapeningsstaven
- Wapening moet altijd op de geleidingsmuren opgehangen worden
- Hulpconstructies zoals koppelboxen zoveel mogelijk vermijden
  → belemmeren de doorstroming van het beton
  → worden in België bijna nooit meer toegepast





Betonneren :

- Betonneerpijp wordt nagenoeg altijd in de wapeningskooi aangebracht
  ⇒ beton moet doorheen de wapening stromen om de sleuf volledig op te vullen
  → is niet altijd evident



Betonneren :

- Van groot belang :
  - zandgehalte steunvloeistof
    → hoe lager het zandgehalte in de sleuf hoe kleiner de risico's
  - vloeibaarheidbeton
    → zo vloeibaar mogelijk, bv. vloeibaarheid S4
  - snelheid betonneren
    → zo snel mogelijk betonneren, bv. min 50m³/u

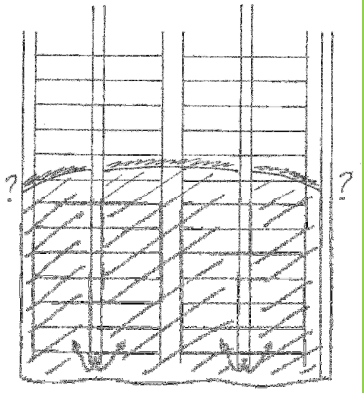
Betonneren :

Stuvo Rapport 94, december 1991 :

Naast de stijging van het betonniveau moet ook de helling van het stortfront voortdurend gepeild worden. De helling dient zo klein mogelijk te zijn om plotselinge insluitingen ten gevolge van afschuivingen te voorkomen. De beperking van de helling zorgt als het ware voor een regelmatige, gelijkmatige opstuwing van de verontreinigingen. Bij sterke hellingen loopt men de kans dat de voegvlakken "afgepleisterd worden" met verontreinigde dikspoeling. Bij zeer brede panelen dient men 2 stortpijpen te gebruiken ter beperking van deze hellingen in het stortfront.

Opmerking :
- i.v.m. helling beton wordt nooit informatie overgemaakt.
- er is nergens duidelijk aangegeven hoe er moet worden omgegaan met onderbrekingen in het betonneerproces
  → vooral kritisch in de zones met veel wapeningen en overlappingen

Betonneren :



Bij herneming moet de volledige betonkolom omhoog gedrukt worden
Anders problemen aan de randen

Vraag:
Welke controles zijn mogelijk ?

Afkappen diepwand :

- Bovenkant :
  = vlak afkapvlak is alleen te verkrijgen wanneer eerst horizontale boringen worden uitgevoerd
- Overdiktes :
  = trillingen bij afkappen overdiktes kunnen een zeer nadelige invloed hebben op de waterdichtheid van de voegen
  → bentonietinsluitingen worden terug vloeibaar
- Algemeen :
  = zoveel mogelijk kernboringen i.p.v. slagboringen



Maatregelen bij vrijgraven diepwand :

- Voorafgaandelijke controle van de doorlatendheid :
  - pompproeven
    → leveren alleen algemene info op i.v.m. gemiddelde doorlatendheid
    → geen info i.v.m. mogelijke anomalieën
  - Texplor = opsporen van anomalieën
    → hoe betrouwbaar ?
- Maatregelen in geval van lekken (en / of) :
  - grondmassief aanbrengen
  - voegen injecteren met aquareactief product
  - stalen platen aanbrengen voor de voeg
  - chemische injectie of jet grouting achter de voeg
  - bouwput onder water zetten

Conclusies :

- Veel onderzoek / proeven door de overheid in de jaren ’60 en ‘70 , weinig daarna
- Weinig onderzoek / controles i.v.m. de invloed van de samenstelling van bentoniet en beton
- I.v.m. de uitvoering van diepwanden is er bij de overheid wellicht veel kennis / ervaring verloren gegaan
  → Is ook zo voor andere technieken, bv. schroefpalen en grondankers
- Belang van ontzanding kan niet overschat worden
- Beter dikte van diepwand verhogen i.p.v. wapening verzwaren, dan worden ook de vervormingen beperkt
- Eisen opgenomen in EN 1538 zijn minimum eisen
- Duidelijker afspraken nodig i.v.m. wie wat beslist en controleert

Conclusies m.b.t. problemen A’dam:

- Diepwanden zijn een wereldwijd op grote schaal toegepaste techniek, waarbij er zich relatief weinig problemen voordoen
  ⇒ het in vraag stellen van de techniek is niet zinvol
  ⇒ er moet wel worden nagegaan hoe de techniek en de controles kunnen verbeterd worden om gelijkaardige problemen te voorkomen