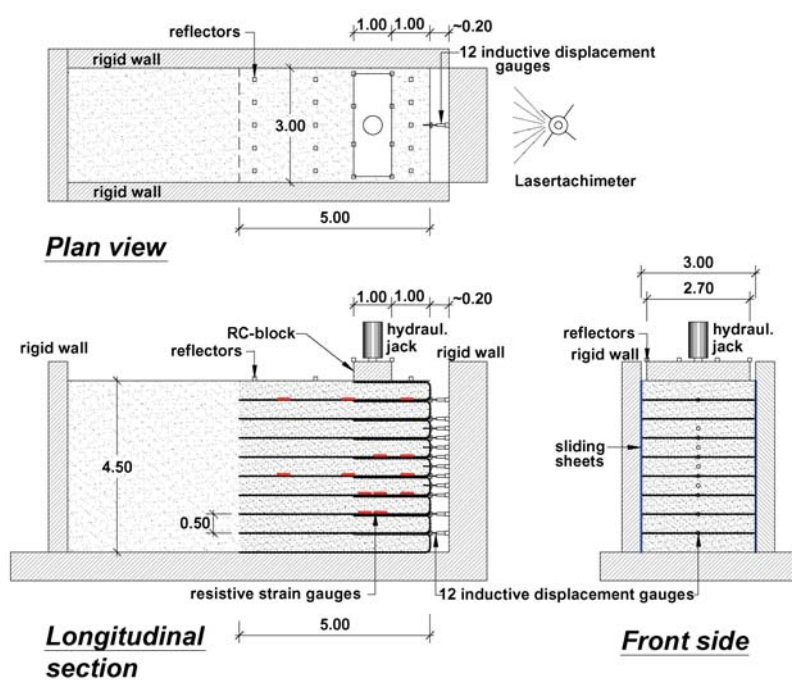


Hoog gefundeerde landhoofden op gewapende grond

Ing. Constant Brok
HUESKER Synthetic GmbH



Dr. Dimiter Alexiew
HUESKER Synthetic GmbH



Figuur 1 – Schematische proefopstelling Nürnberg.



Foto 1 – Overzicht proefopstelling.

Proefopstelling Nürnberg

Om beter inzicht te krijgen in belastingen en vervormingen van een hoog gefundeerd landhoofd op gewapende grond is in 2006 bij LGA Nürnberg in Duitsland een 1 op 1 test uitgevoerd. Er werd een 4,5 m hoge 90° gewapende grondwand opgebouwd in lagen van 0,5 m. Deze hoogte is representatief voor de meeste kunstwerken. Op 1 m uit de rand werd een 1 m brede funderingsbalk geplaatst en deze werd door een hydraulische vijzel in diverse belastingtrappen doorbelast tot maximaal 650 kN/m². Gedurende de belasting werden zowel de zettingen onder de funderingsbalk als de horizontale vervormingen van de wand gemeten. Figuur 1 en foto 1 geven de proefopstelling weer. De meetgegevens van 2 testen zijn weergegeven in figuur 2 en 3. Figuur 2 geeft de gemeten zettingen van de funderingsbalk weer en figuur 3 geeft

de horizontale vervormingen van de wand weer. Uit deze testresultaten blijkt dat tot een belasting van ca. 300 kN/m² zowel de zettingen als de horizontale vervormingen binnen de gewenste waarden blijven voor een hoog gefundeerd landhoofd op gewapende grond, namelijk rond de 10 mm. Bij een belasting van 650 kN/m² is gestopt, omdat er een doorgaande vervorming ontstond wat ook een vorm van bezwijken betekent. Voor een uitgebreidere beschrijving van deze proefopstelling verwijzen we naar referentie (1).

Voor deze testresultaten werd uitgegaan van een representatieve waarde van de belasting vanuit de funderingsbalk van maximaal 200 kN/m². Dit werd algemeen aangehouden als veilige waarde. Een onderbouwing van een hogere waarde was er niet. Uit deze test bleek dat deze waarde verhoogd

mag worden naar 300 kN/m² waardoor de optie van een hoog gefundeerd landhoofd aantrekkelijker wordt voor toepassing.

Voorspelling horizontale vervormingen

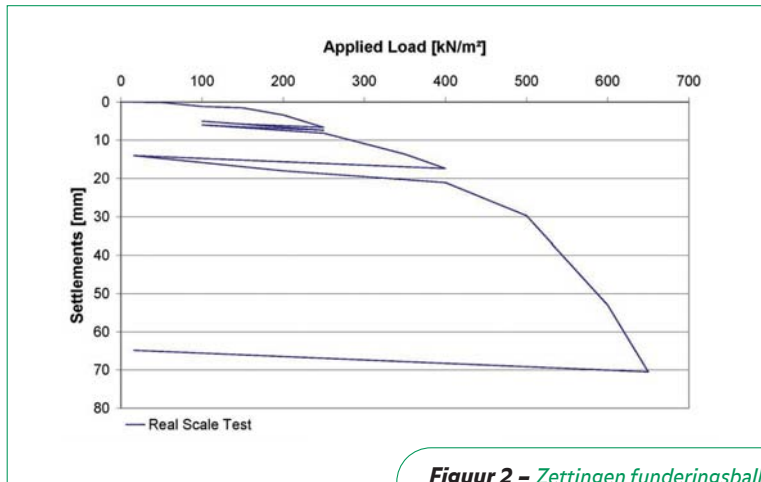
Omdat vervorming van een hoog gefundeerd landhoofd consequenties heeft voor onder andere de oplegging van de liggers en de voegovergangen, leeft de wens om al in de ontwerpfase een goede inschatting te kunnen geven van deze vervormingen. De meest geëigende methode hiervoor zou Plaxis zijn. De ervaring met Plaxis voor wat verticale vervormingen betreft zijn goed, echter de ervaringen met horizontale vervormingen zijn beperkt en wisselend. De meetgegevens van de test uit LGA Nürnberg zijn vergeleken met de Plaxis berekeningen.

In 2007 is door Huesker met wisselend succes uit-

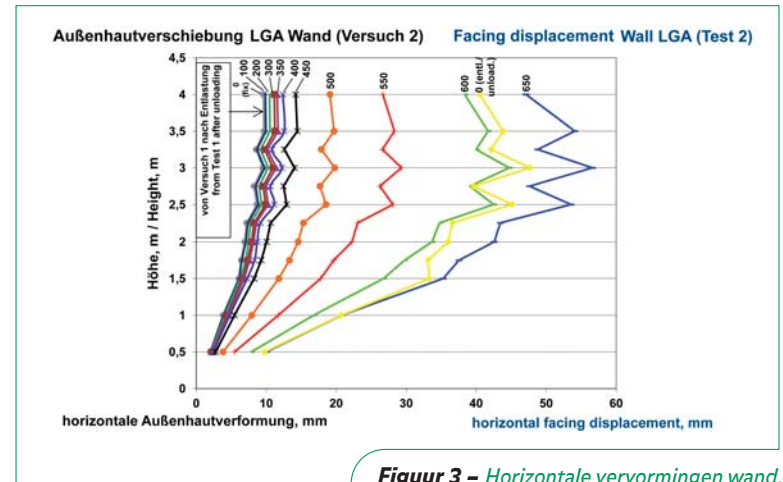
Samenvatting

Gewapende grond als kerende constructie is in de loop van de jaren een geaccepteerde techniek geworden en wordt momenteel in Nederland veelvuldig toegepast. Een gewapende grondconstructie direct belast door een landhoofd roept bij de aannemers nog vele vraagtekens op. Een hoog gefundeerd landhoofd oefent namelijk een hoge geconcentreerde belasting uit op de gewapende grond waarbij de eisen qua vervormingen zeer streng zijn. Om een beter beeld te krijgen van

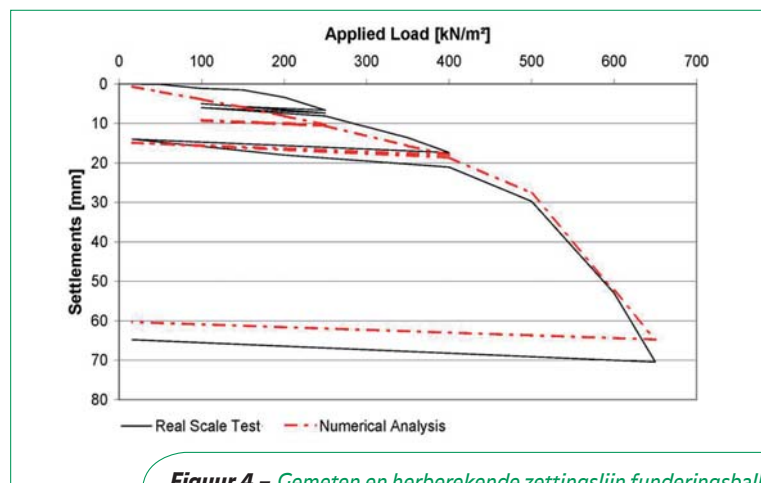
het systeem en om vertrouwen te krijgen in deze toepassing is in 2006 een 1 op 1 test uitgevoerd bij LGA Nürnberg in Duitsland. Aan de hand van deze resultaten zijn in Nederland diverse projecten uitgevoerd. Vanwege de strenge vervormingseisen groeide de behoefte om vooraf met Plaxis een voorspelling te kunnen maken over deze vervormingen. De resultaten van de 1 op 1 test zijn gebruikt om deze met Plaxis na te rekenen, waaruit is gebleken dat er nog een lange weg te gaan is.



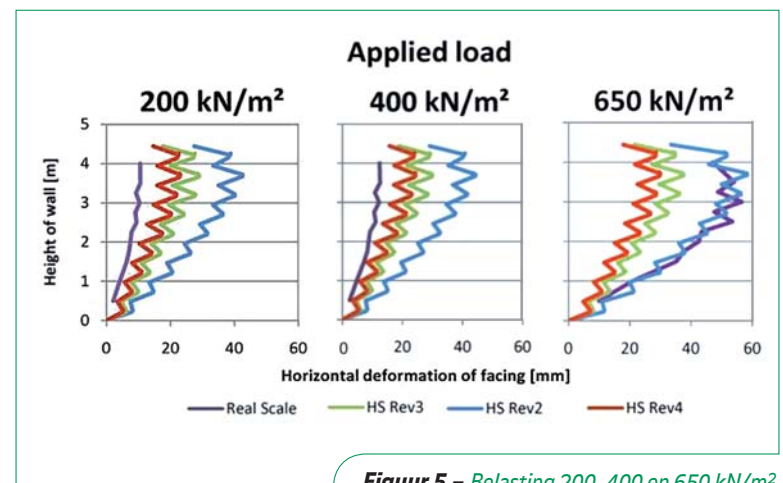
Figuur 2 - Zettingen funderingsbalk.



Figuur 3 - Horizontale vervormingen wand.



Figuur 4 - Gemeten en herberekende zettingslijn funderingsbalk.



Figuur 5 - Belasting 200, 400 en 650 kN/m².

gebreed geprobeerd om met de bestaande software (zowel analytisch als met FEM) de meetgegevens te reproduceren. Voor een meer gedetailleerde beschrijving hiervan verwijzen wij naar referentie (2).

Met Plaxis (Hardening Soil Model = HS) was de zettingslijn van de funderingsbalk goed reproduceerbaar na een uitgebreide variatie in de grond- en geogrid parameters. Figuur 4 geeft zowel de gemeten als de herberekende zettingslijn weer. Met Plaxis HS zijn de horizontale vervormingen van de wand nagerekend. Daarbij is eerst de stijfheid van het geogrid aangehouden zoals deze in het laboratorium is bepaald (HS Rev2) en daarna is

deze 2x (HS Rev3) en zelfs 3x (HS Rev4) verhoogd. Reden voor deze verhoging is dat de stijfheid die is bepaald in het laboratorium in de "lucht" anders zal zijn dan in werkelijkheid in interactie met de grond. Figuur 5 geeft de vervormingen van de wand weer bij verschillende belastingen.

Gemeten en berekende vervormingen van de wand

Uit figuur 5 blijkt dat bij een opneembare belasting van bijvoorbeeld 200 kN/m² de berekende horizontale vervormingen 2 tot 4 maal groter zijn dan de werkelijk gemeten vervormingen. Dit verschil kan in een voortraject vaak bepalend zijn voor de keuze wel of niet een hoog gefundeerd land-

hoofd op gewapende grond te kiezen. Opmerkelijk is dat bij de maximale belasting van 650 kN/m² waarbij de wand doorgaand aan het vervormen is, de berekende vervormingen, uitgaande van stijfheid uit de labproeven voor geogrid, en de gemeten vervorming met elkaar overeen komen.

Duidelijk is dat uitgaande van een funderingsdruk van 100 tot 300 kN/m² berekeningen met Plaxis een te grote horizontale vervorming aangeven in vergelijking met de werkelijk optredende vervormingen.

Praktijk in Nederland

Huesker heeft gebruik gemaakt van figuur 3 om in de markt de nodige hoog gefundeerde landhoof-



Foto 2 – Tijdelijke Fietsbrug Oss.



Foto 3 – Ecoduct A50 Kabeljauw.



Foto 4 – Hulpbrug KW II.

den te kunnen bouwen. Dat heeft in de periode 2007 tot nu in een twaalftal kunstwerken geresulteerd, zowel voor tijdelijke als voor definitieve situaties. Deze kunstwerken waren zowel licht belaste (100 tot 150 kN/m²) als zwaar belaste (250 tot 350 kN/m²) constructies. Zelfs een tussen-

steunpunt (zie foto 5) is mogelijk.

Enkele voorbeelden zijn:

- 3 Fietsbruggen N302 Oss (foto 2)
- Ecoduct A50 Kabeljauw (foto 3)
- Hulpbrug KW II A2 Urmond (foto 4 en 5)
- KW4A Steilrand A74 Venlo (foto 6)

Het bouwen van gewapende grond vergt nauwkeurig grondwerk en zorgen voor een goede verdichting en juiste terugverankering. Ter plaatse van de landhoofden is dit essentieel omdat onnauwkeurig grondwerk kan leiden tot onnodige en zelfs ontoelaatbare vervormingen in de constructie. Steeds meer aannemers zijn in aanraking gekomen met gewapende grond en een enkeling is daarin verder gespecialiseerd zoals bijvoorbeeld Voets Gewapende Grondconstructies. Dit soort kleine aannemers werken als onderaannemer en zorgen voor een kwalitatief goed product, waardoor het succes van hoog gefundeerde landhoofden op gewapende grond verder kan worden uitgebouwd en het vertrouwen in dit systeem toeneemt.

Kunstwerk KW4A Steilrand A74 is uitzonderlijk, omdat het hier gaat om een landhoofd, dat bovenop een ca. 10 m hoge gewapende grondwand staat. Zelfs voor Europese begrippen uniek. Op dit kunstwerk wordt in een volgend artikel teruggekomen.

Conclusies

- Praktijkproeven hebben aangetoond dat hoog gefundeerde landhoofden op gewapende grond onder hoge belasting (max 300 kN/m² representatief) mogelijk is met toelaatbare vervormingen.
- Het voorspellen van deze vervormingen in de voorfase leidt met de huidige software tot 2 tot 4 maal zo hoge waarden dan die in werkelijkheid optreden. Hier is nog een ontwikkeling te gaan om ook in de voorfase een juiste afweging te kunnen maken.
- De praktijk in Nederland heeft al geleid tot een aantal kunstwerken op hoog gefundeerde land-



Foto 5 – Tussensteunpunt hulpbrug kw II.



Foto 6 – KW4A Steilrand A74.

hoofden welke al een bepaald vertrouwen in de markt hebben gegeven. Het ontstaan van gespecialiseerde bedrijven is daarbij een positieve prikkel om kwaliteit te leveren wat juist vanuit het beperken van de vervormingen in de constructie gewenst is.

Referenties

[1] Alexiew, D. (2007): *Ultimate bearing capacity tests on an experimental geogrid-reinforced vertical bridge abutment without stiffening facing*, New Horizons in Earth Reinforcement, IS Kyushu'07, Kyushu, Japan, November 2007.

[2] Alexiew, D., Detert, O.: *Analytical and numerical analyses of a real scaled geogrid reinforced bridge abutment loading test*, EuroGeo 4, 7-10 Sept. 2008, Edinburgh, UK. ■



infrastructuur
geogrid



afdichting en
installatie



www.prosekunststoffen.nl