

Pluspaal; de nieuwe lichte prefab heipaal

Prof.dr.ir. D.A. Hordijk,
Adviesbureau ir J.G. Hageman B.V.
Ing. O.H.J. de Kok en ing. G.J. Klösters,
Beton Son B.V.

Een algemeen en logisch streven is om in constructieve elementen alleen daar materiaal toe te passen waar het een constructieve of andere functie heeft. Dit is ook de basisgedachte achter vele ontwikkelingen op betongebied in de afgelopen decennia. Eén van de oudste en wellicht ook het bekendste voorbeeld hiervan is ongetwijfeld de kanaalplaatvloer. In dit licht bezien, is het eigenlijk vreemd dat heipalen nog steeds massief worden uitgevoerd. Daar komt nu echter verandering in. Betonson heeft een prefab betonnen heipaal met een materiaalbesparend, en daarmee gewichtbesparend, element ontwikkeld en uitvoerig getest. Adviesbureau Hageman was hierbij als adviseur betrokken. Dit artikel gaat in op de voordelen van de pluspaal en de onderzoeken en proefprojecten die het goed functioneren van de heipaal aantonen.

Algemeen

Een bijzonder kenmerk van de geprefabriceerde heipaal is dat voor de dimensionering ervan niet de eindsituatie van de paal in de grond bepalend is (zie kader), maar alles wat gedaan moet worden om deze op die plaats te krijgen.

Het volgende voorbeeld is illustratief voor de overdimensionering van heipalen in de eindsituatie:

Uit een funderingsadvies voor een project te Vianen; prefab heipaal paal vierkant 250 mm lengte 11,00 m'. De maximale rekenwaarden van de belasting uit de bovenconstructie, opgegeven door de hoofdconstructeur:

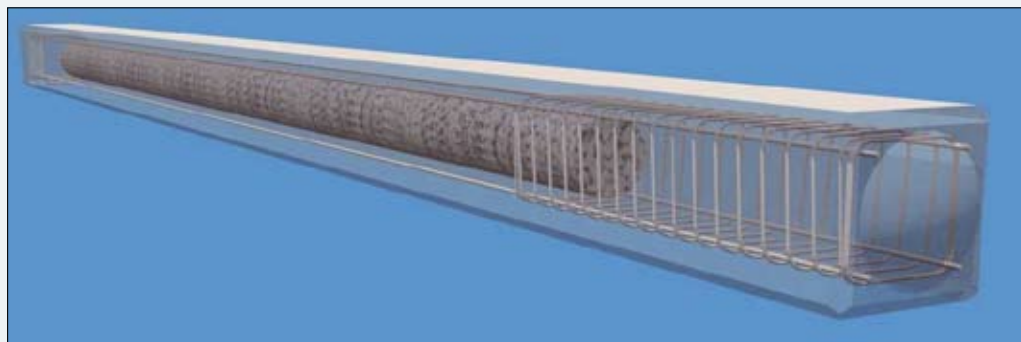
$F_{s,d} = 500 \text{ kN}$.

De capaciteit van de centrisc belaste paal:

$N'_{d,max} = 1.861 \text{ kN}$ (ruim 3 maal $F_{s,d}$)

Rekenwaarde maximale draagkracht door de grondslag: $F_{r,netto} = 575 \text{ kN}$

Zo treden er bij hijsen en transport buigende momenten op waaraan weerstand geboden moet worden en zijn het tijdens heien met name de belastinginleiding vanuit het heiblok en de trekgolven in de paal die tot schade kun-



↑ **Figuur 1** De pluspaal

nen leiden. Deze algemeen bekende verschijnselen speelden een cruciale rol bij het zoeken naar de mogelijkheden voor materiaalbesparing bij de geprefabriceerde betonnen heipalen.

Vergelijkbaar met de manier waarop materiaalbesparing bij bijvoorbeeld vloerelementen wordt gerealiseerd, lag het direct voor de hand om ook bij de heipaal daarvoor naar het binnenste van de heipaal te kijken. Echter, voor de krachtsinleiding aan zowel de bovenzijde, waar het heiblok grote dynamische belastingen uitoefent, als aan de onderzijde, waar via de puntweerstand draagkracht wordt verkregen, is het wenselijk om daar een massieve doorsnede te hebben. Met deze gegevens als uitgangspunt was het duidelijk dat een materiaalbesparend element, zoals in *figuur 1* is te zien, de oplossing zou moeten zijn.

Betonson heeft dit idee uitgewerkt tot een heipaal, die economisch geproduceerd kan worden, aan alle daaraan te stellen eisen voldoet en goed de grond in geheid kan worden. Vanwege de voordelen van deze heipaal heeft Betonson er de naam pluspaal aan gegeven.

Bekend is dat ook door anderen al is gekeken naar mogelijkheden voor materiaalbesparing bij betonnen heipalen. De huidige praktijk echter is dat nog steeds vrijwel alleen massieve heipalen worden toegepast. Overigens moet worden opgemerkt dat bij heipalen met een verzwaarde punt eigenlijk ook sprake is van materiaalbesparing. Daarbij is aan de buitenzijde van de paal materiaal bespaard, waar dat bij de pluspaal aan de binnenzijde het geval is. Een belangrijk voordeel hiervan is dat de palen eenvoudig in het gebruikelijk productieproces van het Pauge baan systeem vervaardigd kunnen worden. Door de buitenafmetingen niet te wijzigen verandert er in de draagkracht, waar-

bij puntweerstand en schachtwrijving een rol spelen, ook namelijk helemaal niets.

Pluspaal

Het principe van de pluspaal is in *figuur 1* al getoond. Het uitsparen van beton in het middengedeelte van de heipaal is alleen mogelijk door ter plaatse vooraf een opvulling in de mal aan te brengen. Daarvoor wordt gerecycled EPS gebruikt waarbij gekozen is voor een cirkelvormige doorsnede. Het tijdens de productie en het verharden van het toegepaste zelfverdichtende beton op de juiste plaats houden van het EPS was een punt van aandacht. In het ontwikkeltraject zijn hiervoor diverse methoden onderzocht, waarbij de effectiviteit is vastgesteld door het beoordelen van de doorgezaagde palen.

Door de EPS consequent op positie te houden kan worden gegarandeerd dat de schil over de lengte van de paal nagenoeg niet in dikte varieert. Op de voorspanstrengen, die zich alleen in deze schil bevinden, wordt dezelfde dekking aangehouden als bij een massieve paal. De dekking naar buiten toe voldoet aan het gestelde in de BRL 2352 evenals de dekking op de strengen naar de EPS-vulling.



↑ **Foto 1** Gezaagde paal

Voor de lengte van het massieve deel van de heipaal wordt als uitgangspunt aan de voet tweemaal de diameter (breedte-afmeting) en aan de kop driemaal de diameter aangehouden. De lengte aan de van de kop dient tevens minimaal gelijk te zijn aan 600 mm. Betonson kan de pluspaal leveren voor het gehele assortiment van paalafmetingen.

Plussen

Ten opzichte van de massieve heipalen hebben de pluspalen een aantal duidelijke voordelen ('plussen'), die direct verband houden met een geringer gebruik van beton en het lichtere gewicht van de palen. Hoewel de aandacht voor de milieutechnische aspecten van het bouwen iets minder in de belangstelling lijken te staan dan tien jaar terug, blijft onze zorg voor het milieu natuurlijk uiterst belangrijk. In dat kader levert een reductie in het gebruik van eindige grondstoffen een belangrijke bijdrage. Afhankelijk van de afmetingen van de paal is er bij de pluspaal sprake van een reductie in materiaalgebruik, die varieert van ongeveer 20% bij kleine paalafmetingen tot ongeveer 35% bij grote paalafmetingen. De reductie in betonverbruik is vanzelfsprekend direct gekoppeld aan reductie in gebruik van de samenstellende delen, zoals toeslagmateriaal en cement. Het geringere cementverbruik betekent ook een reductie in CO₂-uitstoot. Maar door het geringere gewicht levert de pluspaal ook winst als het gaat om CO₂-uitstoot door transport. Ten opzichte van de massieve palen kunnen per vracht meer heipalen worden vervoerd. De omzetting van de gehele massieve heipalenmarkt naar pluspalen betekent een potentiële besparing van 3.000.000 transport kilometers per jaar.

Naast de voordelen ten aanzien van milieutechnische aspecten en meer palen per vracht levert de pluspaal ook voordelen op diverse punten in de uitvoering. Met name geldt voor de grotere paalafmetingen dat in een aantal situaties de pluspaal nog met de 'zelfflosser' (begrenzing op 6 ton gewicht) gelost kan worden, daar waar dat bij de massieve paal niet meer mogelijk is. Het geringere gewicht heeft ook voordelen bij het in de stelling hijsen van de palen. Ook nu geldt dat bij bepaalde afmetingen nog op de eenvoudige wijze met een 'enkele strop' gewerkt kan worden, terwijl in het geval van een massieve paal het noodzakelijk is om de relatief meer arbeidsintensieve 'broek' toe te passen. Kortom, de pluspaal kan om verschillende redenen resulteren in een hogere verwerkingssnelheid.



↑ Foto 2 Het heiproces

Tot slot kan nog worden gewezen op het heien zelf. In het ontwikkeltraject zijn inmiddels bijna 100 pluspalen geheid door verschillende heiploegen in verschillende grondslagen. De ervaringen die hiermee zijn opgedaan, lijken er voorsnug op te wijzen dat de pluspalen ten opzichte van massieve palen makkelijker te heien zijn.

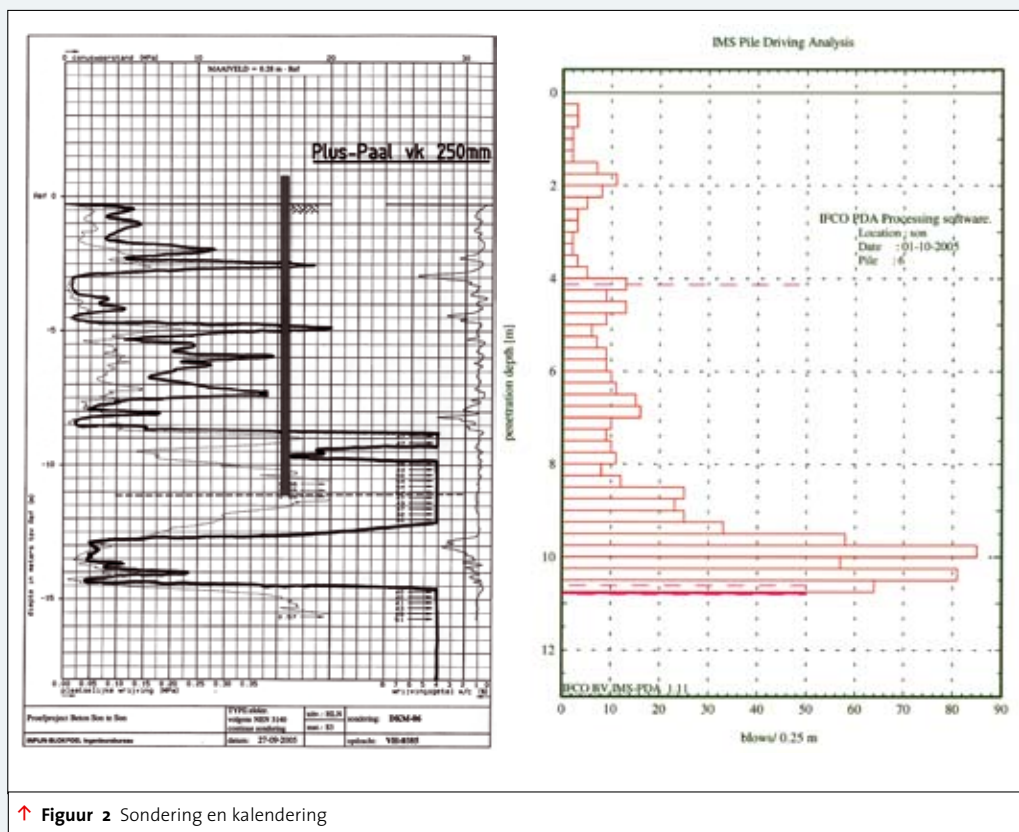


↑ Foto 3 Hijsen met een enkele strop

Samengevat kan worden gesteld dat de pluspaal ten opzichte van de massieve paal diverse milieutechnische en uitvoeringstechnische voordelen biedt. Hierdoor zijn door de toepassing van de pluspaal tijd- en kostenbesparingen mogelijk.



↑ Foto 4 Meetapparatuur



Onderzoek

Doordat het gewicht van de heipaal over de lengte niet meer constant is, zijn de momenten in de paal bij transport en hijsen enigszins anders dan bij de massieve paal. Hiermee is eenvoudig rekening te houden en dit levert verder geen enkel probleem op. Hoe de pluspaal

zich zou gedragen tijdens het heien was minder goed te voorspellen. De vraag speelde of er ter plaatse van de overgang van het massieve betongedeelte naar het gedeelte met de EPS-vulling problemen op zouden kunnen treden als de drukgolven en met name de trekgolven door de paal lopen. Op basis van de spannings-

leer mag worden verwacht dat ter plaatse van deze discontinuïteit spanningsconcentraties op zullen treden, maar of die tot scheurvorming zullen leiden is moeilijk theoretisch te voorspellen. Om die reden was er voor gekozen proefondervindelijk in de praktijk te toetsen of de pluspaal het heiproces goed doorstaat.

Het in de praktijk toetsen van de pluspaal betekende dat bij een aantal verschillende projecten met duidelijk verschillende en ook 'moeilijke' grondcondities pluspalen met uiteenlopende lengtes en diameters zijn geslagen. Daarbij zijn bij diverse pluspalen de heiomstandigheden bewust verzwaard, door bijvoorbeeld met veel meer energie te heien dan gebruikelijk of het zwaar door blijven heien in geval dat de paal in een vaste laag bijna niet meer verder te heien was. Tijdens het heien zijn diverse metingen verricht, middels rekstrookjes, versnellingsmeters c.q. kalenderen en trillingsmetingen.

In *figuur 2* is een sondering te zien van een plaats waar pluspalen zijn geheid. Zoals te zien is, betrof het hier ook omstandigheden waarbij door een vaste laag heen moest worden geheid, zodat belangrijke trekgolven in de paal optraden. Ten tijde van het schrijven van dit artikel waren in vijf verschillende gemeenten pluspalen geheid. Omdat de Gemeente Almere bekend staat als een plaats waar zeer wisselende en ongunstige grondgesteldheden voorkomen, maakte deze daar natuurlijk ook deel van uit. In de verschillende proefprojecten konden de pluspalen probleemloos in de grond worden geheid en ook verzwaarde heiomstandigheden leidden niet tot problemen. Het in de grond kunnen heien van de palen alleen is echter nog geen garantie dat zich in de paal geen scheurvorming heeft voorgedaan. Om daar meer duidelijkheid over te krijgen zijn de volgende controles uitgevoerd. In de eerste plaats zijn de pluspalen in een aantal gevallen bloot gegraven tot het niveau van de overgang in de betondoorsnede aan de bovenzijde. Bij deze palen was aan de buitenzijde geen enkele indicatie van scheurvorming waarneembaar. Daarnaast is in een aantal palen een meetdraad ingestort. Ook hierbij wees doormeten van de paal na het heien er niet op dat de paal gescheurd was. Tenslotte zijn ook ultrasone metingen ('hamertjetik-methode') uitgevoerd. Ook die resultaten wijzen er op dat er geen scheurvorming is opgetreden in de pluspalen.

Geconcludeerd kan worden dat alle uitgevoerde praktijkproeven hebben laten zien dat de pluspalen zonder problemen geheid kunnen worden.



↑ **Foto 5** Koppen snellen

Koppensnellen

Hoewel op hoogte heien tegenwoordig over het algemeen zeer goed mogelijk is, kan het nog altijd voorkomen dat een paal niet op diepte te krijgen is. Wat betekent dit voor de pluspaal? Allereerst verandert er ten opzichte van massieve palen niets, zolang er na koppensnellen een massief gedeelte met een lengte groter dan de diameter en minimaal 300 mm overblijft. Dit wordt als praktische richtlijn gehanteerd. Als de paal tot buiten het massieve gedeelte gesneld moet worden dan verdient het de voorkeur dit middels knippen uit te voeren. Hoewel in dit geval de aansluiting met de fundering in principe nog steeds op de gebruikelijke wijze kan worden uitgevoerd, verdient het wel aanbeveling om dit met de constructeur kort te sluiten.

Certificering en rekensoftware

Betonson heeft KIWA gevraagd om de pluspaal te certificeren volgens BRL 2352. Vanwege de specifieke toepassing van een gewichtbesparend vulelement, was het nodig een wijzigingsblad in de BRL 2352 (zie kader) op te nemen. Het College van Deskundigen heeft de pluspaal op diverse aspecten beoordeeld en heeft ook de

3.4 Aanvullende producteisen voor beton-nen heipalen met gewicht - en betonsparende elementen**3.4.1 Beton- en gewichtsparende elementen**

De beton- en gewichtsparende elementen zijn vervaardigd van EPS kwaliteit ... conform BRL 1306.

Toleranties

Voor de lengte, breedte en hoogte van de elementen geldt een tolerantie van +/- 3 mm.

3.4.2 Aanbrengen van de beton- en gewichtsparende elementen

De beton- en gewichtsparende elementen dienen door middel van afstandhouders in de mal te worden aangebracht, op een dusdanige wijze dat de positie tijdens en direct na het storten van het beton gewaarborgd is.

Toleranties

Voor de betonnen heipalen met de beton-gewichtsparende elementen gelden de volgende toleranties:

- Dikte betonschil: +/- ... mm.

uitvoering bijgewoond. Inmiddels is de pluspaal zover gecertificeerd dat alleen het productieproces nog moet worden getoetst.

Voor de berekening van de pluspaal is door Adviesbureau Hageman een aanvulling op het goedgekeurde TS-Prepal programma geschreven, dat vervolgens ook weer ter goedkeuring zal worden aangeboden.

Tot besluit

De pluspaal van Betonson is een ontwikkeling die geheel past in de lijn van materiaalbesparing die we al vele decennia kennen en eigenlijk is het vreemd dat deze nu pas op de markt komt. De pluspalen zijn ten aanzien van productie en verwerking inmiddels voldoende getest. De ervaringen met deze paal zijn zeer positief.

'VANAF NU FUNDEERT U EEN STUK SNELLER EN KOSTENEFFICIËNTER.'

Pluspaal: de lichte paal met het sterke verhaal.

Met de nieuwe Pluspaal van Betonson zijn enorme tijd- en kostenbesparingen mogelijk in het heipproces. En ook het milieu is er beter mee af. Sterk verhaal? Absoluut. Want de Pluspaal is gewoon sterker, duurzamer, lichter en beter voor het milieu. Met alle evidente voordelen die daar bij horen. Zo laat de Pluspaal zich makkelijker vervoeren (meer palen per transport), eenvoudiger lossen en sneller en energiezuiniger verwerken. Terwijl het lage gewicht ook nog eens een hogere belasting mogelijk maakt. Al met al een ijzersterk verhaal, al zeggen we het zelf. Bel 0499 - 486 486 of e-mail naar: info@betonson.com. Of kijk op www.betonson.com



Betrokken Betrouwbaar **BETONSON**

ONDERDEEL VAN NIEUWPOORT GROEP

