Memo

ONDERWERP
View II - Pons analyse diepe kleilagen

PROJECTNUMMER
30069252

DATUM
15 juni 2022

ONZE REFERENTIE
D10055716:19

VAN
[redacted]

AAN
[redacted] Mos Grondmechanica BV

KOPIE AAN
[redacted]; [redacted]

Inleiding

In voorliggende memo is een ponsanalyse uitgevoerd voor de View II. De funderingspalen van de View II zijn beoogd in een draagkrachtige zandlaag, waaronder enkele kleilagen aanwezig zijn. Indien de sterkte van deze kleilagen onvoldoende is, kan de zandlaag doorponsen in deze slappere lagen met een ongecontroleerde zetting van de View II tot gevolg. Op basis van beschikbare 3D Plaxis modellen van de View II, is een analyse uitgevoerd om de veiligheid van het bezwijkmechanisme doorponsen inzichtelijk te maken conform de NEN9997-1+C2:2017, zie Figuur 1.

1.5.2.104
doorponsen
bezwijkmechanisme waarbij in een gelaagde grondopbouw een tussenlaag met lagere sterkteparameters maatgevend is bij de berekening van de maximumdraagkracht

Figuur 1 Snip uit NEN9997-1 – definitie doorponsen.

Referenties

[Ref 1] Arcadis, The View II Rotterdam – Plaxis 3D zettingsanalyse The View II, definitief, 9 september 2020.

Aanpak

Doorponsen van een individuele paal is niet beschouwd, omdat de funderingspalen via een stijve funderingsplaat met elkaar verbonden zijn en omdat in de rekenmethode van de NEN9997-1 met het afsnuiten van de conusweerstanden onder de paalpunt met pons rekening is gehouden.

In deze memo zal daarom voor doorponsen de analogie worden opgezocht met een fundering op staal. Conform NEN9997-1 is een numerieke methode geschikt om de stabiliteit van pons aan te tonen en mag getoetst worden volgens algehele stabiliteit, zie Figuur 2.

Conform Tabel A.4a uit de NEN9997-1 is een veiligheidsfactor op de grondsterkte van 2,0 gevraagd in ongedraineerde toestand en in gedraineerde toestand geldt een factor 1,3 op de hoek van inwendige wrijving, φ, en van 1,6 op cohesie, c. De belastingfactor is 1,0 op permanente belasting en 1,1 op variabele belasting. De fundering zal voldoen op doorponsen op het moment dat de φc-reductie als resultaat een SumMsf heeft groter dan 1,6 of 2,0.

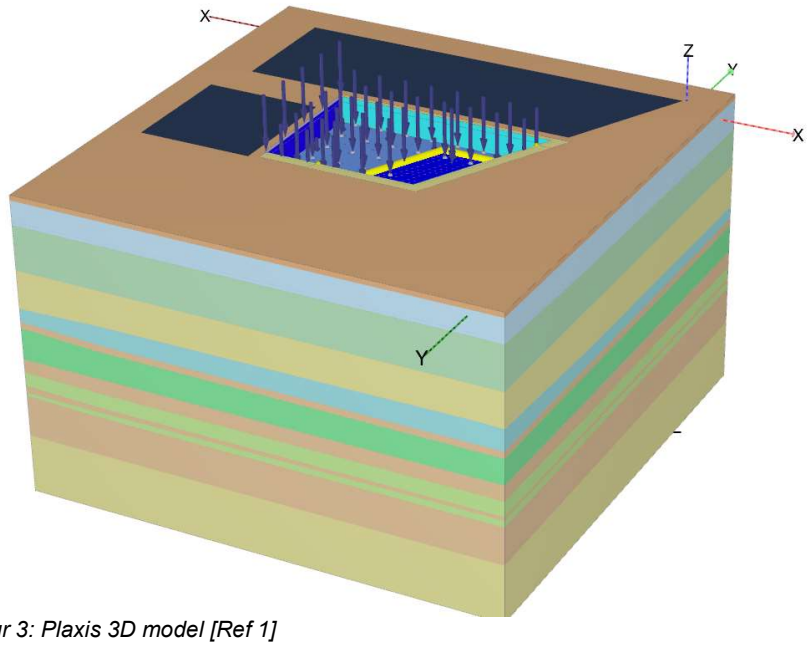
(5) Indien onder een slappe grondlaag een harde grondlaag aanwezig is, mag het draagvermogen zijn berekend met de schuifsterkteparameters van de slappe laag. In het tegenovergestelde geval, behoort te zijn gecontroleerd op weerstand tegen doorponsing.

(6) Analytische methoden zijn vaak niet geschikt voor de ontwerpsituaties volgens 6.5.2.2(3)P, 6.5.2.2(4)P en 6.5.2.2(5). In dat geval behoren numerieke methoden te zijn gebruikt om het meest ongunstige bezwijkmechanisme vast te stellen.

(7) De berekeningen voor de algehele stabiliteit volgens hoofdstuk 11 mogen zijn gebruikt.

Figuur 2 Snip uit NEN9997-1 – 6.5.2.2 Analyse fundering op staal.

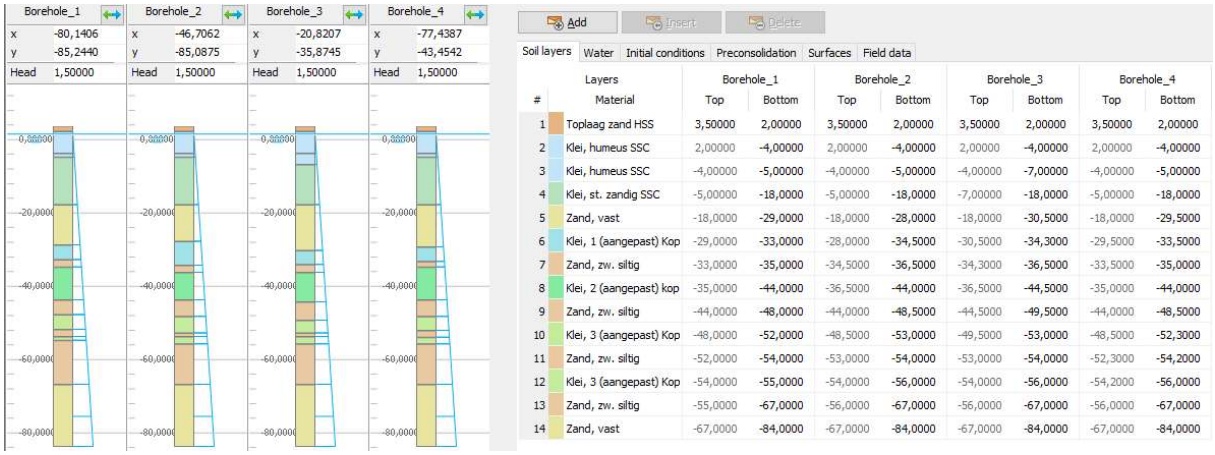
Om het bezwijkmechanisme doorponsen te beschouwen is gebruik gemaakt van het beschikbare 3D Plaxismodel dat in 2020 is opgesteld ten behoeve van de zettingsanalyse [Ref 1], zie Figuur 3. In het Plaxismodel zijn de ontwerpwijzigingen die in de tussentijds hebben plaatsgevonden niet doorgevoerd. De enige noemenswaardige ontwerpwijziging die betrekking heeft op de belasting op de fundering betreft het 1 m dieper aanleggen van de kelder. Deze ontwerpwijziging zal geen invloed hebben op de conclusie van voorliggende ponsanalyse, gezien de zeer ruime marge tussen de berekende en gevraagde veiligheid.



Figuur 3: Plaxis 3D model [Ref 1]

Om de veiligheid van het doorponsen te bepalen is aan het Plaxismodel een φc-reductie toegevoegd. In deze fase wordt de sterkte van alle grondlagen onder het paalpuntniveau stapsgewijs gereduceerd tot het model bezwijkt. Hoe verder de veiligheid kan worden gereduceerd, hoe hoger de veiligheid/stabiliteit van de constructie.

De gehanteerde grondopbouw in het Plaxismodel is weergegeven in *Figuur 4*. Voor de gehanteerde grondparameters wordt verwezen naar de rapportage van de zettingsanalyse [Ref 1]. De funderingspalen van de View II hebben een paalpuntniveau (PPN) van NAP-24 m, deze zijn gefundeerd in de vaste zandlaag (laag nummer 5). Onder deze zandlaag bevinden zich enkele kleilagen, waar voorliggende analyse zich op focust.



#	Layers Material	Borehole_1 Top	Borehole_1 Bottom	Borehole_2 Top	Borehole_2 Bottom	Borehole_3 Top	Borehole_3 Bottom	Borehole_4 Top	Borehole_4 Bottom
1	Toplaag zand HSS	3,50000	2,00000	3,50000	2,00000	3,50000	2,00000	3,50000	2,00000
2	Klei, humeus SSC	2,00000	-4,00000	2,00000	-4,00000	2,00000	-4,00000	2,00000	-4,00000
3	Klei, humeus SSC	-4,00000	-5,00000	-4,00000	-5,00000	-4,00000	-7,00000	-4,00000	-5,00000
4	Klei, st. zandig SSC	-5,00000	-18,0000	-5,00000	-18,0000	-7,00000	-18,0000	-5,00000	-18,0000
5	Zand, vast	-18,0000	-29,0000	-18,0000	-28,0000	-18,0000	-30,5000	-18,0000	-29,5000
6	Klei, 1 (aangepast) Kop	-29,0000	-33,0000	-28,0000	-34,5000	-30,5000	-34,3000	-29,5000	-33,5000
7	Zand, zw. siltig	-33,0000	-35,0000	-34,5000	-36,5000	-34,3000	-36,5000	-33,5000	-35,0000
8	Klei, 2 (aangepast) kop	-35,0000	-44,0000	-36,5000	-44,0000	-36,5000	-44,5000	-35,0000	-44,0000
9	Zand, zw. siltig	-44,0000	-48,0000	-44,0000	-48,5000	-44,5000	-49,5000	-44,0000	-48,5000
10	Klei, 3 (aangepast) Kop	-48,0000	-52,0000	-48,5000	-53,0000	-49,5000	-53,0000	-48,5000	-52,3000
11	Zand, zw. siltig	-52,0000	-54,0000	-53,0000	-54,0000	-53,0000	-54,0000	-52,3000	-54,2000
12	Klei, 3 (aangepast) Kop	-54,0000	-55,0000	-54,0000	-56,0000	-54,0000	-56,0000	-54,2000	-56,0000
13	Zand, zw. siltig	-55,0000	-67,0000	-56,0000	-67,0000	-56,0000	-67,0000	-56,0000	-67,0000
14	Zand, vast	-67,0000	-84,0000	-67,0000	-84,0000	-67,0000	-84,0000	-67,0000	-84,0000

Figuur 4: Grondopbouw Plaxis 3D model

In de berekeningen zijn twee varianten met elk twee belastingsituaties beschouwd:

- Ongedraineerde toestand. In deze variant wordt de spanningsverhoging in de ondergrond, door de View II, opgenomen door wateroverspanningen en korrelspanningen.
- Gedraineerde toestand. In deze variant worden de wateroverspanningen buiten beschouwing gelaten, waardoor de spanningsverhoging door korrelspanningen wordt overgenomen.

Per variant zijn de volgende twee belastingsituaties beschouwd:

- De originele belastingsituatie zoals deze in de zettingsanalyse was gehanteerd met 100% van de funderingsbelasting.
- Een belastingsituatie met 200% van de funderingsbelasting. Dit is conservatief, maar toegevoegd om alle belastingcombinaties af te dekken: permanente belasting, variabele belasting en windbelasting.

Voor de aangehouden funderingsbelastingen wordt verwezen naar de rapportage van de zettingsanalyse [Ref 1]. De gemodelleerde belastingen betreffen de quasi permanente belastingen (karakteristiek). De variabele belastingen inclusief windbelasting zijn niet gemodelleerd. In de berekening zijn de windbelastingen en de partiele factoren afgevangen door een ruime factor van 2 toe te passen.

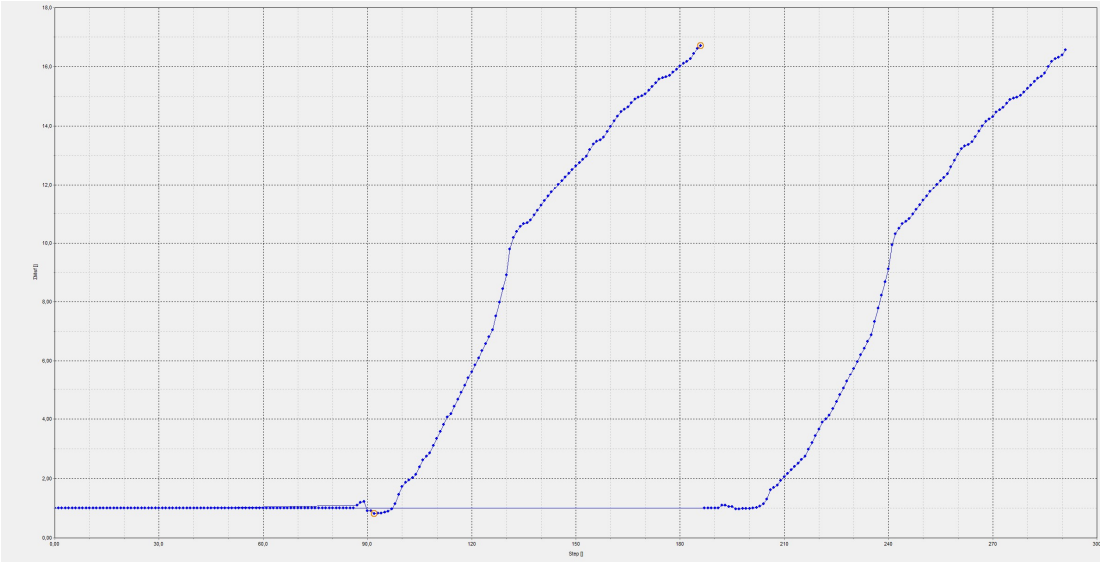
Resultaten

De resultaten verkregen uit de berekeningen zijn weergegeven in Tabel 1. Voor alle varianten volgt uit de berekeningen dat de veiligheid voldoet: SumMsf >>1. Voor de φc-reducties zijn 100 steps gehanteerd in Plaxis. De verkregen vervormingen na 100 steps zijn weergegeven in onderstaande figuren. Uit de SumMsf vs step plots kan vastgesteld worden dat de SumMsf verder zou toenemen als er meer stappen toegekend zouden worden aan de φc-reducties.

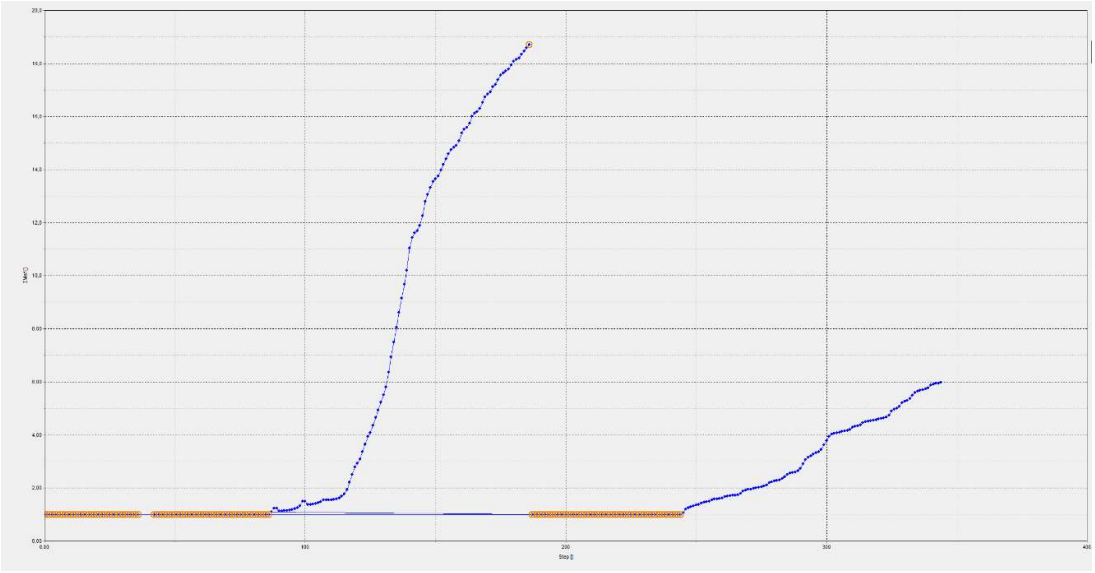
Tabel 1: Berekeningsresultaten

Variant	Belasting	SumMsf	Target	Conclusie
Ongedraineerd	100%	16	>2,0	Voldoet
Ongedraineerd	200%	16	>2,0	Voldoet
Gedraineerd	100%	18	>1,6	Voldoet
Gedraineerd	200%	5*	>1,6	Voldoet

**Een numeriek issue zorgt hier voor een vertraagde opbouw van SumMsf waardoor bij de φc-reductie na 100 calculation steps een lagere SumMsf is berekend dan bij de andere varianten. Met deze lage waarde wordt echter ook ruim voldaan aan het bezwijkcriterium.*



Figuur 5: Ongedraineerd SumMSF vs Step (linker maximum 100% rechter maximum 200% Belasting)

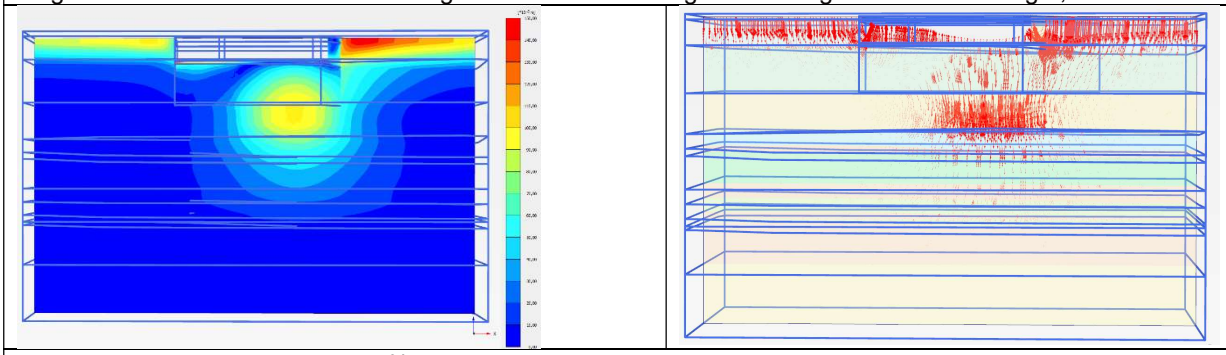


Figuur 6: Gedraineerd SumMSF vs Step (linker maximum 100% rechter maximum 200% Belasting)

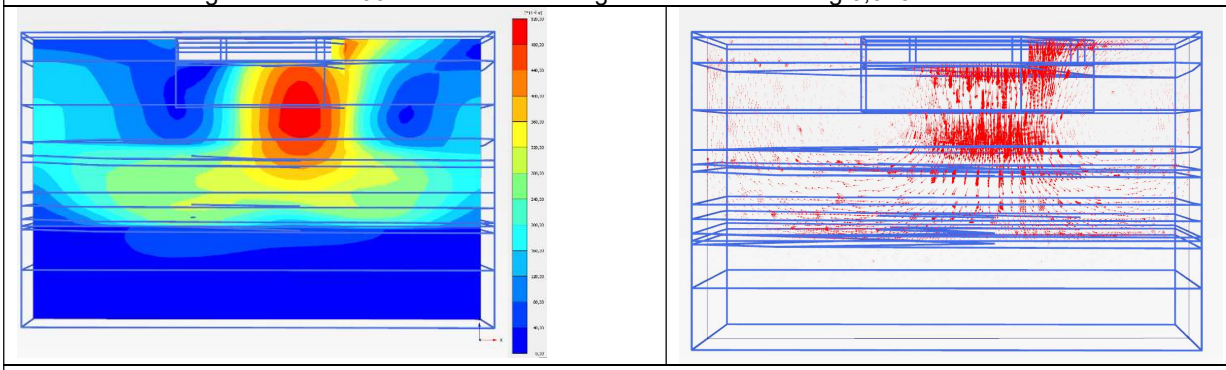
In onderstaande figuren zijn de totale vervormingen van de grondlagen weergegeven behorend bij de behaalde veiligheden. Uit de figuren kan waargenomen worden dat de zandlaag waarin de funderingspalen zijn gefundeerd verticaal vervormt, terwijl de ondergelegen slappere kleilagen horizontaal worden weggedrukt. Dit is de grondbeweging die verwacht wordt bij doorponsen. In de gedraineerde variant met 200% is te zien, dat de slappere lagen nog niet horizontaal worden weggedrukt. Zoals toegelicht bij Tabel 1 treedt bezwijken elders in het model op voordat het bezwijkmechanisme horizontaal wegpersen optreedt.

Opgemerkt wordt dat de legenda in onderstaande figuren niet goed leesbaar is. De vervormingen van 0 mm zijn blauw weergegeven en de max vervorming is weergegeven met rood, hiertussen wordt lineair geïnterpoleerd.

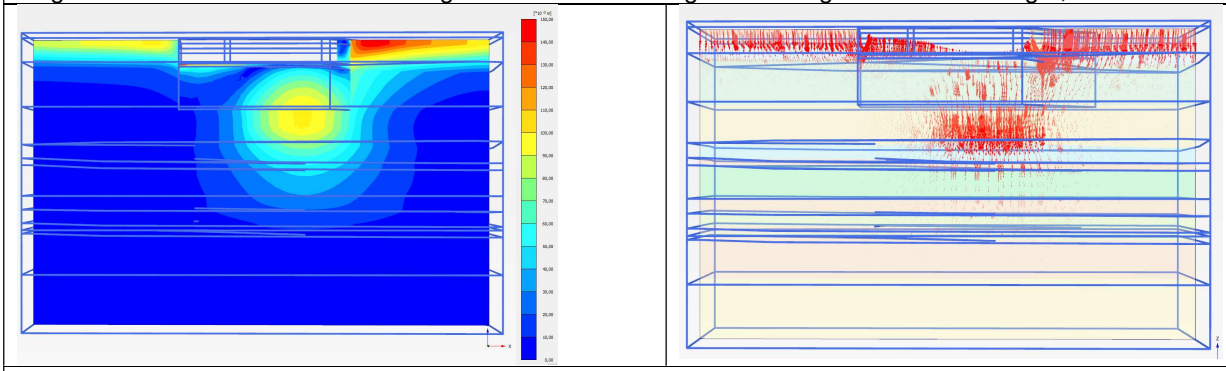
Ongedraineerd 100% totale vervormingen direct na aanbrengen belasting – max vervorming 0,149 m



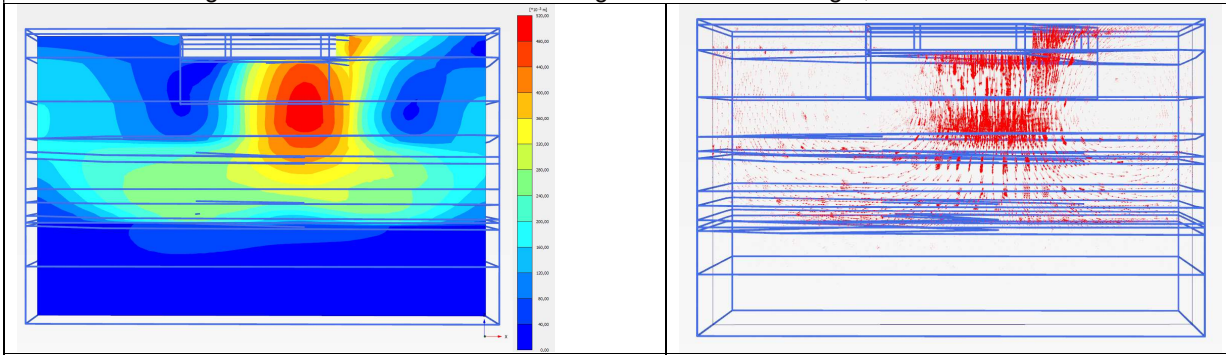
Phi-c reductie ongedraineerd 100% totale vervormingen – max vervorming 0,513 m



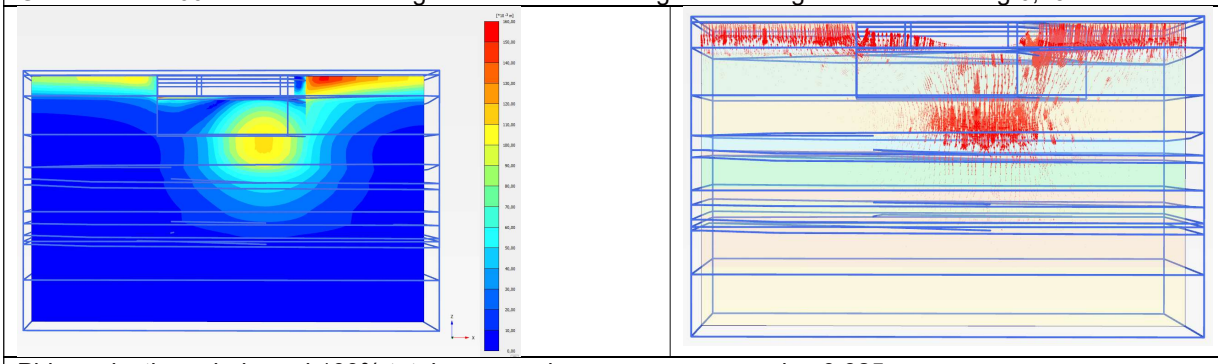
Ongedraineerd 200% totale vervormingen direct na aanbrengen belasting – max vervorming 0,149 m



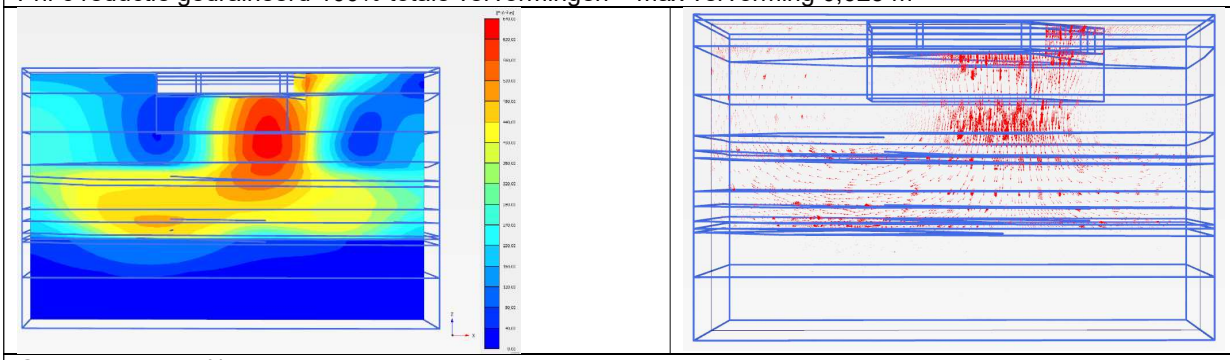
Phi-c reductie ongedraineerd 200% totale vervormingen – max vervorming 0,507 m



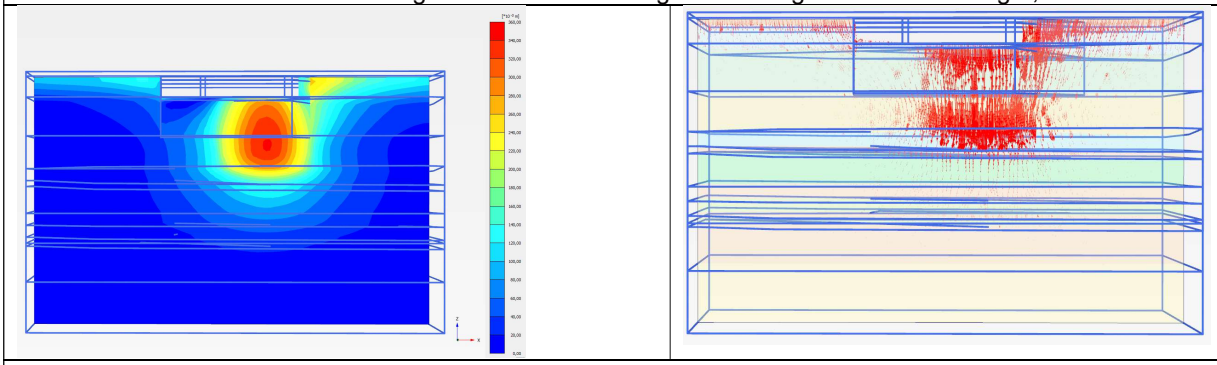
Gedraineerd 100% totale vervormingen direct na aanbrengen belasting – max vervorming 0,152 m



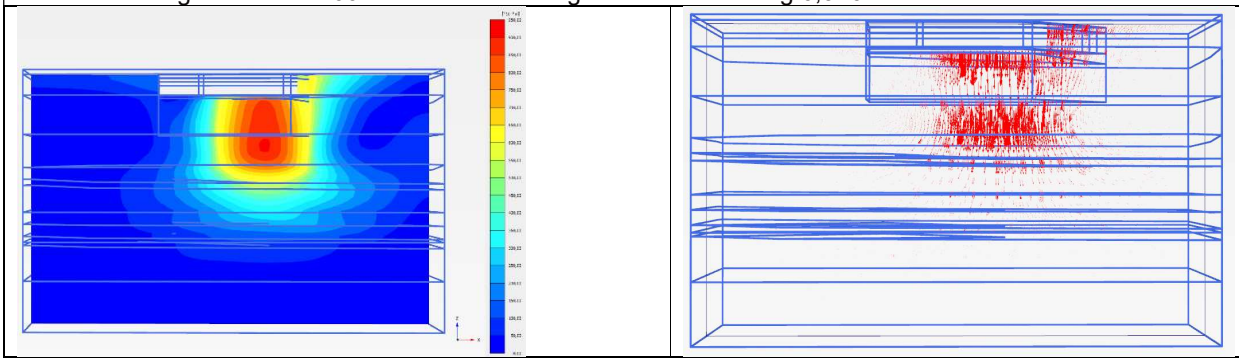
Phi-c reductie gedraineerd 100% totale vervormingen – max vervorming 0,625 m



Gedraineerd 200% totale vervormingen direct na aanbrengen belasting – max vervorming 0,342 m



Phi-c reductie gedraineerd 200% totale vervorming – max. vervorming 0,916 m



Conclusie

Het bezwijkmechanisme doorponsen is voor de View II beschouwd op basis van de NEN9997-1 en het 3D Plaxismodel uit [Ref 1]. In het Plaxismodel is de sterkte van de grondlagen onder paalpuntniveau verlaagd totdat bezwijken optreedt. In de berekeningen is de situatie met ongedraineerd en gedraineerd grondgedrag beschouwd, waarbij gerekend is met 100% en 200% van de funderingsbelasting.

Op basis van de berekeningsresultaten volgt dat de verkregen veiligheidsfactor voor het doorponsen van slappe lagen onder paalpuntniveau voldoet voor alle beschouwde situaties.

Opgemerkt wordt dat de laatste ontwerpwijzigingen van de View II niet in het Plaxis 3D model zijn verwerkt. Het gehanteerde model dateert uit september 2020 en is destijds gebruikt voor de zettingsanalyse. De enige noemenswaardige ontwerpwijziging die betrekking heeft op de belasting op de fundering betreft het 1 m dieper aanleggen van de kelder. Deze ontwerpwijziging zal geen invloed hebben op de conclusie van voorliggende ponsanalyse, gezien de zeer ruime marge tussen de berekende en gevraagde veiligheid.