



ing. R. van de Bilt
Adviseur Geotechniek, Voorbij
Funderingstechniek, De Groene Boog



ir. M. de Koning
Adviseur Geotechniek, CRUX Engineering,
De Groene Boog

ERVARING MET HET ONTWERP CONFORM CRW 689.17 BIJ DE GROENE BOOG BEGAANBAARHEID VAN BOUWTERREINEN VOLGENS BOUWTERREINCERTIFICAAT

Inleiding

Ieder jaar vallen door diverse redenen, tijdens bouwwerkzaamheden, nog steeds funderingsmachines om. Eén van deze oorzaken is het bezwijken van de ondergrond, waardoor funderingsmachines wegzakken (zie figuur 1). Hierdoor komt de veiligheid voor mens en machine in het gedrang. Zowel op de bouwplaats als rondom het bouwterrein dient het voor een ieder veilig te zijn. De Nederlandse Vereniging Aannemers Funderingswerken (NVAF) heeft in 2016 het Bouwterreincertificaat (BTC) [1] geïntroduceerd om onveilige situaties te voorkomen. Het BTC is een verklaring van de verantwoordelijke van het bouwterrein (meestal de hoofdaannemer) waarin staat dat dit zodanig is ontworpen en uitgevoerd dat de werkzaamheden met het materieel, zoals in het certificaat is benoemd, veilig kunnen worden uitgevoerd. Het principe is overgenomen uit het Verenigd Koninkrijk waar het Working Platform Certificate (WPC) succesvol wordt toegepast. In het verleden ontbrak het vaak aan een goed en robuust ontwerp van het bouwterrein, waardoor vele incidenten plaatsvonden. Met het BTC wordt hier verandering in gebracht.

Daarnaast geeft het certificaat aan dat het bouwterrein voldoende onderhouden moet worden, zodat de draagkracht van het bouwterrein gedurende de werkzaamheden gewaarborgd blijft.

De keuze en zwaarte van het funderingsmaterieel is direct van invloed op het ontwerp van het bouwterrein. Het ontwerp van het schottenbed (legpatroon van de draglineschotten) valt daarmee

onder de verantwoordelijkheid van de hoofdaannemer. Afhankelijk van de werkzaamheden en de opstelling van de machine wordt de maximale gronddruk onder de funderingsmachine bepaald. Dit vereist dat hoofdaannemer en funderingsbedrijf al in een vroeg stadium intensief met elkaar overleggen over het in te zetten materieel en de werkvolgorde. De verantwoordelijkheid voor het daadwerkelijk uitvoeren van het schottenbed en daarop de opstelling van de funderingsmachine blijft een verantwoordelijkheid van het funderingsbedrijf. Het bouwterrein en de ondergrond dienen weerstand te bieden aan deze maximale gronddruk. De bepaling van de maximale gronddruk moet uitgevoerd worden volgens de richtlijn CRW 689.17 "Begaanbaarheid van bouwterreinen" [2]. In een eerder verschenen artikel [3] is dit nader toegelicht.

Dit artikel is bedoeld om het BTC onder de aandacht te brengen en de toepassing hiervan bij de bouwcombinatie De Groene Boog, voor het project "A16 Rotterdam", de verlenging van de rijksweg A16 naar de A13 bij Rotterdam [4], toe te lichten. Een onderdeel van De Groene Boog is de funderingscombinatie bestaande uit Voorbij Funderingstechniek en Franki Grondtechnieken voor het uitvoeren van alle fundering gerelateerde werkzaamheden. De Groene Boog heeft om die reden dagelijks te maken met dit certificaat. Het BTC bestaat al sinds 2016. Echter, naar ervaring van de auteurs, wordt deze tot nu toe in de praktijk nauwelijks toegepast. Hoofdaannemers zijn niet goed bekend met het BTC en staan onvoldoende stil bij het ontwerp van een bouwterrein en ook de

impact hiervan op de planning en kosten. Jaarlijks gebeuren nog steeds ongevallen op het bouwterrein door omgevallen funderingsmachines die onder andere te wijten zijn aan te weinig aandacht voor een veilig bouwterrein. Door bouwcombinatie De Groene Boog wordt het BTC gehanteerd en geldt het uitgangspunt "nul incidenten". Dit uitgangspunt zou voor alle projecten moeten gelden, omdat nog steeds te vaak afbreuk wordt gedaan aan de veiligheid van de bouwplaats omwille van bijvoorbeeld planning. Voor alle bedrijven binnen de bouwcombinatie geldt dat dit het eerste project is waar het certificaat hard wordt gemaakt. In dit artikel worden de ervaringen van de toepassing van het BTC toegelicht.

Toepassing op project A16 Rotterdam

Vanaf de start van het project is het BTC van kracht, waarbij als contractuele eis (afkomstig van Rijkswaterstaat) is opgenomen dat bij funderingswerkzaamheden voldaan moet worden aan CRW 689.17. Dit betekent een andere manier van werken dan in het verleden werd aangehouden. Er moest goed nagedacht worden over het ontwerp van het bouwterrein en de fasering. Al snel werd duidelijk dat voor het ontwerp van het bouwterrein dit de nodige tijd en aandacht vergt van de ontwerpafdeling. Op elke bouwlocatie/kunstwerk van het tracé dient de machinestabiliteit per funderingsmachine beschouwd te worden voor verschillende situaties tijdens de werkzaamheden. Aan de hand van de maximale funderingsdrukken, afkomstig uit de stabiliteitsberekening dient de draagkracht van de ondergrond getoetst te worden. Hierbij zijn de nodige uitdagingen ontstaan om voldoende draagkracht te realiseren.



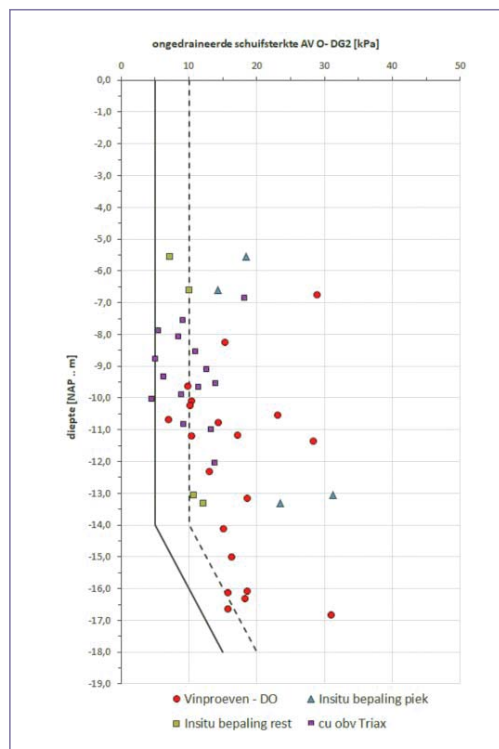
Figuur 1 –
Funderingsmachine omgevallen door bezwijken van ondergrond [2].

Een deel van het tracé van de nieuwe A16 gaat dwars door het Lage Bergse Bos. Hier zijn in de toplaag weinig tot geen zandgronden te vinden om voldoende draagvermogen aan te ontlenuen. Hier geldt een opbouw van zeer slappe klei- en veengronden, waarbij conusweerstand gevonden worden tot maximaal ca. 0,1 MPa in de bovenste meters. Dit wordt mede veroorzaakt door de zeer lage maaiveldligging in combinatie met relatief hoge grondwaterstanden van 0,2 meter onder maaiveld en lage volumegewichten van grondlagen. Het is een uitdaging om op deze locatie een bouwterrein te creëren waar zwaar materieel veilig

SAMENVATTING

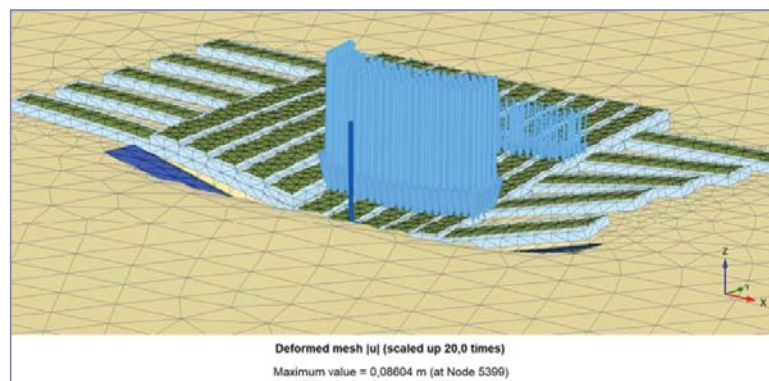
Op het bouwterrein gebeuren jaarlijks nog steeds ongelukken door omgevallen funderingsmachines. Deze ongelukken zijn onder andere te wijten zijn aan te weinig aandacht voor een veilig bouwterrein. In 2016 heeft de Nederlandse Vereniging Aannemers Funderingswerken (NVAF) het Bouwterreincertificaat geïntroduceerd om onveilige situaties op het bouwterrein te voorkomen. Een onderdeel van het certificaat is dat het bouwterrein voldoende onderhouden moet worden, zodat de draagkracht van het bouwterrein gedurende de werkzaamheden gewaarborgd

blijft. Voor funderingsmachines moet hiervoor de maximale gronddruk worden bepaald volgens de richtlijn CRW 689.17 "Begaanbaarheid van bouwterreinen" en het draagvermogen van de ondergrond volgens een fundering op staal. In dit artikel wordt beschreven hoe binnen de bouwcombinatie De Groene Boog voor het project "A16 Rotterdam" is omgegaan met de toepassing van het Bouwterreincertificaat en de ervaringen met het toepassen van de richtlijn CRW 689.17.



Figuur 2 –
Overzicht resultaat ongedraineerde schuifsterkte.

Figuur 3 –
Plaxis 3D-model, spreiding van belasting naar ondergrond.



werd. Om voldoende draagvermogen te realiseren was een minimaal funderingsoppervlak van 10x10m benodigd.

Ontwerpaspecten bouwterrein

BEGAANBAARHEID IN RELATIE TOT ONTWERP

Het ontwerp van het werkplateau, bestaande uit een zandlaag met hierop schotten waarop de funderingsmachine staat, bestaat uit het bepalen van de funderingsdrukken en vervolgens het toetsen van het draagvermogen van de ondergrond. Daarnaast ook eventueel de bepaling van de macrostabiliteit. Deze toets voor het draagvermogen wordt uitgevoerd voor een Fundering op Staal volgens NEN9997-1 [5].

Voor het ontwerpen van het werkplateau is een goede samenwerking nodig tussen de geotechnisch adviseur, de werkvoorbereiding en de uitvoering. Voor een goede bepaling van de maximale funderingsdruk moet – naast de gegevens van de machine – ook al goed nagedacht zijn over de opstelling. De opstelling van de funderingsmachine op het werkplateau is van directe invloed op de excentriciteit en zodoende op de maximale funderingsdruk. Het is van belang dat hier voorafgaand aan het ontwerp nagedacht wordt over de maatgevende situatie. Zo kan het ontwerp van het bouwterrein afgestemd worden op de uit te voeren werkzaamheden.

Het bepalen van het maximale draagvermogen is uitgevoerd met een spreadsheet, deze is gebaseerd op CRW 689.17. Gaandeweg het ontwerpproces werd duidelijk dat in het rekenvoorbeeld van de CRW 689.17 het oppervlak en gewicht van

het schottenplateau een positieve invloed had op de excentriciteit van de machine. In het rekenvoorbeeld valt dit, vanwege een enkel schottenplateau met beperkte afmeting, niet direct op. Bij schottenplateaus, zoals toegepast bij De Groene Boog, wordt de excentriciteit echter aanzienlijk ten positieve beïnvloed omdat het schottengewicht mee wordt genomen in de bepaling van de overall excentriciteit (e_{CoG}) van de machine. In de bepaling van de maximale funderingsdruk wordt uiteindelijk wel het gewicht van de schotten onder alleen het oppervlak van de machine ($(B_{spoor} + B_{rup}) \times L_{rup}$) meegenomen.

Om het ontwerp minder arbeidsintensief te maken is aan de spreadsheet een database gekoppeld met de funderingsmachines en bijbehorende eigenschappen die binnen het project worden ingezet. Deze database wordt vanuit de Funderingscombinatie van De Groene Boog bijgehouden. Het verzamelen van alle benodigde gegevens betreffende opstelling en eigenschappen van de kranen is een behoorlijk intensieve bezigheid die veel vraagt van ontwerp en werkvoorbereiding. De machineleverancier heeft vaak niet de juiste gegevens beschikbaar die benodigd zijn voor de uit te voeren berekeningen. De indruk heerst dat de CRW in die zin onvoldoende "leeft" bij de machineleverancier en meer afstemming wenselijk is.

In het ontwerp is onderscheid gemaakt tussen giekkranen, ten behoeve van het aanbrengen van damwanden, en kranen met een makelaar voor het schroevend aanbrengen van funderingspalen. Bij de giekkranen komt de volledige belasting op het schottenplateau. Bij makelaar geleide kranen kunnen diverse maatgevende situaties optreden, zoals het positioneren van de kraan of het

de werkzaamheden kan uitvoeren. In figuur 2 zijn de resultaten weergegeven van de bepaling van de ongedraineerde schuifsterkte s_u door middel van triaxiaalproeven, vinproeven en pocketpenetrometer vinproeven op deze locatie. De proeven zijn uitgevoerd vanaf maaiveldniveau NAP -5,0m tot een diepte van circa NAP -17,0m.

Over het gehele tracé varieerde de bodemopbouw aanzienlijk. Voor het vormen van een uniforme parameterset is gekozen om voor alle cohesieve gronden binnen het grootste deel van het project een c_u waarde van 10 kPa te hanteren. Voor het gebied Anky Verbeek Ohrlaan en het Lage Bergse Bos werd echter een ongedraineerde schuifsterkte van 5 à 7,5 kPa gevonden. Vanuit de bepaling van het maximale ongedraineerde draagvermogen kwam al snel naar voren dat de grond, ongedraineerd, een beperkt draagvermogen kon leveren van ca. 35 kPa, waar ca. 70 tot 100 kPa benodigd bleek. Zodoende moest naar een oplossing gezocht worden om voldoende draagvermogen te realiseren. De oplossing bestond uit het hanteren van dubbele houten dragline schotten om het funderingsoppervlak, en zodoende ook het effectief oppervlak, te vergroten, zodat de funderingsdruk meer gespreid

installeren van de funderingspaal, waarbij de makelaar en de funderingsmachine elk op een eigen schottenplateau rusten.

Gelet op de grootte van de belasting en de slappe ondergrond werd in sommige situaties onvoldoende draagvermogen met de analytische rekenregels voor een Fundering op Staal verkregen. Hierop zijn PLAXIS 3D-analyses uitgevoerd om meer inzicht te verkrijgen in het gedrag van de ondergrond en de spreiding van de belasting. Aan de hand van deze 3D-analyses werd geconcludeerd dat de ondergrond over voldoende draagvermogen beschikt. Toepassing hiervan kan dus winst bieden ten opzichte van de analytische methode, zie figuur 3.

In de bepaling van het draagvermogen is uitgegaan dat de schotten worden aangebracht bovenop één meter droog zand. Dit stelt eisen aan de waterhuishouding onder het werkplateau. Om dit droge zandpakket te realiseren is horizontale drainage aangebracht.

Naast het draagvermogen van de ondergrond moest voor enkele locaties, bijvoorbeeld bij de boezemkade van de Rotte, gekeken worden naar de macrostabiliteit. Hier werd in eerste instantie gekeken of de belastingen en de positie overeenkwamen met de normale ontwerpberekeningen. Als dit niet het geval was werd gekeken naar de positie van de funderingsmachine, waarbij geen nadelige invloed is op de macrostabiliteit. Dit resulteerde in een grotere vlucht lengte waardoor zwaarder materieel benodigd was om de werkzaamheden te kunnen uitvoeren.

ONZEKERHEDEN

Bij toepassing van CRW 689.17 wordt het draagvermogen getoetst volgens NEN9997-1, echter de bepaling van de maximale funderingsdruk gebeurt op basis van de bepaling van het moment ten opzichte van de spil (middelpunt van draaikrans) van de funderingsmachine. Om de funderingsdruk dus goed te kunnen bepalen zijn de eigenschappen van de machine, het bijbehorende materiaal, gewichten en afstand tot de spil benodigd. Deze eigenschappen staan niet standaard in de productspecificaties en zijn niet altijd gemakkelijk op te vragen bij machinefabrikanten. De CRW 689.17 zou daarom de machinefabrikanten moeten betrekken bij dit onderwerp, zodat sneller de juiste gegevens worden geleverd. Hedendaags is het verkrijgen van de benodigde informatie een arbeidsintensief proces dat een goede afstemming tussen de geotechnisch adviseur, werkvoor bereiding en uitvoering vergt. Zeker bij grote projecten,

waarbij vele verschillende funderingsmachines worden toegepast, kan dit uitzoekwerk veel tijd vergen.

Veiligheidsfilosofie

Het bepalen van de kraanstabieleit is zowel een geotechnisch- als een werktuigbouwkundig aspect. De te volgen veiligheidsfilosofie voor beide situaties is niet met elkaar in overeenstemming. De CRW 689.17 hanteert de geotechnische aanpak zoals beschreven in NEN-EN 1990. Hierbij worden de belastingen vanuit een funderingsmachine gezien als een karakteristieke waarde. Voor het bepalen van de rekenwaarde van de belasting moeten de karakteristieke waarde nog vermenigvuldigd worden met een partiële belastingfactor.

Het betrouwbaarheidsniveau dat gehanteerd wordt, wordt bepaald aan de hand van het gevolg van bezwijken van de funderingsmachine voor de economie of mensenleven. Hierbij wordt het ontwerp ingedeeld in de betrouwbaarheidsklasse RC1, RC2 of RC3 met bijbehorende partiële belastingfactoren. Het betrouwbaarheidsniveau wordt hierbij uitgedrukt door middel van de betrouwbaarheidsindex (β) of faalkans (Pfalen). In CRW 689.17 is aangegeven dat voor funderingsmachines normaliter RC2 geldt. De CRW 689.17 laat ruimte om afhankelijk van het risicoprofiel een lagere of hogere betrouwbaarheidsklasse aan te houden.

Afhankelijk van de gehanteerde betrouwbaarheidsklasse worden belastingfactoren in rekening gebracht op de permanente (γ_G) en variabele belasting (γ_Q) volgens tabel A.3 van NEN9997-1:2017. Hierbij worden de onderwagen van de funderingsmachine en de schottenbed tot de permanente belasting gerekend. De overige belasting componenten worden, aangezien deze "dynamisch" zijn, als variabele belastingen gezien. De belastingfactoren zijn bepaald op basis van een betrouwbaarheidsindex behorende bij een referentieperiode, zijnde het tijdsbestek waarin de bouwconstructie of een deel daarvan aan de gestelde eisen moet voldoen met een vastgestelde mate van betrouwbaarheid van 50 jaar. Deze benadering is conservatief voor de (zeer) tijdelijke funderingswerkzaamheden welke normaliter niet langer duren dan enkele weken of zelfs dagen, maar veel vaker slechts enkele uren. Funderingsmachines hebben gezien de werkzaamheden die worden uitgevoerd een relatief korte opstellingsduur. Op een specifieke locatie wordt een paal of damwand geïnstalleerd waarna de stelling wordt

verplaatst naar de volgende opstelplaats.

Binnen het project De Groene Boog wordt voor het bepalen van de kraanstabieleit gezocht naar een aanpak welke aansluit bij de veiligheidsfilosofie van de Eurocode, en daaruit volgende partiële belastingfactoren, en recht doet aan de korte duur van de werkzaamheden, bijvoorbeeld zoals de aanpak beschreven in NEN8700 [7] en [8]. Dit om te conservatieve zware en ook dure maatregelen te voorkomen. Het verdient ook vanuit de auteurs de aanbeveling om in een update van de CRW689.17 hier aandacht aan te besteden.

Resultaat van het BTC in de praktijk

OPSTELLING VAN FUNDERINGSMATERIEEL

Na alle besproken ontwerpuitdagingen bij het project De Groene Boog, rest natuurlijk de vraag: hoe vertaalt de toepassing van het BTC zich in de praktijk?

Voor het maken van een goed ontwerp van het bouwterrein, is het van belang dat er op tijd bekend is met welk materieel het werk wordt uitgevoerd en hoe deze opgesteld gaat worden. Hierop kan het bouwterrein ontworpen worden en rekening gehouden worden met:

- hoe materieel wordt aangevoerd op de bouwplaats;
- waar het materieel wordt gelost en opgesteld;
- materieel in bedrijf en rijdend over het bouwterrein;
- welke werkzaamheden het materieel gaat verrichten.

Deze aspecten moeten voordat het ontwerp wordt gestart al besproken worden tussen ontwerp, werkvoorbereiding en uitvoering om dit goed vast te leggen. Vervolgens kan de maximale funderingsdruk en draagvermogen van de ondergrond worden bepaald. In dit geval was het draagvermogen op veel plekken beperkt gezien de lage waarde van de ongedraineerde schuifsterkte. Als oplossing kunnen onder andere restricties worden opgelegd in de bewegelijkheid en opstelling van de funderingsmachine. Dit resulteert in een lagere gronddruk onder het schottenplateau, zodat ook op minder draagkrachtige terreinen gewerkt kan worden. Het is van belang dat deze uitgangspunten goed op een tekening worden verwerkt en dat buiten op het schottenplateau de bewegingsvrijheid van de machine duidelijk is aangegeven.

BOUWPUTKWALITEIT

Wat aan de voorkant relatief veel tijd vergt van de engineers betaalt zich ruimschoots terug in de uitvoering. Dit was ook te zien op het project De Groene Boog, waar gezorgd werd voor een vlak, droog en draagkrachtig bouwterrein. Dit resulteert primair in veel voordelen:

- veilige werkplek;

Tabel - Betrouwbaarheidsklasse en belastingfactoren volgens NEN9997-1

Betrouwbaarheidsklasse	referentieperiode = 50 jaar		Belastingfactor	
	P _{falen}	β	γ_G	γ_Q
RC1	4,83E-04	3,30	1,08	1,35
RC2	7,23E-05	3,80	1,20	1,50
RC3	8,54E-06	4,30	1,32	1,65

- snellere producties;
- betere kwaliteit van het product;
- prettige werksfeer;
- tevreden funderingsbedrijf;
- tevreden opdrachtgever.

Een drassige bouwput kan leiden tot onnodig hoger verzuim, denk bijvoorbeeld aan het verzwijken van enkels door slecht begaanbaar terrein met modder. De zin in werken neemt af wanneer de werkomgeving niet georganiseerd is. Dit resulteert in minder motivatie voor het werk, rommelig werken, een lagere kwaliteit van het product en voor afname van veiligheid op de bouwplaats. Kortom, niemand is gebaat bij een slecht door-dachte bouwplaats! Daarnaast is de opdrachtgever ontevreden gezien producties niet worden behaald en de bouwtijd langer wordt.

ONDERSCHATTING TOEPASSING BTC

Tijdens de ontwerpfase van het bouwterrein kunnen uitkomsten resulteren in onverwachte directe kosten voor de opdrachtgever. Bijvoorbeeld bij een algehele terreinophoging met zandgrond, waardoor kosten voor grondverzet hoger uitvallen. Vaak wordt het budget van het bouwrijp maken van het terrein onderschat doordat men vooraf niet nadenkt over de uit te voeren werkzaamheden. Het is echter van groot belang om te werken op een veilige, draagkrachtige bouwplaats voor zowel het funderingsbedrijf als opdrachtgever. Indirect wordt deze investering over de gehele bouwperiode van het project ruimschoots terugverdiend.

Conclusie


Tot op heden zien wij veel positieve kanten voor de toepassing van het Bouwterrein Certificaat. Als adviseur zijnde (ontwerp De Groene Boog), biedt het BTC een goed handvat voor het ontwerp van het bouwterrein. Ook als onderaannemer (Voorbij Funderingstechniek namens Funderingscombinatie De Groene Boog) willen wij dat dit de standaard gaat worden voor heel bouwend Nederland. De veiligheid van onze mensen en de omgeving staan centraal. Wij werken graag op een geordende, strakke en droog bouwterrein hetgeen nu gerealiseerd is op het project De Groene Boog. Het toepassen van het BTC vergt aan de voorkant enige inspanning, maar deze investering voor een goed bouwterrein vertaalt zich in veiligere werkomstandigheden, waardoor hogere producties haalbaar zijn én waardoor de bouwtijd aanzienlijk wordt verkort. Hierbij is een goede communicatie tussen de ontwerper, werkvoorbereiding en uitvoering belangrijk om alle uitgangspunten goed vast te leggen. Aangezien een aanpassing hiervan, als bijvoorbeeld een andere funderingsmachine of opstelling, van grote invloed kan zijn op het resultaat van de ontwerpberoeeningen.

Met het onder de aandacht brengen van het Bouwterreincertificaat (BTC) attenderen wij op het gezamenlijke belang van deze standaard. Belangrijk is om vooraf de werkzaamheden, ontwerp en inrichting van het bouwterrein helder te hebben, zodat mens en machine veilig kunnen werken.


Aan de hand van de bevindingen op project De Groene Boog lijkt het ons zinvol om de CRW 689.17 op specifieke punten te herzien. Dit komt voort uit discussie en voortschrijdend inzicht over de duur van de werkzaamheden in relatie tot de te hanteren partiële belastingfactoren, aanpassing van rekenvoorbeeld en het compleet aanleveren van informatie van funderingsmaterieel door machineleveranciers.

Referenties

- [1] Brochure Bouwterreincertificaat NVAF – oktober 2016.
- [2] CRW 689.17 Begaanbaarheid van bouwterreinen; Geotechnische draagkracht voor funderingsmachines.
- [3] Molen, J.P. van der (2017): Geotechnisch draagvermogen voor funderingsmachines. Geotechniek 2017, nr. 1, p24.
- [4] <https://www.a16rotterdam.nl/default.aspx>
- [5] NEN 9997-1:2017 Geotechnisch ontwerp van constructies.
- [6] NEN-EN 1990:2011 Grondslagen van het constructief ontwerp.
- [7] NEN8700:2011 Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - grondslagen.
- [8] TNO rapport Veiligheidsbeoordeling bij bestaande bouw; Achtergrondrapport bij NEN 8700 (TNO-060-DTM-2011-03086). ●



CEMS



CEMS creates engineering pipelines.

CRUX Engineering MicroServices – CEMS - is a starting IT company powered by CRUX and exposes geotechnical software as service through REST api's. These language agnostic endpoints can be used as a trusted component in scalable automated engineering processes.

cemsbv.nl
info@cemsbv.nl

