



COBc Commissie Geotechniek

Notitie in de grond gevormde palen met grondverwijdering

November 2021

Notitie in de grond gevormde palen met grondverwijdering

Inhoudsopgave

Reikwijdte van deze notitie	2
Gehanteerde normen	2
Samenstelling betonmortel	4
Milieuklasse	7
Dekking	9
Voorbeeld	10
Wapening	11
Berekening paal draagvermogen, Uitvoering, Akoestisch doormeten	15
Nawoord	17
Vragen voor de Normcommissies	18

Reikwijdte van deze notitie

Deze notitie is van toepassing op in de grond gevormde palen en specifiek avegaarpalen, waarbij de grond wordt verwijderd en gaat in op vragen die via diverse kanalen gesteld zijn aan de COBc commissie Geotechniek. De notitie is niet uitputtend en bedoeld als leidraad ten behoeve van de interpretatie van de diverse normen die nodig zijn om in de grondgevormde palen te kunnen toepassen. Aan deze notitie kunnen geen rechten worden ontleend. De Eurocodes, in het bijzonder NEN-EN 1536, zijn te allen tijde maatgevend. Specifieke randvoorwaarden van producten en/of merken zijn niet opgenomen in deze notitie.

De samenhang van de verschillende normen wordt toegelicht, waarbij de hiërarchische volgorde van de normen conform het Bouwbesluit in acht is genomen.

Deze notitie is een groeidocument. Heeft u vragen? Ontbreken er onderwerpen? Heeft u aanvullingen en/of opmerkingen? Geef dit dan door aan een van de leden van de COBc Commissie Geotechniek. De contactgegevens staan op [de website van het COBc](#) vermeld.

Aanvullingen en opmerkingen graag doorgeven incl. verwijzing naar de betreffende normartikelen.

Gehanteerde normen

Door het Bouwbesluit zijn een aantal normen direct of indirect aangestuurd:

1^e-lijnsnorm

NEN-EN 1992-1-1:2005+A1:2015+NB:2016+A1:2020, Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies

2^e-lijnsnorm

NEN-EN 206:2014+A1:2016+NEN 8005:2014+C1:2017, Beton

Indirect aangewezen normen via 1^e / 2^e-lijnsnormen

NEN-EN 12699:2015 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Verdringingspalen

EN 1536:1999 / NEN-EN 1536:2010+A1:2015 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Boorpalen

Overige

CUR-Aanbevelingen 109 en 114

VARCE 7

Opmerking 1

De eisen en regels in een productnorm gaan voor de eisen in de Eurocodes (zie VARCE 7, vraag 20). Een productnorm gaat dus voor een 1^e-lijnsnorm. In deze notitie gaat NEN-EN 1536 daarom voor NEN-EN 1992-1-1.

Opmerking 2

De gehanteerde normen zijn niet altijd even duidelijk, met elkaar in overeenstemming of voor één uitleg vatbaar. Dit heeft geleid tot diverse vragen aan de desbetreffende NEN Normcommissies. In het hoofdstuk “Vragen voor de Normcommissies” zijn de vragen beantwoord die tijdens het opstellen van deze notitie naar voren kwamen.

Opmerking 3

Onder het hoofdstuk Vragen voor de Normcommissies, wordt bij vraag A1 duidelijkheid verschaft omtrent het Engelse Shall en Should in combinatie met het Bouwbesluit en de uitvoeringsnormen.

“Reactie: In de Eurocodes is onderscheid gemaakt in “shall” en “should” door middel van de vertaling met “moeten” (Requirement) en “behoren te” (Recommendation). In het Bouwbesluit is gesteld dat “behoren te” gelijkgesteld moet worden aan “moeten”, waarmee het onderscheid vervalst en “behoren te” ook een eis wordt (Requirement). Dit betreft een gereed product, niet de uitvoering van een paal.

De Uitvoeringsnormen worden niet door het Bouwbesluit aangewezen en zijn contract documenten. Hier is er wel verschil tussen “moeten” en “behoren te”. “Behoren te” is een aanbeveling, maar geen absolute eis.”

Opmerking 4

Een “OPMERKING” is geen normtekst maar valt onder de zogenaamde informatieve teksten.

Samenstelling betonmortel

Het ontwerp van de betonsamenstelling moet voldoen aan de specificatie van het beton waarbij rekening moet worden gehouden met:

- de noodzaak van een hoge weerstand tegen ontmenging;
- de noodzaak van afdoende vervormbaarheid en goede samenhang;
- de noodzaak van goed vloeien;
- de noodzaak van het vermogen van afdoende verdichting door de zwaartekracht;
- de noodzaak van voldoende verwerkbaarheid tijdens het storten, met inbegrip van het verwijderen van eventuele tijdelijke bekistingen.

De samenstelling van de betonmortel is beschreven in NEN-EN 206:2014+A1:2016+NEN 8005:2014+C1:2017 en NEN-EN 1536:2010+A1:2015 (verwijst naar bijlage D van NEN-EN 206). In NEN-EN 1992-1-1 zijn geen specifieke eisen weergegeven over de samenstelling van de betonmortel; alleen een verwijzing naar NEN-EN 206.

Bij toepassing van NEN-EN 1536 gelden bij gebruik van NEN-EN 206 de volgende voorwaarden :

- Cementgehalte:
Het toe te passen cementgehalte moet voor storten in droge omstandigheden $\geq 325 \text{ kg/m}^3$ zijn. Voor natte omstandigheden moet dit $\geq 375 \text{ kg/m}^3$ zijn. Natte omstandigheden zijn ons inziens van toepassing onder de hoogste grondwaterstand en lager. Intussen hebben wij echter via diverse kanalen vernomen dat het hier om de toestand in het boorgat zou gaan en niet om de grondwaterstand. Hopelijk kan een volgende versie van NEN-EN 206 hier meer duidelijkheid over verschaffen. Bij het cementgehalte mogen vulstoffen worden toegepast conform artikel 5.2.5 van NEN-EN 206.
- Minimaal gehalte aan fijne delen:
Het minimaal gehalte aan fijne delen is bij het toepassen van toeslagmateriaal met een $D > 8 \text{ mm}$ minimaal 400 kg/m^3 en bij het toepassen van een toeslagmateriaal met een $D \leq 8 \text{ mm}$ en $D \geq 4 \text{ mm}$ minimaal 450 kg/m^3 . Deze waarden zijn inclusief de toegepaste hoeveelheid cement.
- Water-cement factor (wcf):
De wcf mag niet groter zijn dan 0,6. Dit houdt in dat de wcf bij de milieuklassen X0 en XC1 begrensd is.

In de normatieve Bijlage D in NEN-EN 206 staan aanvullende eisen voor de specificatie en conformiteit van beton voor speciale geotechnische werken. Deze bijlage is het resultaat van de opname in deze norm van de normatieve regels voor beton voor speciale geotechnische werken die voorheen werden gegeven in EN 1536, EN 1538, EN 12699 en EN 14199. Deze regels zijn in deze norm opgenomen om het stelsel van regels voor de specificatie en conformiteit van beton dat wordt toegepast bij de uitvoering van allerlei betonwerken te harmoniseren.

Tekst uit NEN-EN 206:2014+A1:2016+NEN 8005:2014+C1:2017

D.3.2 Minimaal gehalte aan fijne delen en minimaal cementgehalte

(1) Voor boorpalen en in-situ gestorte grondverdringende palen moeten het minimale gehalte aan fijne delen en het minimale cementgehalte volgens tabel D.1 worden voorgeschreven:

Tabel D.1 —Minimaal cementgehalte en minimaal gehalte aan fijne delen voor beton voor boorpalen en in-situ gestorte grondverdringende palen

Cementgehalte:		
storten in droge omstandigheden		$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
storten in natte omstandigheden (onder water of steunvloeistoffen)		$\geq 375 \text{ kg/m}^3$
Gehalte aan fijne delen ^a		
grof toeslagmateriaal	$D_{\text{onder}} > 8 \text{ mm}$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
	$D_{\text{boven}} > 8 \text{ mm}$	
grof toeslagmateriaal	$D_{\text{onder}} \geq 4 \text{ mm}$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$
	$D_{\text{boven}} \leq 8 \text{ mm}$	

^a Fijne delen: Deeltjesgrootte $\leq 0,125 \text{ mm}$ (met inbegrip van vulstoffen en cement).

(2) Voor semi-droog beton dat wordt aangestampt tijdens het installeren van in-situ gestorte grondverdringende palen moet het cementgehalte worden voorgeschreven met een minimum van 350 kg/m^3 en moet de sterkteklasse ten minste C25/30 zijn.

(3) Voor micropalen moeten de minimale gehalten aan fijne delen en cement worden voorgeschreven met een minimum van 375 kg/m^3 en mag de voorgeschreven D_{boven} niet groter zijn dan 16 mm.

D.3.3 Water-cementfactor

(1) De voorgeschreven maximale water-cementfactor mag niet groter zijn dan wat in de voorschriften die van kracht zijn op de plaats van gebruik wordt aangegeven voor de voorgeschreven milieuklassen en 0,60 waarbij de kleinste waarde maatgevend is.

Tabel D uit 5.3.2 van NEN-EN 206:2014+A1:2016+NEN 8005:2014+C1:2017 wijzigt dan tot:

Milieuklasse	Maximaal toelaatbare watercementfactor	Minimaal vereist cementgehalte
1 Geen risico op corrosie of aantasting		
X0	0,60	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
2 Corrosie ingeleid door carbonatatie		
XC1	0,60	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
XC2	0,60	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
XC4	0,50	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
6 Chemische aantasting		
XA1	0,55	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
XA2	0,50	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
XA3	0,45	$\geq 340 \text{ kg/m}^3$

Opmerking: bij storten in natte omstandigheden is het minimaal vereist cementgehalte $\geq 375 \text{ kg/m}^3$.

Milieuklasse

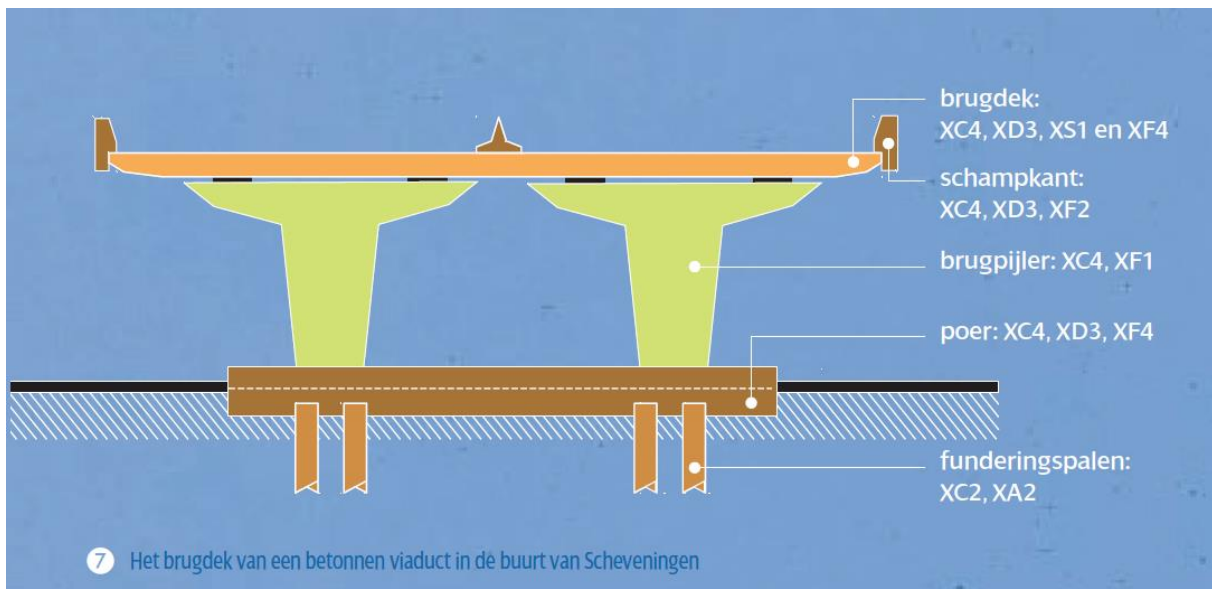
De milieuklasse moet in overeenstemming zijn met tabel 1 van NEN-EN 206:2014+A1:2016+NEN 8005:2014+C1:2017.

De XC-klasse van een paal kan ingedeeld worden in de volgende zones: boven de grondwaterstand, onder de grondwaterstand en in het overgangsgebied tussen de hoogste en laagste grondwaterstand.

In genoemde tabel 1 zijn de aanbevolen milieuklassen zonder lokale omstandigheden weergegeven. Onder lokale omstandigheden wordt verstaan kustgebied, invloed van dooizouten en/of chemische aantastingen.

Verder geldt:

X0: Voor beton zonder wapening of ingesloten metalen: alle omgevingsinvloeden, behalve bij vorst/dooi, afslijting of chemische aantasting.



Betoniek 13 03, maart 2004

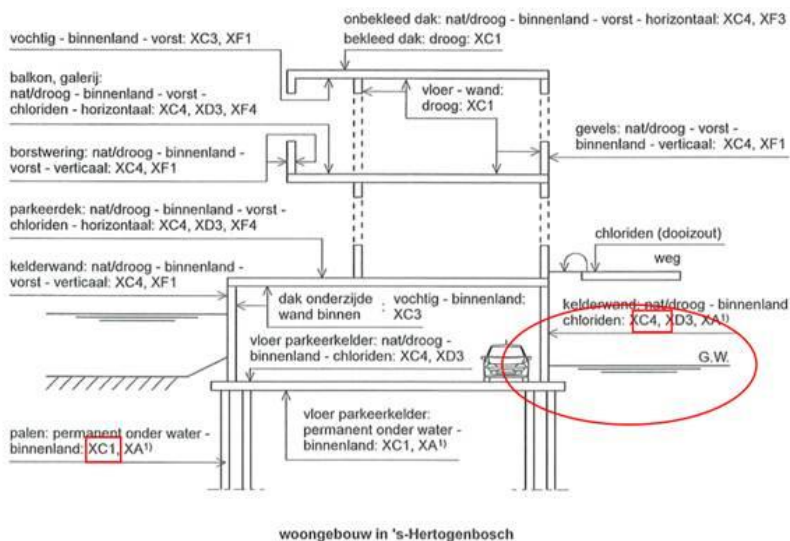
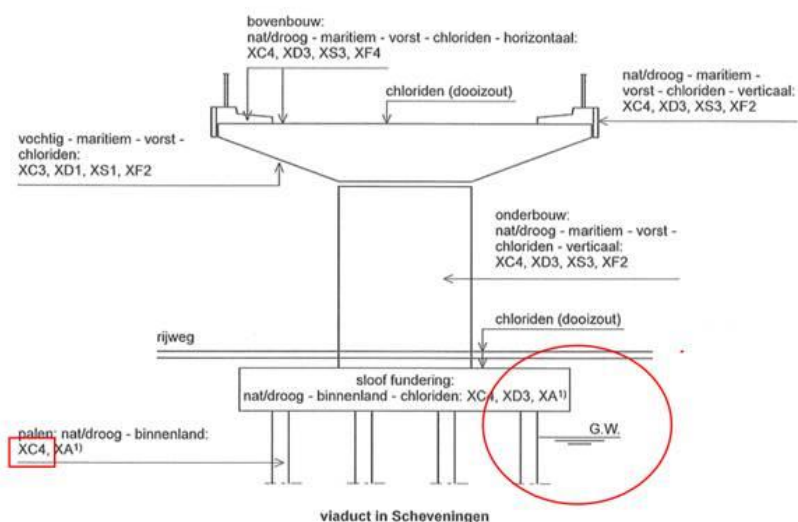
Wat opvalt bij het Betoniek-figuur is de toepassing van XC2 bij de funderingspalen en XC4 bij de poer en pijler. Bij het GTB 2010 – 5.2.d figuur (zie volgende pagina) wordt XC4 aangehouden bij alle drie de onderdelen. Het grote verschil tussen deze twee figuren is dat bij het GTB-figuur specifiek een grondwaterstand wordt aangegeven. Hier leiden wij uit af dat beton in het overgangsgebied tussen de hoogste en laagste grondwaterstand beschouwd moet worden als “wisselend nat en droog”. Hopelijk kan een volgende versie van NEN-EN 206 hier wederom meer duidelijkheid over verschaffen.

GTB 2010 - 5.2.d

beton

• milieuklassen
- voorbeelden

Voorbeelden van te hanteren milieuklassen bij diverse constructies en condities



Het voorgaande resulteert dan in onderstaande tabel:

Zone	Milieuklasse (Corrosie ingeleid door carbonatatie)	Geen wapening
1 Permanent boven GWS	XC2	X0
2 Permanent onder GWS	XC1	X0
3 Overgangsgebied	XC4	X0

Let op: er is bij palen ook altijd sprake van een XA-milieuklasse.

Dekking

Voor een constructie met een ontwerplevensduur van 50 jaar met betonkwaliteit C20/25 moet constructieklasse S4 worden aangehouden. Bij toepassing van een hogere betonkwaliteit kan men van een lagere constructieklasse gebruik maken. Zie onderstaand schema. De betondekking moet op de juiste milieuklasse worden afgestemd.

Omgevingseisen voor $c_{min,dur}$ mm bij ontwerplevensduur van 50 jaar					
Constructieklasse	Milieuklasse volgens tabel 4.1				
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	Betonkwaliteit
S3	10	10	20	25	$\geq C40/50$
S3/S4	10	10	20	30*	$\geq C35/45$
S3/S4	10	10	25*	30*	$\geq C30/37$
S4	10	15	25	30	C20/25

* Constructieklasse S4; er is geen verlaging mogelijk op basis van de betonkwaliteit. Bij XC4 is een verlaging pas mogelijk bij een sterkteklasse $\geq C40/50$.

Voor o.a. verontreinigde grond en kustgebied zijn andere milieuklassen en dekkingseisen van toepassing. Zie hiervoor NEN-EN 1992-1-1 hoofdstuk 4.

Voor het berekenen van de nominale dekking, c_{nom} , moet de minimumdekking bij het ontwerp zijn vermeerderd om rekening te houden met de uitvoeringstoleranties (Δc_{dev}).

De vereiste minimumdekking moet zijn verhoogd met de absolute waarde van de aanvaarde negatieve afwijking. De waarde van Δc_{dev} moet gelijk aan 5 mm zijn genomen.

Voor beton gestort tegen oneffen oppervlakken behoort de nominale dekking in het algemeen te zijn vermeerderd door het aanhouden van grotere ontwerptoleranties. De toename behoort in overeenstemming te zijn met het verschil veroorzaakt door de oneffenheid, maar de nominale dekking behoort ten minste k_2 mm te bedragen voor beton direct gestort op of tegen de grond. (zie 4.4.1.3 (4) NEN-EN 1992-1-1).

De waarde van k_2 moet gelijk aan $k_2 \geq c_{min,dur} + 50$ mm zijn genomen.

De benodigde dekking is tot aan de beugel, zie (1) van artikel 4.4.1.1 NEN-EN 1992-1-1

Bij een ontwerplevensduur van 50 jaar, XC4 en sterkteklasse C20/25 moet dan een dekking worden aangehouden van $c_{nom} = 30 \text{ mm} + 50 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$ op de beugels.

Let op: bij een berekende dekking $< 75 \text{ mm}$ kan artikel 7.7.2 of 7.7.3 van NEN-EN 1536 maatgevend zijn.

Voorbeeld

Voor toepassing van in de grond gevormde palen en specifiek avegapalen volgens NEN-EN 1536 gelden in Nederland de onderstaande waarden voor betonmortel, dekking en wcf uitgaande van C20/25 en milieuklasse XA2.

	Milieuklasse	Minimaal cementgehalte	Min. gehalte aan fijne delen (incl. cement)	Sterkteklasse beton	Min. dekking (mm)	Maximale wcf
Permanent boven de GWS met wapening	XC2, XA2	≥ 325 kg/m ³	toeslagmateriaal d > 8 mm ≥ 400 kg/m ³ d ≤ 8 mm en ≥ 4 mm ≥ 450 kg/m ³	C20/25	75	0,5
Permanent boven de GWS zonder wapening	XC0, XA2	≥ 325 kg/m ³		C20/25	N.v.t.	0,5
Overgangsgebied met wapening	XC4, XA2	≥ 325 kg/m ³		C20/25	80	0,5
Overgangsgebied zonder wapening	XC0, XA2	≥ 325 kg/m ³		C20/25	N.v.t.	0,5
Permanent onder de GWS met wapening	XC1, XA2	≥ 325 kg/m ³		C20/25	75	0,5
Permanent onder de GWS zonder wapening	XC0, XA2	≥ 325 kg/m ³		C20/25	N.v.t.	0,5

Tabel t.b.v. betonmortel, wcf en dekking op de wapening.

Opmerking: bij storten in natte omstandigheden is het minimaal vereist cementgehalte ≥ 375 kg/m³.

Wapening

Ongewapende palen

In artikel 12.1 van NEN-EN 1992-1-1 wordt een aantal voorbeelden genoemd waarvoor geldt dat deze ongewapend mogen zijn. Dit sluit echter niet uit dat er (praktische) wapening benodigd is om aan de bruikbaarheids- en/of duurzaamheidseisen te voldoen. Ook a.g.v. uitvoeringsomstandigheden (verkeer in de bouwput, machinaal ontgraven, grondverplaatsing, eenzijdige grondopslag, etc.) kan alsnog wapening benodigd zijn.

Art. 7.1.5, 7.1.6 en 7.1.8 van NEN-EN 1536 vermelden over ongewapende palen:

7.1.5 A bored pile may be designed as an unreinforced concrete element if:

- pile head reinforcement is provided in accordance with 7.1.6 and 7.1.8; and
- the design actions and/or actions caused by the construction and/or actions resulting from the ground produce only compressive stresses in the bored pile.

7.1.6 Bored pile heads for unreinforced bored piles shall be reinforced to cater for accidental loads (e.g. resulting from all construction works on the site).

7.1.8 If there is no design requirement for reinforcement, starter bars or another system should be placed in the bored pile head to locate the centre of the pile.

In de praktijk komt het er dus op neer dat in de kop van de paal altijd (praktische) wapening aanwezig moet zijn.

Gewapende palen

In de artikelen 7.1.5 t/m 7.1.9 van NEN-EN 1536 staan diverse omstandigheden beschreven waarbij (al dan niet met elkaar gecombineerd) mogelijk wapening moet worden toegepast. De volgende wapeningsomstandigheden staan beschreven:

- Kopwapening volgens art. 7.1.6 en 7.1.8;
- Wapening i.v.m. de grondsamenstelling en grondgesteldheid (denk aan knikwapening i.v.m. zeer slappe grondslag). Zie hiervoor ook de beantwoording van vraag A4 bij het hoofdstuk Vragen voor de normcommissies;
- Benodigde wapening vanuit het ontwerp;
- Benodigde wapening a.g.v. belasting vanuit de omliggende grond (denk aan horizontale gronddrukken, etc.);
- Benodigde wapening a.g.v. uitvoeringsomstandigheden (verkeer in de bouwput, machinaal ontgraven, grondverplaatsing, eenzijdige grondopslag, etc.).

Al deze omstandigheden moeten zijn beschouwd in de wapeningsberekening van de palen.

Voor de paaldiameter moet vanwege onzekerheden t.a.v. de dwarsdoorsnede van in de grond gevormde palen een reductie worden toegepast volgens NEN-EN 1992-1-1 artikel 2.3.4.2:

2.3.4.2 Aanvullende eisen voor in-situ gestorte palen

- (1)P Met onzekerheden ten aanzien van de dwarsdoorsnede van in-situ gestorte palen en de stortprocedures moet in het ontwerp en de berekening rekening zijn gehouden.
- (2) Bij afwezigheid van andere bepalingen behoort bij ontwerpberekeningen voor de diameter van in-situ gestorte palen zonder blijvende ommanteling het volgende te zijn aangehouden:
- als $d_{\text{nom}} < 400 \text{ mm}$ $d = d_{\text{nom}} - 20 \text{ mm}$
 - als $400 \leq d_{\text{nom}} \leq 1000 \text{ mm}$ $d = 0,95d_{\text{nom}}$
 - als $d_{\text{nom}} > 1000 \text{ mm}$ $d = d_{\text{nom}} - 50 \text{ mm}$

waarin d_{nom} de nominale diameter van de paal is.

Aanbeveling

Eventueel benodigde wapening i.v.m. de grondsamenstelling en grondgesteldheid moet uiteraard aangebracht worden over de benodigde lengte, maar aanbevolen wordt deze wapening aanvullend praktisch te “verankeren” over een lengte van minimaal 500 mm in de volgende laag. Dit i.v.m. het risico op uitvoeringsschade aan de paal direct onder de beëindiging van de wapening.

Minimale wapening

Voor het bepalen van de minimaal benodigde wapening moet eerst de theoretische doorsnede van de paal worden bepaald volgens artikel 2.3.4.2 van NEN-EN 1992-1-1. Door toepassing van artikel 9.8.5 van NEN-EN 1992-1-1 en 7.5.2.2 van NEN-EN 1536 kan vervolgens de minimaal benodigde wapening worden berekend.

Boordiameter (mm)	Theoretische diameter (mm)	Theoretische oppervlakte (mm ²)	Benodigde wapening (mm ²)
300	280,0	61575	308
350	330,0	85530	428
400	380,0	113411	567
450	427,5	143536	718
500	475,0	177205	886
550	522,5	214419	1072
600	570,0	255176	1276

Detailleren van de langswapening

De detaillering van de wapening moet worden uitgevoerd conform de artikelen 7.5.2.3 t/m 7.5.2.10 van NEN-EN 1536.

De minimale langswapening moet volgens 7.5.2.3 NEN-EN 1536 bestaan uit 4 staven rond 12. Zie ook de beantwoording van vraag A2 bij het hoofdstuk Vragen voor de normcommissies m.b.t. het afwijken van de minimaal benodigde 4 rond 12.

De vrije ruimte tussen de staven behoort bij voorkeur niet groter te zijn dan 400 mm (art. 7.5.2.5 NEN-EN 1536).

De vrije ruimte tussen de langsstaven of staafbundels mag niet kleiner zijn dan 100 mm (art. 7.5.2.6 NEN-EN 1536). Zie hiervoor ook de beantwoording van vraag A3 bij het hoofdstuk Vragen voor de normcommissies. Onder voorwaarden mag van de 100 mm regel worden afgeweken.

De onderstaande tabel is opgesteld voor milieuklasse XC4. Er van uitgaande dat de meest voorkomende situatie wisselend nat / droog is, in verband met fluctuerende grondwaterstanden. Als staafdiameter is 12 mm aangehouden en als beugel 6 mm.

Boordiameter (mm)	Dekking (mm)	Diameter korf ter plaatse hart langswap. (mm)	Omtrek korf (mm)	Vrije ruimte >100 mm (max. aantal staven)	Benodigde wapening (mm ²)
300	80	116	364	4*	308
350	80	166	522	4	428
400	80	216	678	5	567
450	80	266	836	7	718
500	80	316	993	8	886
550	80	366	1150	10	1072
600	80	416	1307	11	1276

* = aangepast betonmengsel toepassen, zie hoofdstuk Vragen voor de Normcommissies, vraag A3

Beugels

Onder beugels wordt ook spiraalwapening verstaan. Deze moeten voldoen aan artikel 7.5.3 van NEN-EN 1536 en 9.5.3 van NEN-EN 1992.

De diameter van dwarswapening (beugels, haarspelden of spiraalwapening) behoort niet kleiner te zijn dan 6 mm, of, als deze groter is, een kwart van de maximale diameter van de langsstaven. De diameter van de dwarsstaven in gepuntlaste wapeningsnetten behoort volgens NEN-EN 1992 niet kleiner dan 5 mm te zijn. Bij toepassen van aangelaste dwarswapening is conform NEN-EN 1536 een minimum diameter gewenst van 5 mm.

Waar dwarskrachtwapening is vereist, moet de beugelwapening voldoen aan artikel 9.5.3. van NEN-EN 1992-1-1. In lid 3 staat de volgende tekst:

De hart-op-hartafstand van de dwarswapening langs de kolom behoort niet groter te zijn dan $s_{cl,tmax}$.

De waarde van $s_{cl,tmax}$ moet gelijk zijn genomen aan de kleinste waarde van de volgende drie afstanden:

- 20 maal de minimumdiameter van de langsstaven;
- de kleinste afmeting van de kolom;
- 400 mm.

NEN-EN 1536 stelt in 7.5.3.2 nog als extra voorwaarde dat de vrije ruimte tussen de dwarswapening niet minder mag zijn dan de vrije ruimte zoals uiteengezet voor de hoofdwapening in 7.5.2 van NEN-EN 1536.

Berekening paal draagvermogen

De palen moeten worden berekend overeenkomstig de rekenregels van NEN 9997-1. Voor de berekening van het geotechnisch draagvermogen is artikel 2.3.4.2 van NEN-EN 1992-1-1 niet van toepassing, er mag dus gerekend worden met de boordiameter.

Uitvoering

De hoofdstukken 8 en 9 van NEN-EN 1536 moeten worden toegepast bij de uitvoering en het toezicht van de paalfunderingen. In deze hoofdstukken wordt ook verwezen naar NEN-EN 1997-1 en NEN-EN 13670.

Lokale omstandigheden (bijv. de grondsamenstelling, grondwater) kunnen invloed hebben op de uitvoering van het paalsysteem. Voorafgaand aan het werk moet dit onderzocht worden (artikel 9.1.3 NEN-EN 1536).

Het aanbrengen van de palen moet worden uitgevoerd volgens artikel 8.2 van NEN-EN 1536. Met als belangrijkste punt dat de betonspecie niet mag vermengen met de grond.

Volgens 8.2.1.12 van NEN-EN 1536 moet, als de hart-op-hart-afstand tussen twee te maken palen kleiner is dan 4 maal de paaldiameter met een minimum van 2 meter, de 2^{de} paal minimaal 4 uur later worden gemaakt. Let op: dit is een Recommendation. Er mag dus onderbouwd vanaf geweken worden.

Zie ook de beantwoording van vraag A5 bij het hoofdstuk Vragen voor de normcommissies. Een h.o.h. afstand van minimaal 3 maal de paaldiameter is ook toegestaan i.c.m. een periode van opstijven van 16 uur.

Tijdens de uitvoering is toezicht vereist. Zie artikel 9.1.1 van de NEN-EN 1536. Het toezicht op de realisatie van paalfunderingen is ook omschreven in CUR Aanbeveling 114.

Akoestisch doormeten

Het akoestisch doormeten van betonnen funderingspalen is omschreven in CUR Aanbeveling 109:2013. Aanbevolen wordt, conform 5.1.3 van CUR 109, 100% van de in de grond gevormde palen te controleren met akoestisch doormeten.

Zowel het maken van de paal als de nabehandeling (afwerken paal, ontgraving, etc.) geeft risico's op beïnvloeding van de integriteit van de palen. Het vaststellen van de aanwezigheid van afwijkingen in palen binnen een totaal beeld van geïnstalleerde palen is slechts mogelijk als alle palen worden doorgemeten. Alleen dan kan de enkele afwijkende paal worden opgespoord.

Na voltooiing van de paalfundering moeten alle palen dus akoestisch worden doorgemeten (na een minimale verhardingstijd van 5 dagen en na alle machinale werkzaamheden).

De rapportage moet worden ingediend bij het bevoegd gezag. Er mag pas worden doorgegaan met volgend (funderings)betonwerk na goedkeuring van de rapportage. Dit geldt ook m.b.t. paalinmeettekeningen en/of paalrevisies.

Houd er rekening mee dat er bij twijfel aan de integriteit van de palen op aanwijs van het bevoegd gezag enkele paalkoppen zullen moeten worden ontgraven en onder hoge druk moeten worden schoon gespoten t.b.v. een (extra) controle op de paalkwaliteit.

Nawoord

We willen graag eenieder bedanken die ons heeft geholpen met het samenstellen van deze notitie. In het bijzonder NEN commissie TGB-Betonconstructies, NEN commissie Geotechniek en diverse leden van NVAF.

De hoop wordt uitgesproken dat deze notitie zal bijdragen aan de harmonisering van de ontwerp- en uitvoeringspraktijk voor funderingen waarbij avegaarpalen worden toegepast.

Vragen voor de Normcommissies

Aan: COBc Geotechniek, Kevin Kleijberg

NEN Materialen en Bouwproducten

Postbus 5059
2600 GB Delft

Vlinderweg 6
2623 AX Delft

015 2 690 390
mb@nen.nl
www.nen.nl

Rabobank NL43 RABO 0106 8395 43

Stichting Koninklijk Nederlands
Normalisatie Instituut

KENMERK
351006/gkraj/175

DATUM
27-10-2020

ONDERWERP
Vragen COBc Geotechniek aan NEN april 2019

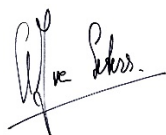
Geachte leden van COBc Geotechniek,

In April 2019 heeft COBc via Kevin Kleijberg een aantal vragen aan NEN gesteld over NEN EN 1536 en NEN EN 1992-1-1. Deze vragen zijn vastgelegd in document N311 van de NC Geotechniek.

Uw vragen zijn beantwoord door de NEN commissies Geotechniek en TGB Betonconstructies. Het antwoord is vastgelegd de meegestuurde bijlage bij deze brief.

Wij vertrouwen erop u met deze informatie van dienst te zijn geweest.

Met vriendelijke groet,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ir. A.J. van Seters', with a horizontal line drawn underneath.

Ir. A.J. van Seters

Voorzitter NEN Normcommissie Geotechniek

Bijlage

COBc vragen over NEN EN 1536 en NEN EN 1992-1-1 met beantwoording

De vragen zijn gezamenlijk besproken door de NEN commissies Geotechniek en TGB Betonconstructies. Onderstaand zijn de vragen weergegeven met de bijbehorende antwoorden.

A Vragen/onduidelijkheden NEN-EN 1536:

A1 Vraag: NEN-EN 1536

Geldt dezelfde vertaling voor Shall en Should als in de NEN-EN 1997-1, te weten moet en behoort te (wat gelezen moet worden als moet) en zijn ze daarmee beide verplichtend? Dit gezien bijlage D waarin een verschil wordt gemaakt in recommendation en requirement? Hoe moeten we deze vertalen en lezen?

Reactie: In de Eurocodes is onderscheid gemaakt in “shall” en “should” door middel van de vertaling met “moeten” (Requirement) en “behoren te” (Recommendation). In het Bouwbesluit is gesteld dat “behoren te” gelijkgesteld moet worden aan “moeten”, waarmee het onderscheid vervalt en “behoren te” ook een eis wordt (Requirement). Dit betreft een gereed product, niet de uitvoering van een paal.

De Uitvoeringsnormen worden niet door het Bouwbesluit aangewezen en zijn contract documenten. Hier is er **wel** verschil tussen “moeten” en “behoren te”. “Behoren te” is een aanbeveling, maar geen absolute eis.

A2 Vraag: NEN-EN 1536

In de teksten, van de NEN-EN 1536, over wapening wordt altijd gesproken over meerdere staven (bars). Ook lezen we in NEN-EN 1992-1-1 9.8.5 Boorpalen: “De waarde van $A_{s,bpmin}$ moet ontleend zijn aan tabel 9.6N. De minimale diameter voor de langsstaven behoort niet kleiner te zijn dan 12 mm. De palen behoren ten minste vier langsstaven te bevatten.” Mag hier de conclusie aan worden verbonden dat als er wapening wordt toegepast dat deze minimaal uit 4 staven bestaat of zijn er uitzonderingen opgenomen in de NEN-EN 1536 dat een centrale staaf een gelijkwaardige wapening is?

Reactie: De funderingspaal moet volgens NEN-EN 1992 worden gewapend, waar dit nodig is. Bij buigende momenten is meestal een kopwapening nodig, ook al om excentrische plaatsing van de paal te kunnen verdisconteren. De lengte van de wapening hangt af van de constructieve berekening van de paal, o.a. het momentenverloop. Daarnaast moet de op druk belaste paal in

het slappe lagen gedeelte van de grond zijn voorzien van wapening om knik te voorkomen.

In NEN-EN 1992 wordt uitgegaan van 4 staven met diameter 12 mm. Deze minimale wapening komt waarschijnlijk voort vanuit de minimale wapening van kolommen en betreft een minimale kwaliteitseis.

NC-Geotechniek geeft aan problemen te hebben met het achteraf inbrengen van de wapeningskorf tot meer dan 6 m, met name bij slanke palen (palen NEN-EN 1536 hebben een diameter van minimaal 300 mm). Gevraagd wordt, of een afwijkende wapening bij voorbeeld 3 staven rond 10 mm ook mogelijk is. Een centrale staaf, die van te voren kan worden ingebracht bij avegapalen, geniet de voorkeur.

TGB-Beton geeft aan, dat een wapening anders dan 4 staven rond 12 mm kan worden bekeken. TGB-Beton verzoekt de NC-Geotechniek een onderbouwing voor een afwijkende wapening met de uitvoeringsaspecten te leveren, zodat deze kan worden getoetst naar de huidige norm en de ontwikkelingen binnen de nieuwe Eurocode 2.

A3 Vraag: NEN-EN 1536 paragraaf 7.5.2.3. en 7.5.2.6.

Er ontstaat bij palen rond 300 mm een conflict bij toepassing van de regel minimaal 4 staven en een afstand tussen de staven van minimaal 100 mm. Wat te doen?

Rekenvoorbeeld: $300 - 2 \cdot 75 (\text{dekking}) - 2 \cdot 5 (\text{spiraalbeugel}) = 140$ mm korfdiameter binnen de beugel.

Omtrek korf is $140 \cdot \pi = 440$ mm de ruimte tussen de staven wordt nu $(440/4) - 12 (\text{voorgeschreven diameter}) = 98$ mm. Dit is de gunstigste situatie. Een meer voorkomende situatie is : $300 - 2 \cdot 80 (\text{dekking}) - 2 \cdot 6 (\text{beugel}) = 128$ mm korfdiameter binnen de beugel. Omtrek korf is $128 \cdot \pi = 402$ mm de ruimte tussen de staven wordt nu $(402/4) - 12 (\text{voorgeschreven diameter}) = 88$ mm.

Reactie: De vraag komt voort uit problemen met het inbrengen van beton tussen staven met een kleine hart op hart afstand.

Voor TGB-Beton is de 100 mm afstand tussen de staven geen harde eis. Deze afstand hangt namelijk af van de grofheid van het gebruikte betonmengsel. Wanneer een minder grof mengsel (bij voorbeeld Spramex) wordt toegepast, kan de minimale afstand kleiner zijn dan 100 mm. Het betonmengsel moet natuurlijk wel stabiel zijn.

NC-Geotechniek suggereert ook de oplossing van 3 staven in plaats van 4 staven (zie punt 2), verder te onderbouwen.

KENMERK

351006/gkraj/175

BEDRIJFSNAAM

NEN

DATUM

27-10-2020

PAGINA

3/8

KENMERK
351006/gkraj/175

BEDRIJFSNAAM
NEN

DATUM
27-10-2020

PAGINA
4/8

A4 Vraag: NEN-EN 1536 paragraaf 7.1.7

A bored pile should be reinforced over any length of soft or loose soil. Wapenen in loose soil? Wat is in Nederland de definitie van “soft or loose soil”? Los gepakt zand kan namelijk gezien worden als loose soil en dat lijkt ons niet de bedoeling. Welke lengte moet worden toegepast? De gehele lengte van de slappe/losse lagen of zoals nu gebruikelijk 10 meter? Misschien ook afstemmen op paragraaf 8.2.5.4.?

Reactie: TGB-Beton en NC-Geotechniek zijn het eens, dat de knik wapening moet worden berekend. Zie hiervoor artikelen in cement en (te verschijnen) in Geotechniek. Een bepaalde conusweerstand (vroeger 1 MPa) is niet te geven. Duidelijk is wel, dat er in losgepakt zand geen knikprobleem is.

A5 Vraag: NEN-EN 1536 paragraaf 8.2.1.12.

The centre to centre distance for bored piles produced with a time-difference less than 4h should be at least four times D or W with a minimum of 2m. Is dit in de praktijk nog van toepassing? Mag er vanaf worden geweken onder bepaalde voorwaarden? Dit i.v.m. de veel toegepaste h.o.h. afstand bij woningbouw van rond de 1500 mm, maar e.e.a. is natuurlijk ook afhankelijk van bijvoorbeeld het toegepaste mengsel, de mate van opstijven van het beton, het type ondergrond, etc. Voorheen was er overigens ook een wachttijd van 16 uur voor een h.o.h. afstand van kleiner of gelijk aan 3 keer de paaldiameter. Is deze ook nog van toepassing?

Reactie: Hart op hart afstand van avegaar palen is minimaal 3 maal de paaldiameter (praktische maat). De periode van opstijven van 16 uur is dan van belang voor een goede kwaliteit.

B Vragen/onduidelijkheden NEN-EN 1992-1-1 (hier is het integrale antwoord van TGB-Betonconstructies weergegeven uit N0330):

B1 Vraag: NEN-EN 1992-1-1 paragraaf 9.8.5

Deze is getiteld “Boorpalen”. Wat is de NEN-EN 1992-1-1 definitie van boorpalen? Dit i.v.m. het product boorpalen vs de groep geboorde palen. In de NEN-EN 1536 staan de volgende definities gegeven voor in de grond gevormde palen.

3.2
bored pile
fr pieu fore
de Bohrpfohl
pile or barrette formed with or without a pile casing by excavating or boring a hole in the
ground and filling with plain or reinforced concrete

3.4

continuous flight auger pile

CFA-pile

fr pieu à la tarière continue creuse (CFA)

de Schneckenbohrpfahl

pile formed by means of a hollow stemmed continuous flight auger through the stem of which concrete or grout is pumped as the auger is extracted.

KENMERK

351006/gkraj/175

BEDRIJFSNAAM

NEN

DATUM

27-10-2020

PAGINA

5/8

Reactie TGB-Beton (zie 351006_N0330):

Mede op basis van de verwijzing naar NEN-EN 1536 in paragraaf 9.8.5 mag worden aangenomen dat in NEN-EN 1992-1-1 dezelfde definitie voor boorpalen wordt gehanteerd als in NEN-EN 1536. Aanvullend wordt opgemerkt dat er twee uitvoeringsnormen zijn die betrekking hebben op in de grond gevormde palen:

- NEN-EN 1536 voor boor en schroefpalen
- NEN-EN 12699 voor de overige grond verdringende in de grond gevormde palen.

De voorwaarden in NEN-EN 1992-1-1 9.8.5 hebben betrekking op de boorpalen en schroefpalen die zijn vervaardigd overeenkomstig NEN-EN 1536

B2 Vraag: NEN-EN 1992-1-1 paragraaf 9.8.5.

Er staat de volgende tekst: "De vrije ruimte tussen de staven behoort niet groter te zijn dan 200 mm gemeten langs de omtrek van de palen." Waarom is de keuze gemaakt om langs de omtrek van de paal aan te houden? In de NEN-EN 1536 wordt voor de minimale afstand tussen de staven de omtrek van de korf gehanteerd. Als je paragraaf 9.8.5 toepast op een boordiameter van rond 300 mm moeten er minimaal 5 staven aangebracht. Met als gevolg dat er niet wordt voldaan aan de NEN-EN 1536 minimale tussen afstand 100 mm tussen de langsstaven, gemeten om de omtrek van de korf. Hoe om te gaan met dit conflict in beide normen of als er niet aan beide voorwaarden voldaan is de boordiameter dan niet geschikt?

Reactie TGB-Beton (zie 351006_N0330):

De gestelde vraag is gebaseerd op de tekst die uit NEN-EN 1992-1-1 geciteerd is: "De vrije ruimte tussen de staven behoort niet groter te zijn dan 200 mm gemeten langs de omtrek van de palen." De aangehaalde tekst is onderdeel van een opmerking in de norm en dus geen normtekst. De betreffende tekst in de opmerking is in de Nationale Bijlage aangepast tot:

"De waarde van $A_{s,bpmin}$ moet ontleend zijn aan tabel 9.6N. De minimale diameter voor de langsstaven behoort niet kleiner te zijn dan 12 mm. De palen behoren ten minste vier langsstaven te bevatten."

Het beoogde doel van de in de nationale bijlage opgenomen tekst was om een betere aansluiting te verkrijgen tussen NEN-EN 1992-1-1 en de uitvoeringsnorm voor in de grond gevormde palen NEN-EN 1536. Omdat de tekst in de opmerking over de staafafstand niet is overgenomen in de nationale bijlage, is dit geen normtekst geworden en hoeft hieraan niet te zijn voldaan.

B3 Vraag: NEN-EN 1992-1-1 paragraaf 12.2 lid 2

Hier staat het volgende voorbeeld "palen met diameters ≥ 600 mm en waarvoor $N_{Ed}/A_c \leq 0,3 f_{ck}$ ". Wat zijn de afwegingen geweest om palen met een diameter kleiner dan 600 mm uit te sluiten?

Reactie TGB-Beton (zie 351006_N0330): De achtergrond van de hier beschreven voorwaarden voor het beoordelen van niet gewapende of van lichtgewapende volgens hoofdstuk 12 van NEN-EN 1992-1-1 is ons niet bekend.

Aanvullende opmerking

Op dit moment wordt gewerkt aan een revisie van NEN-EN 1992-1-1. Deze zal omstreeks 2020 - 2021 voor formal vote beschikbaar zijn. Bij de revisie van de norm wordt getracht een betere afstemming te krijgen met uitvoeringsnormen voor geotechnische constructies die van beton vervaardigd zijn.

KENMERK

351006/gkraj/175

BEDRIJFSNAAM

NEN

DATUM

27-10-2020

PAGINA

6/8

C VRAGEN/ONDUIDELIJKHEDEN NEN9997-1.

C1 Vraag: NEN9997-1 7.6.2.3 (10) (b)

Binnen 1 m een sondering uitvoeren bij een geheide paal betekent, dat de paal vrijwel altijd automatisch goed is a.g.v. de grondopspanning. Is dit wel correct? Bovendien, welke k_{si} -waarde moet je dan gebruiken?

Reactie NC-Geotechniek: Artikel 7.6.2.3 (10) (b) is uitvoering besproken in de NC-Geotechniek. Er is besloten om dit artikel in 2021 te verwijderen uit de norm. Overigens is in het algemeen nasonderen uit de norm weggehaald. Aanbevolen wordt een proefbelasting uit te voeren (Proefbelasting type D).

C2 Vraag: NEN9997-1 7.9

We missen qua toezicht in zijn algemeenheid duidelijke regelgeving omtrent de controle op het aanwezige grondpakket tijdens het heikwerk. De in de norm opgenomen voorwaarden beperken zich bij geslagen grondverdringende palen (m.u.v. 4.1 (3)) tot een controle van de laatste 1 á 2 m van de paal d.m.v. kalenderen en zeggen dus alleen wat over de punt. Daar heb je weinig aan in situaties waar de draagkracht voor meer dan 50 % uit de schachtwrijving komt. Dit komt nu veelvuldig voor gezien de ingevoerde reductie van α_p . Graag zouden we zien in 7.9 "Toezicht op de uitvoering" wordt opgenomen, dat de controle over het volledige draagkrachtige pakket plaat moet gaan vinden. Op deze wijze kan eenvoudig gekeken worden of de uitgangspunten gebaseerd op de sonderingen voor alle palen ook daadwerkelijk van toepassing zijn.

Op zich kunnen we natuurlijk ook 4.1 (3) gebruiken:

"4.1 (3) De supervisie op het bouwproces en de afwerking behoort te bestaan uit het volgende voor zover van toepassing:

- controle van de geldigheid van de aannamen die voor het ontwerp zijn gedaan;
- vaststelling van verschillen tussen de daadwerkelijke grondgesteldheden en die in het ontwerp zijn aangenomen;
- controle dat de bouw plaatsvindt volgens het ontwerp.”

KENMERK
351006/gkraj/175

BEDRIJFSNAAM
NEN

DATUM
27-10-2020

PAGINA
7/8

Maar we zouden dit liever zien onder 7.9.

Daarnaast zijn tegenwoordig tal van geschroefde en gedrukte systemen op de markt aanwezig. Hierbij zijn we veelal afhankelijk van de leverancier van de palen omtrent welke gegevens hij kan/wil overleggen. Ook voor deze palen zouden we graag meer duidelijkheid willen, welke gegevens minimaal vastgelegd moeten zijn en over welke lengte.

In zijn algemeenheid wordt degene, die zo min mogelijk vastlegt nu beloofd. Want geen gegevens --> geen problemen.

Reactie NC-Geotechniek:

Naar aanleiding van deze opmerking wordt voorgesteld om artikel 7.9 aan te passen. De volgende aanpassing wordt in 2021 (na een commentaar ronde) ingevoegd:

7.9 – Toezicht op de uitvoering

Toevoegen na (4):

- (a) Van alle palen van een project moeten tijdens de uitvoering per tocht (25 cm), de volgende gegevens worden vastgelegd over het in het ontwerp gehanteerde dragende grondpakket, indien van toepassing:
 - kalendering (aantal slagen per tocht);
 - boordruk (pulldown kracht);
 - indringing per omwenteling (schraapfactor);
 - boormoment;
 - tijdsduur van intrillen.
- (b) Indien negatieve afwijkingen worden waargenomen t.o.v. de ontwerpaannamen, moet nader onderzoek worden verricht om te bepalen of dit consequenties heeft voor het ontwerp.

OPMERKING Het doel van het vastleggen van deze gegevens staat beschreven in 4.1

C3 Vraag: NEN9997-1 en NEN8707 – Paalfactoren

Welke puntfactoren toepassen bij een nieuwe paalfundering i.g.v. funderingsherstel, nu en in de toekomst? Dit i.v.m. aanhoudende discussie. Men wil er niet aan, wat funderingsherstel bestaande bouw betreft

Te denken valt dan aan situaties waarbij bijvoorbeeld een fundering op staal op palen wordt gezet, er rotte palen moeten worden vervangen, er te weinig draagkracht aanwezig is bij bestaande palen etc.

Reactie NC-Geotechniek:

In NEN8707 mogen de “oude” paalfactoren worden gebruikt bij bestaande paalfunderingen, bij beoordeling op afkeurniveau en bij verbouw, als de karakteristieke paalbelasting met minder dan 15 % toeneemt t.o.v. de huidige waarde.

Dus bij de verandering van een fundering op staal naar een paalfundering worden nieuwe palen geïnstalleerd, de verhoging van de paalbelasting is dan natuurlijk hoger dan 15 %, dus gelden de lagere alpha-factoren uit NEN9997-1.

Bij vervanging van “rotte” palen door nieuwe palen: deze nieuwe palen zijn nooit belast geweest, dus gelden de lagere paalfactoren van NEN9997-1.

Wanneer er palen moeten worden bijgeplaatst, gelden de nieuwe paalfactoren volgens NEN9997-1, met de lagere alpha-factor.

KENMERK

351006/gkraj/175

BEDRIJFSNAAM

NEN

DATUM

27-10-2020

PAGINA

8/8

C4 Vraag: N9997-1, art 7.6.2.3 € en (f)

Voordat de alpha-p met een factor 0,7 moest worden vermenigvuldigd, was de maximum puntweerstand ook al 15 MPa. Nu is de maximum puntweerstand nog steeds 15 MPa. Zo wordt bij hoge conusweerstand (zoals in Den Haag voorkomend) het effect van de factor 0,7 tenietgedaan. Het punt draagvermogen valt dus groter uit. Eigenlijk zeg je hier, dat vroeger het maximum $15/0,7 = 21,4$ MPa had mogen zijn. Klopt dit wel? Of is dit aan de aandacht ontsnapt bij de invoering van de factor 0,7?

Reactie NC-Geotechniek:

In 2012 is naar aanleiding van CUR229 (waarin opgenomen de analyse voor verlaging van alpha-p) een studie door Deltares et al. Uitgevoerd naar de verborgen veiligheden bij het berekenen van het draagvermogen van funderingspalen (CUR-commissie C139). Hier is ook een analyse van limietwaarden voor schacht- en puntweerstand uitgevoerd. Voor normaal geconsolideerd vastgepakt zand worden waarden van 12 MPa tot 15 MPa gevonden, voor zeer vastgepakt zand resulteren waarden van 16 tot 20 MPa. Voor het dichtgepakte zand op de Maasvlakte zijn in 1995 limietwaarden van 20 MPa gevonden (samen met alpha-p = 0,8).

Momenteel staan de limietwaarden opnieuw in de belangstelling, mede door recente proefbelastingen.