

abt

zwevende bedrijfsvloeren op palen

Ontwerp en uitvoering van voegloze bedrijfsvloeren op een geoptimaliseerde fundering

In het streven om tot een optimaal vloerontwerp te komen wordt door ABT veelvuldig de zwevende paalfundering toegepast. Een kostenbesparing van 5 – 10% is veelal mogelijk. Deze funderingswijze wordt vaak toegepast wanneer de grondslag een fundering op staal niet toestaat, maar een diepgefundeerde paalfundering overbodig lijkt. De paaltjes overbruggen dan de eerste slappe (klei-) lagen en worden relatief ondiep gefundeerd in de "eerste de beste" zandlaag. Afhankelijk van de samendrukbaarheid wordt zelfs een deel van de belasting door de bouwgrond gedragen. Hierbij is het dan vaak mogelijk een economische vloer te ontwerpen die aan de hoogste gebruikseisen voldoet.

Als palen kunnen slanke boor- of prefabpaaltjes worden toegepast, maar in veel gevallen zijn HSP-palen het meest geschikt. De HSP-paal is ontwikkeld om ophogingen zakkingvrij te laten functioneren, maar kan die functie ook voor vloeren uitstekend vervullen. De HSP-palen onder de vloer moeten dus eigenlijk als zakkingbeperkende maatregel worden beschouwd. Daarbij is er geen instortgevaar, omdat er grond onder de vloer aanwezig is.

De HSP-palen hebben een afmeting van $\varnothing 180$ mm. Omdat het draagvermogen relatief laag is en de palen niet doorgaand gewapend worden, zijn deze niet geschikt voor gebouwfunderingen. Omdat er tot wel 3 km paallengte per dag geproduceerd kan worden mag het met recht een Hoge SnelheidsPaal genoemd worden.

Door de vloer op kleine paaltjes te funderen neemt de overspanning af waardoor ook de krachtwerking in de vloer afneemt. Zo kan een dunnere vloer met een hoog wapeningspercentage worden toegepast. De kans op scheurgevoeligheid van de vloer neemt dan sterk af; tevens wordt op deze manier een verbeterde vloeistofdichtheid gerealiseerd.

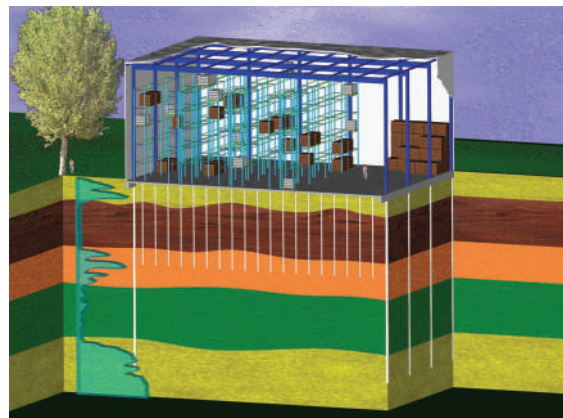
vloerontwerpen

ABT gaat bij het specifiek ontwerpen van bedrijfsvloeren altijd uit van een te bereiken functionaliteit. Daarbij spelen aspecten als rijcomfort, onderhoudsgevoeligheid en draagvermogen een belangrijke rol.

Door vloeren voegloos, als vlakke plaatvloeren in combinatie met traditionele nettenwapening te ontwerpen, kan het draagvermogen vrijwel eindeloos worden verhoogd. De onderhoudsgevoelige en oncomfortabele dilatatievoegen zijn niet aanwezig en de wapening kan eventueel optredende scheurvorming effectief in wijde beropen.

Om economische redenen kan ook voor een staalvezel-vloer worden gekozen. Dan worden de noodzakelijke dilataties zo veel mogelijk onder stellingen of tussen wanden geplaatst. Het voordeel van een staalvezelvloer is dat door de machinale uitvoering tegen relatief lage kosten een zeer vlakke vloer kan worden gerealiseerd.

Ook wanneer er in een magazijn een zeer hoge handling-snelheid gewenst is kan een zwevende vloer supervlak worden uitgevoerd. Middels een goede afwerking, eventueel voorzien van een impregneerlaag, kan de vloer slijtvast en goed reinigbaar functioneren.



figuur 1: schematisch voorbeeld van een vloer met korte palen en een fundering met lange palen.

zwevende bedrijfsvloeren op palen

proefbelasting

Om goed inzicht te krijgen in het bezwijk- en vervormingsgedrag van HSP-palen, is in Zeewolde in samenwerking met ABT en Voorbij Groep een proefbelasting uitgevoerd. Daaruit bleek dat de in het handboek funderingen opgegeven paalfactoren correct zijn en overeenkomen met een geheel systeem. Ook bleek de ongewapende paalschacht bij belastingen tot 500 kN niet te bezwijken.

uitvoering HSP-palen

De HSP-palen worden vervaardigd vanaf een vlakke, goed verdichte puinbaan, die later als werkvloer voor de vloer zal dienen. De paalposities worden met piketten uitgezet. Op de ondergrond wordt een stalen voetdekseltje geplaatst die tevens als afsluiter van de stalen buis dient. De buis wordt trillend in de grond gedrukt, middels een betonpomp gevuld met beton en onder een constante betondruk trillend getrokken. Een paal met een lengte van 10 meter kan in 20 seconden geproduceerd worden. Om eventuele kopbreuk te voorkomen worden staven van $\varnothing 12$ en een lengte van 1,50 meter in de paal gedrukt, zonder steklengte.

De productiestaten die gemaakt worden kunnen achteraf worden beoordeeld als een soort van kalendering. Ook kunnen de palen akoestisch worden doorgemeten om de integriteit van de palen te beoordelen. ABT hanteert voor grote projecten een doormeethoeveelheid van 20% conform de NVN 6724.



figuur 4: HSP-stelling tijdens uitvoering

uitvoering vloer

De uitvoering van de vloer begint met het afwerken van de puingranulaat werkvloer. Vervolgens wordt de eventueel benodigde wapening geplaatst. Dan wordt het beton gestort en uitgevlakt en tenslotte wordt de vloer middels polijsten vlak en slijtvast afgewerkt. Ten aanzien van de werkvloer, de wapening, het betonmengsel en de vloervlakheid zijn reeds flyers opgesteld.



figuur 5: stortwerkzaamheden van een bedrijfsvloer

referenties

Bedrijfsvloeren op HSP-palen zijn al door heel Nederland toegepast met grote variaties in vloerbelastingen en vloertypen. In tabel 1 wordt een greep uit de projecten getoond.

resumé

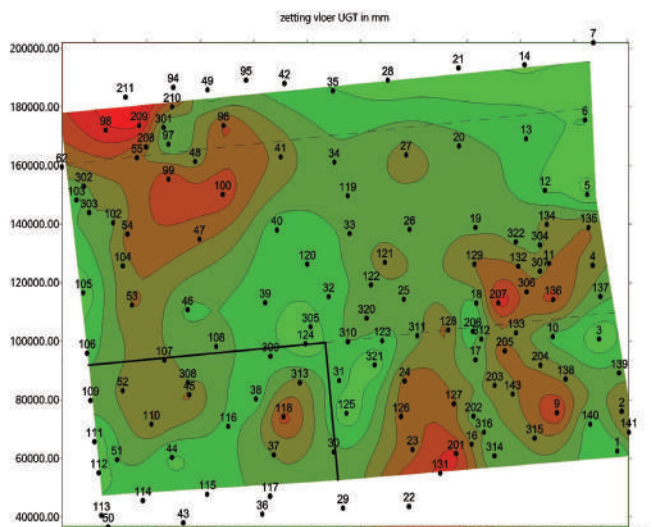
Vloeren op kleine palen bieden veel mogelijkheden. Een hoge vlakheid of slijtvastheid, hoge vloerbelastingen en een voegloze of supervlakke uitvoering; het is allemaal mogelijk. Door optimaal gebruik te maken van de beschikbare ondergrond kan de vloer tevens op een economische wijze worden ontworpen.

Het HSP-paalsysteem is uitermate geschikt om als fundering voor een "zwevende" vloer toe te passen. Het systeem heeft zich al bij vele projecten en proefbelastingen bewezen. Tevens is de kwaliteit achteraf goed te beoordelen.

zwevende bedrijfsvloeren op palen

berekening paal draagvermogen

Het draagvermogen van de HSP-palen kan worden berekend conform de rekenregels volgens de NEN 6744. Als de bouwgrond onder de vloer weg zal zakken als gevolg van een ophoging of bemaling, kunnen de gebruikelijke factoren voor de dimensionering worden gebruikt. Ook kan het draagvermogen conform de norm worden bepaald op basis van het gemiddelde van de sonderingen en een reductie van het draagvermogen met een factor $\xi_t \cdot \gamma_m = 1,67$. Bij individuele sonderingen kan dan een lagere factor $\gamma_m = 1,25$ worden toegepast. Wanneer de bouwgrond niet wegzakt onder de vloer, kan voor de palen zelfs een factor 1,00 of nog lager worden gehanteerd, afhankelijk van de belasting die door de bouwgrond kan worden gedragen. Er is dan sprake van een paalplaat fundering met een "zwevende" vloer.



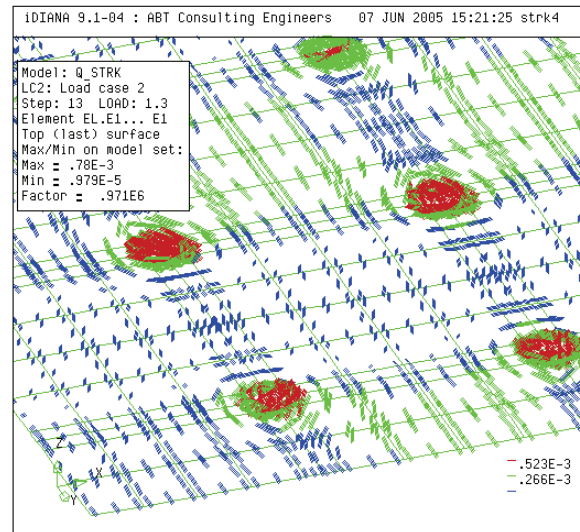
figuur 2: zakkingprognose van een "zwevende" vloer

dimensionering vloer

Wanneer de belasting volledig door de palen wordt gedragen, wordt de vloer gedimensioneerd op basis van de opgegeven veranderlijke vloerbelasting. Daarbij wordt een eigen rekenprogramma gebruikt dat de vloerdikte en wapening bepaalt conform de Voorschriften Betonconstructies (VBC).

Bij staalvezelvloeren op palen wordt er tevens een 3D eindige elementenberekening uitgevoerd om de optimale afmetingen van de kopwapening boven de palen te bepalen. Ook kan de komende CUR aanbeveling 98 vanuit de VC82 gebruikt worden.

Indien de vloer deels door palen en deels door de ondergrond wordt gedragen wordt de krachtwerking in de vloer in een eindige elementen berekening bepaald. Daarbij wordt dan rekening gehouden met de veerijftheden van de vloer, de palen én de bouwgrond. De vloerdimensies worden dan wederom conform de VBC bepaald.



figuur 3: 3D-berekening van de krachtwerking in een vloer op palen

rekenwaarde vloer- en fundatiebelasting

Bij het ontwerp van een vloer wordt altijd uitgegaan van de maximale vloerbelasting. In het geval van een stellingen magazijn betekent dit dat, over een groot oppervlak, de stellingen volledig gevuld moeten zijn met maximaal beladen pallets én dat de gangpaden vol staan. Deze situatie komt in de praktijk nooit voor, de kans dat deze belasting met een factor 1,3 wordt overschreden is uitgesloten. Door logistiek adviseurs wordt veelal uitgegaan van een vullingsgraad van 80%. De palen worden dus op iets meer dan de maximale gebruiksbelasting ($0,80 \times 1,3 = 1,04$) gedimensioneerd. Let wel; de palen worden altijd op de lange duur uitgerekend. Een kortstondige overschrijding is niet relevant.

maximale paalbelasting

Door Voorbij wordt in haar HSP-brochures een belasting tot 200 kN opgegeven. ABT hanteert voor vloerontwerpen een maximale belasting die 20% hoger ligt. Reden hiervoor is dat de paal bij een ABT-ontwerp altijd is opgesloten in een puinpakket en zijdelingse belasting dus niet tot paalbreuk kan leiden. Bij een paaldiameter van 180 mm bedraagt de drukspanning in de paal slechts $9,0 \text{ N/mm}^2$ en is deze wezenlijk lager dan de sterkte van het beton (C20/27). Tevens wordt er geen steeklengte toegepast waardoor horizontaalkrachten of excentriciteit dus niet op kan treden.

zwevende bedrijfsvloeren op palen

| project | plaats | vloerbelasting | oppervlak | vloertype |
|------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|--|
| Wereldhave | Alphen a/d Rijn | 50 kN/m ² | 14.000 m ² | staalvezelvloer |
| Vriesveen | Waalwijk | 70 kN/m ² | 4.500 m ² | dubbele vriesvloer |
| VNK | Biddinghuizen | 20 kN/m ² | 7.000 m ² | traditioneel gewapend |
| DHL | Tiel | 40 kN/m ² | 20.000 m ² | staalvezel met kopnet |
| Eupendis | Zeewolde | 35 kN/m ² | 3.250 m ² | traditioneel gewapend |
| Van Helden | Tiel | 25 kN/m ² | 13.000 m ² | traditioneel gewapend supervlak |
| Milder | Heteren | 5 / 20 kN/m ² | 2.750 m ² | traditioneel gewapend |
| Hays | Raamsdonksveer | 25 / 50 kN/m ² | 30.000 m ² | traditioneel gewapend deels op staal/ supervlak |
| Morcon | Moerdijk | 40 kN/m ² | 30.000 m ² | zwevende vloer traditioneel gewapend |
| Kruidvat | Heteren | 30 kN/m ² | 28.000 m ² | traditioneel gewapend supervlak |

tabel 1: referentieprojecten

ABT bv
Arnhemsestraatweg 358, Velp
postbus 82, 6800 AB Arnhem
telefoon +31 (0)26 368 31 11

Delftechpark 12, Delft
postbus 458, 2600 AL Delft
telefoon +31 (0)15 270 36 11

Kammenstraat 18
2000 Antwerpen
telefoon +32 (0)3 205 37 11

Meer informatie? Neem dan contact op met
adviesgroep civiele techniek
telefoon +31 (0)26 368 35 00
e-mail m.grob@abt.eu
internet www.vloerenadvies.eu

Website www.abt.eu

Artikelen mogen met bronvermelding worden
overgenomen, na toestemming van ABT.