



Uitvoering van schroefpalen; type Avegaar

(vervaardiging van de in de grond gevormde paal)

Nummer : **wr 05**
auteur : A. Borst
eigenaar : A. Borst
uitgave : januari 2003
mutatie : december 2014

Inhoudsopgave

1.	Algemeen	2
2.	Besluit	2
3.	Bouwregelgeving	2
4.	Omschrijving systeem	3
5.	Uitvoeringswijze	3
6.	Eisen te stellen aan het kwaliteitssysteem	4
7.	Uitvoeringsplan	4
8.	Controles voor het maken van de palen	5
8.1	Avegaar	5
8.2	Geleiding van de avegaar	5
8.3	Eerste paal	5
8.4	Paalafstanden	5
8.5	Plaats van de paal	5
8.6	Specie	5
8.7	Registratieapparatuur	6
9.	Inboren	6
10.	Vervaardigen van de paal	6
10.1	Centrale wapeningsstaaf	6
10.2	Vullen van de holle as	6
10.3	Openen van de holle as	6
10.4	Trekken van de avegaar	7
10.5	Onderbreken van het trekken	7
10.6	Afwijkingen van de opgeboorde grond	7
10.7	Wapening en betondekking	7
11.	Afwerken van de paalkop	7
12.	Registratie uitvoeringsgegevens	8
13.	Paalintegriteitsonderzoek	8
14.	Controle van de betonkwaliteit	8
15.1	Schoorpalen	8
15.2	Palenwanden	8
	Bijlage A	9

1. Algemeen

De schroefpaal type Avegaar is een in de grond gevormd paaltype dat in de uitvoering moeilijk controleerbaar is. Vrijwel het hele vervaardigingproces speelt zich onzichtbaar in de grond af. Er bestaan meerdere "merken" en fabrikanten die allemaal wat verschillen, zowel qua materieel als in uitvoeringswijze. Geen enkele fabrikant heeft op dit moment een erkende kwaliteitsverklaring in de vorm van een procescertificaat zodat controle noodzakelijk is. Om het inzicht in en het toezicht op de uitvoering van dit paaltype te verbeteren en meer eenduidig te maken is regelgeving nodig. Hiermee kunnen de diverse onduidelijkheden ten aanzien van de uitvoering worden weggenomen.

2. Besluit

Deze richtlijn is opgesteld als een instrument voor het verbeteren van het toezicht op de juiste uitvoering van schroefpalen type Avegaar. Hiermee wordt bewerkstelligd dat de eisen voor de constructieve veiligheid uit het Bouwbesluit haalbaar zullen zijn bij een minder controleerbare uitvoering. De richtlijn is een ondersteuning van de te bereiken constructieve veiligheid van de paal.

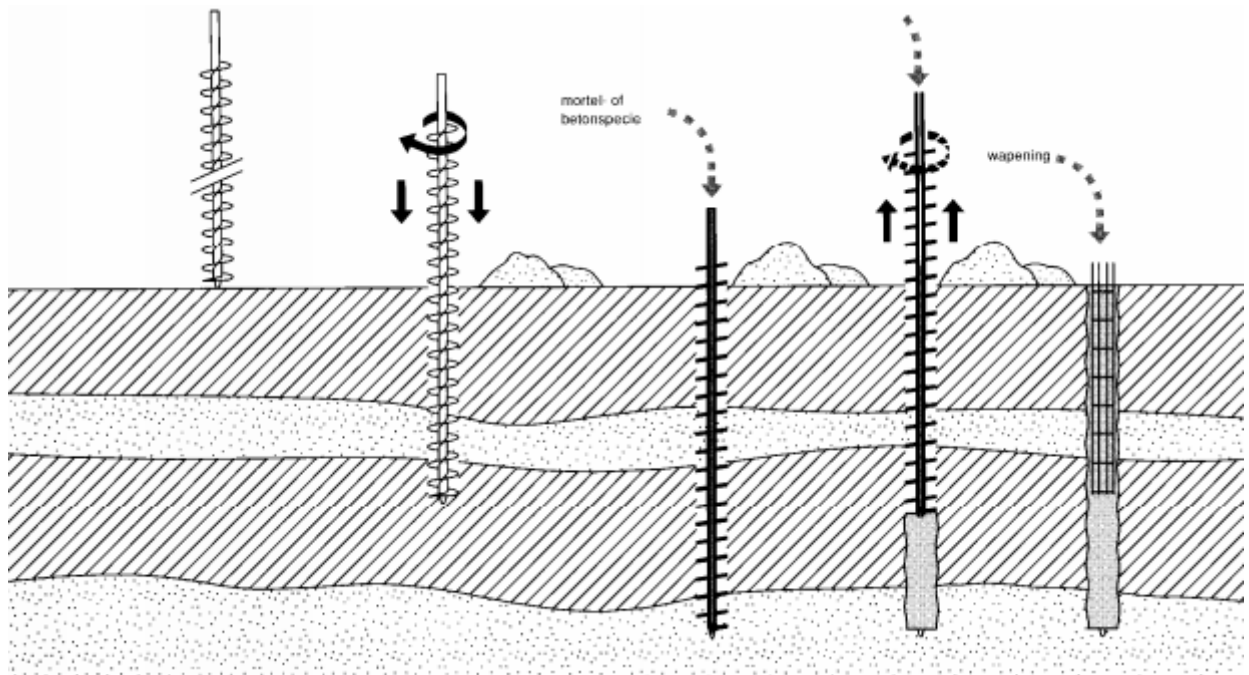
3. Bouwregelgeving

Het Bouwbesluit 2012 verwijst voor de toetsing van de grenstoestanden met betrekking tot veiligheid en bruikbaarheid van betonconstructies naar NEN-EN-1992 (Betonconstructies eurocode 2). In het bouwbesluit wordt de mogelijkheid gegeven van die norm af te wijken. Voorwaarde daarbij is dat een aan die norm gelijkwaardige veiligheid en bruikbaarheid wordt aangetoond. Dit is het zogenoemde gelijkwaardigheidbeginsel. Constructies waarbij onderwerpen aan de orde komen waarvoor in die norm geen bepalingen zijn opgenomen, moeten op oordeelkundige wijze worden ontworpen en berekend. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van - voor zover beschikbaar - aanvullende normen, richtlijnen, aanbevelingen, onderzoeksrapporten en vakliteratuur en zondig van experimenteel onderzoek. Op grond van het zogenoemde gelijkwaardigheidbeginsel is de NVN 6724 "Voorschriften Beton - In de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel" geaccepteerd en geïntegreerd in deze richtlijn. Na publicatie van een eurocode worden nationale normen voor het zelfde onderwerp echter ingetrokken op aanwijzing van de CEN (Comité Européen de Normalisation). Bij de in september 2010 uitgebrachte NEN-EN-1536 (eurocode Boorpalen) is echter nog geen nationale bijlage uitgebracht. De in december 2011 uitgebrachte NEN-EN-1992 (Betonconstructies eurocode 2) met nationale bijlage blijkt te botsen met de uitgebrachte NEN-EN-1536 (eurocode Boorpalen), maar ook de uitgebrachte NEN-EN-1536 blijkt ook te botsen met wat in Nederland tot voor kort gangbaar was. Daarom wordt middels deze werkrichtlijn voor de gemeente Utrecht duidelijkheid gebracht in de wijze van toetsen.

4. Omschrijving systeem

Een schroefpaal wordt gemaakt door een zogenaamde avegaar in de bodem te schroeven. Een avegaar bestaat uit een holle as die rondom is voorzien van een schroefblad. De as moet een minimale binnendiameter van 50 mm hebben voor zand-cementspecie en van 100 mm voor betonspecie. De holle as is tijdens het inschroeven aan de onderkant afgedicht ter voorkoming van het binnendringen van grond en water. De bovenkant van de as is aangesloten op een speciepomp. Na het op de vereiste diepte inschroeven van de avegaar kan eventueel een centrale wapeningsstaaf in de as worden aangebracht. Hierna wordt de hele as volgepompt met specie (zand-cementspecie of betonspecie). Door het opvoeren van de speciedruk en het over een kleine afstand trekken van de avegaar stroomt de specie uit. Door het verder langzaam trekken van de avegaar onder het met overdruk verpompen van specie wordt de paal in de grond gevormd. Nadat de paal is gevormd kan de wapening volgens de paaltekening in de verse specie worden aangebracht.

5. Uitvoeringswijze



Uitvoering schroefpaal

1. Het plaatsen van de avegaar op de juiste plaats, onderzijde afgedicht.
2. De avegaar rechtsom draaiend op diepte schroeven.
3. Het eventueel plaatsen van een centrale wapeningsstaaf, waarna de holle buis wordt volgepompt met specie.
4. De avegaar wordt ca. 0,1 m gelicht om de afdichting te openen, daarna wordt de avegaar stilstaand of langzaam rechtsom draaiend getrokken bij voortdurend onder overdruk verpompen van specie.
5. Direct na het vervaardigen van de paalschacht de wapening aanbrengen en de paalkop afwerken.

6. Eisen te stellen aan het kwaliteitssysteem

De ondernemer dient te beschikken over een werkbeschrijving die tenminste voorziet in de hierna omschreven eisen. Het doel van deze werkbeschrijving is te bewerkstelligen dat het vervaardigen van in de grond gevormde palen, uitgevoerd in overeenstemming met een vooraf overeengekomen werkwijze, leidt tot een constant verantwoorde kwaliteit van in de grond gevormde palen.

In de werkbeschrijving moet per keuringsactiviteit tenminste omschreven zijn:

- Door wie wordt de controle uitgevoerd;
- Wat wordt gecontroleerd;
- Waarop wordt gecontroleerd;
- Hoe wordt gecontroleerd;
- Hoe vaak wordt gecontroleerd;
- Hoe wordt de controle genoteerd en gepresenteerd:

Met deze op het oog simpele vragen kan in een "heibespreking" al snel inzicht verkregen worden in de mate van controle op de bouw, en de waarde van de werkbeschrijving van de ondernemer. Zodat zonodig aanvullende controle geëist kan worden.

7. Uitvoeringsplan

De uitvoering van het palenplan moet zijn gebaseerd op een uitvoeringsplan, dat ter goedkeuring moet worden voorgelegd aan Bouwtoezicht.

In het uitvoeringsplan moeten zijn vastgelegd:

- een palenplan met de plaats van het grondonderzoek
- plaats van de eerste paal
- globale uitvoeringsvolgorde
- paaldiameter(s)
- paalpuntniveau(s)
- wapeningsgegevens (staalkwaliteit, korflengte, steklengte, beugels, e.d.)
- wijze van wapening aanbrengen
- beton, of zand-cementspecie gegevens (sterkteklasse, milieuklasse, cementgehalte, consistentie, verwerkingstijd, dekking)
- werkniveau(s)
- afstortniveau(s)
- afwerken van de paalkoppen
- het inmeten van de plaats en de diameter van de palen ter controle.

8. Controles voor het maken van de palen

8.1 Avegaar

De avegaar mag in vrij hangende toestand niet meer dan 1/200 (0,5%) van de rechte lijn afwijken. De diameter van de avegaar dient tenminste 0,95 maal de ontwerp paaldiameter te bedragen.

Bij een gekoppeld systeem moeten de verschillende avegaarelementen dezelfde diameter en dezelfde spoed hebben, waarbij de spoed tevens moet doorlopen.

De inwendige diameter van de holle as moet minimaal 50 mm zijn voor zand-cementspecie en minimaal 100 mm voor betonspecie. In het testcertificaat staat het maximale draaimoment vermeld en de relatie draaimoment, oliedruk en toerental. Ter voorkoming van het zgn. schrapen is bij iedere paaldiameter een minimum draaimoment bij continu vermogen vastgesteld.

300 mm 30 KNm

450 mm 40 KNm

600 mm 60 KNm

1000 mm 120 KNm

Toelichting

Bij grotere afwijking van de rechtheid moet de avegaar worden afgekeurd omdat er anders te grote verstoringen van de grondslag optreden.

8.2 Geleiding van de avegaar

De avegaar moet worden geleid door een hoge stalen ring die aan de onderzijde van de makelaar is bevestigd.

8.3 Eerste paal

De eerste paal moet zo dicht mogelijk bij een sondering worden gemaakt die het diepste paalpuntniveau aangeeft, tenzij anders, zoals in het funderingsadvies, is voorgeschreven.

8.4 Paalafstanden

Palen kunnen onmiddellijk na elkaar worden aangebracht als de palen hart op hart tenminste vier maal de paaldiameter met een minimum van 2 meter van elkaar staan.

Als de palen dichter op elkaar staan moeten de palen met een tijdsverschil van minstens 4 uur worden vervaardigd. Bij het toepassen van een vertragende hulpstof moet die tijd met de vertragingstijd worden verlengd. Na overleg met de vakgroep Constructie Controle kan hier onder voorwaarden van worden afgeweken.

8.5 Plaats van de paal

De paal moet nauwkeurig boven de piket worden gecentreerd.

8.6 Specie

De te gebruiken specie moet worden geleverd onder certificaat met gebruikseisen, waarbij minimaal moeten zijn vastgelegd:

- sterkteklasse (minimaal C20/25, ten hoogste mag gerekend worden met C20/25)
- -cementgehalte
(voor beton C20/25 minimaal 350 kg/m³ en voor zand-cementspecie minimaal 500 kg/m³ in de sterkteklasse 42.5(R) of 52.5(R))
- milieuklasse (minimaal XC2)
- consistentiegebied (minimaal S4) en verwerkingstijd

De specie dient geleverd te worden door een gecertificeerde betoncentrale.

De specie kan zijn een zand-cementspecie of een betonspecie waaraan eventueel een vertragende hulpstof is toegevoegd.

8.7 Registratieapparatuur

Bij het inboren van de avegaar en het vervaardigen van de paal moeten de volgende gegevens continu worden gemeten en geregistreerd:

- het draaimoment van de boormotor (oliedruk, toerental)
- het aantal omwentelingen per zakking ter grootte van de spoed van de avegaar, de schraapfactor
- de inboordiepte
- de treksnelheid en de speciedruk
-

9. Inboren

Het inboren moet geleidelijk geschieden met een zo gering mogelijke afvoer van omliggende grond, d.w.z. er moet geboord worden met een zo laag mogelijke schraapfactor.

Uit de schraapfactor en het draaimoment van de boormotor, gerelateerd aan de inboordiepte kan worden afgeleid of er een verband met het grondonderzoek bestaat.

Toelichting:

De schraapfactor is het aantal omwentelingen van de avegaar dat nodig is om de avegaar over een lengte van één spoed te laten zakken. Wanneer tijdens het inboren veel grond naar boven wordt getransporteerd is het draaimoment van de boormotor te klein en de schraapfactor is dan groot.

Bij sterk afwijken van de bij een sondering gemeten schraapfactor en draaimoment moet contact met de grondmechanisch adviseur worden opgenomen. Zo nodig zullen er controlesonderingen gemaakt moeten worden om de bodemopbouw te verifiëren.

10. Vervaardigen van de paal

10.1 Centrale wapeningsstaaf

Na het bereiken van het vereiste paalpuntniveau kan eerst een eventuele centrale wapeningsstaaf in de holle as worden aangebracht. Hierna wordt de slang van de speciepomp aangesloten.

Toelichting

Het kan nodig zijn de paal over de hele lengte te wapenen; hiertoe wordt dan een centrale staaf aangebracht. De wijze van aanbrengen van de centrale wapeningstaaf dient te waarborgen dat de centrale over de gehele lengte in het midden van de paal komt, en geen insluitingen van grond kan veroorzaken.

Als de centrale staaf via de holle as wordt aangebracht mag gesteld worden dat aan deze uitvoeringseisen is voldaan.

10.2 Vullen van de holle as

Vervolgens wordt de holle as volgepompt met specie die op overdruk wordt gebracht.

10.3 Openen van de holle as

Door het lichten van de avegaar met niet meer dan 0,1 m en de overdruk op de specie wordt de afsluiting onder aan de as geopend. Mislukt het openen dan wordt de avegaar, mits de sondering het toelaat, weer ingeboord tot ca.0,5 m dieper dan de eerst bereikte diepte, waarna de openingshandelingen opnieuw worden uitgevoerd. Als na die pogingen de as nog niet is geopend, dan dient overlegd te worden met de vakgroep Constructie Controle. De inspecteur Constructie Controle zal dan beoordelen of een nieuwe poging met als gevolg een gereduceerd draagvermogen toelaatbaar is. Als dat niet het geval is wordt de avegaar linksom draaiend getrokken. Indien het noodzakelijk is de paal op dezelfde plaats over te maken wordt het inboorniveau tenminste 0,25 m dieper gekozen dan het laatste van de oorspronkelijke paal. In dit geval dient echter wel een controle sondering gemaakt te worden op 0,75 m uit de zijkant van de paal om de draagkracht van deze paal te kunnen bepalen.

Toelichting

De machinist kan het openen van de holle as constateren aan het plotseling terugvallen van de speciedruk. Direct daarna bouwt de druk zich weer op.

10.4 Trekken van de avegaar

De avegaar wordt aansluitend geleidelijk getrokken. Dit gebeurt met stilstaande of langzaam rechtsom draaiende avegaar. De treksnelheid en specietoever worden zo op elkaar afgestemd dat een continue gevulde schacht verzekerd is. Hierbij wordt de speciedruk (overdruk) en de treksnelheid continue gemeten en geregistreerd. In grondlagen met geringe steundruk wordt de speciedruk verminderd. Dit gebeurt ook over de bovenste meters om te voorkomen dat door te hoge druk de specie uitbreekt langs de avegaar, of dat er groundbreuk optreedt.

10.5 Onderbreken van het trekken

Mocht het trekken of het pompen van de specie onverhoopt worden onderbroken dan moet voor de hervatting van het trekken de avegaar eerst ca. 0,25 m in de verse specie worden geboord. Let hierbij ook op de verwerkingstijd van het beton!

10.6 Afwijkingen van de opgeboorde grond

Als de opgeboorde grond ter hoogte van de paalpunt afwijkt van wat uit het grondonderzoek is verwacht, wordt dit gemeld aan de grondmechanisch adviseur. Deze bepaalt dan in overleg met Bouwtoezicht wat er verder moet gebeuren.

10.7 Wapening en betondekking

De minimale lengte van de wapeningskorf moet, met inachtneming van de verankeringlengte, reiken tot het niveau waarvoor op basis van de berekening wapening vereist is. De minimale diameter voor de langsstaven in de wapeningskorf mogen niet kleiner te zijn dan 12 mm.

De minimale vrije ruimte tussen de langsstaven in de wapeningskorf bedraagt viermaal de grootste korrelafmeting D van het toeslagmateriaal met een minimum van 75 mm. De maximale vrije ruimte tussen de langsstaven in de wapeningskorf moet kleiner zijn dan 200 mm. Het minimum aantal langsstaven in de wapeningskorf over de gehele lengte van de korf is vier voor palen met een diameter kleiner dan 320 mm, en vijf voor palen met een diameter groter dan 320 mm.

In de kop van de paal moet altijd wapening aanwezig zijn met een lengte van tenminste 2.00 m, exclusief de laslengte voor de aansluiting op de fundering. Ter plaatse van grondlagen tot een diepte van 10 m onder werkniveau waarin de conusweerstand kleiner dan 1 N/mm^2 is, moet altijd wapening aanwezig zijn. Het minimale wapeningspercentage in de maatgevende doorsnede bedraagt 0.30 %. Bij palen met een diameter kleiner of gelijk aan 360 mm, die rekenkundig ongewapend zouden kunnen zijn, mag de wapening worden uitgevoerd met een enkele centrale staaf met een kenmiddellijn van 32 mm of groter. Centraal staven met een kenmiddellijn kleiner dan 32mm zijn dus niet toegestaan. Bij palen groter dan 360 mm, die rekenkundig ongewapend zouden kunnen zijn, mag geen centrale staaf worden toegepast maar moet een korf worden toegepast. Als dit leidt tot te lange korven, dan zal gekozen moeten worden voor een buisschroefpaal. Vaak zal een (kop)korf in overeenstemming met de paaltekening worden aangebracht. De betondekking inclusief uitvoeringstolerantie bedraagt uitgaande van milieuklasse XC2 op basis van de NEN-EN-1992 (Betonconstructies eurocode 2) tenminste $25+50=75$ mm, in geval van vervuilde grond dient echter $40+50=90$ mm te worden aangehouden. Om de dekking te waarborgen moeten onder en boven op de korf afstandhouders zijn aangebracht. De h.o.h. afstand tussen de afstandhouders bedraagt maximaal 5 m en bij schoorpalen 3 m. Dit moeten op de hoofdwapening gelaste strips zijn volgens bijlage A. De wapening wordt direct in de verse specie aangebracht nadat de bovenste, meestal met grond verontreinigde laag is verwijderd. Het aanbrengen gebeurt met mankracht, met een lichte vibrator of een snelslaghamer. De wapeningskorf of centrale wapeningsstaaf moet zodanig worden overhangen dat de onderzijde zich minstens 0,5 m boven de paalvoet bevindt.

11. Afwerken van de paalkop

Voor het afwerken van de paalkop kan één van de volgende methodes worden gebruikt:

- a. De paal wordt gevuld tot het werkniveau; na voldoende verharding wordt de paalkop gesneld tot het niveau waarop de vereiste betonkwaliteit aanwezig is.
- b. De paal wordt gevuld tot aan of even boven het werkniveau. Na 30 minuten (gerekend vanaf het moment van gereedkomen) wordt de bovenste, ondeugdelijke laag specie weg geschept. Daarna wordt de paalwapening aangebracht. Zonodig wordt vervolgens een kogelvormige mal over de verse paal geplaatst die wordt gevuld met specie waarmee de paal is vervaardigd. Deze specie wordt verdicht door kloppen tegen de mal. De paalkop wordt hierna met folie afgedekt om verontreiniging te voorkomen. Indien een andere methode wordt toegepast, moet met behulp van uitgeboorde cilinders worden aangetoond dat de vereiste betonsterkte wordt bereikt. De middellijn en de hoogte na bewerking van de cilinders moeten 100 mm bedragen.

12. Registratie uitvoeringsgegevens

Alle bijzonderheden die van invloed kunnen zijn op de kwaliteit van de palen moeten worden vastgelegd in uitvoeringsrapporten. Dit houdt in dat zowel de algemene aspecten van de uitvoering, als de specifieke uitvoeringsaspecten per paal hierbij moeten zijn betrokken.

Toelichting

Als voorbeeld kunnen genoemd worden:

- *schrapen tijdens het boorproces*
- *problemen met het openen van de holle as*
- *onderbrekingen in het pompen van de specie*
- *afwijkingen van de opgeboorde grond*

13. Paalintegriteitsonderzoek

Na minimaal 5 dagen verharding moeten **alle** palen akoestisch worden doorgemeten teneinde te kunnen beoordelen of de paalschachten homogeen van doorsnede zijn, dus geen breuken, scheuren of insnoeringen hebben. Daarnaast kan bij gereede twijfel 5% van de palen, met een minimum van 3 palen, worden ontgraven tot het grondwater met een minimum van 1 m diep.

Toelichting.

*Akoestisch onderzoek is tot nu toe redelijk betrouwbaar gebleken en geeft relatieve waarde bij het onderling vergelijken van de meetgrafieken. Reden voor het doormeten van **alle** palen is dat meestal slechts een beperkt aantal palen afwijkingen vertoont, en die vindt je niet als je een deel van de palen overslaat. Verleidt de meettechnicus nooit tot het geven van een "voorlopige" beoordeling van de signalen. Voor het akoestisch doormeten van de palen wordt verwezen naar CUR-aanbeveling 109 (Akoestisch doormeten van betonnen funderingspalen. Bespreek tijdig dat de meettechnicus de beschikking dient te krijgen over alle gegevens (palenplan, wapeningstekening van de palen, sonderingen en de boorstaten). Ook dan kunnen er nog onduidelijkheden zijn over interpretatie van de afwijkingen in de signalen. Daarom is ook ontgraven nodig om visuele controle van het bovenste, meest gevoelige deel van de palen mogelijk te maken. Het ontgraven dient met grote voorzichtigheid te worden verricht om paalschade te voorkomen. Als eventuele afwijkingen niet middels ontgraving onderzocht kunnen worden dan kan een proefbelasting nog tot een oplossing leiden.*

14. Controle van de betonkwaliteit

In enkele gevallen is het van belang om meer zekerheid te krijgen over de in het werk gerealiseerde betonkwaliteit. De controle van de betonkwaliteit in het bovenste deel van de palen moet volgens NEN-EN 206-1 en NEN 8005 gebeuren. Uit de afgewerkte paalkoppen moeten, binnen 72 uur na productie, cilinders worden geboord. Het aantal te boren cilinders moet tenminste 5% van het aantal palen bedragen met een minimum van 6. Na 7 dagen onder water te zijn bewaard, moeten de individuele waarden van de op de cilinders bepaalde betondruksterkte tenminste 80% van de vereiste karakteristieke kubusdruksterkte behorend bij de voorgeschreven sterkteklasse bedragen. Na 28 dagen onder water te zijn bewaard, moeten de individuele waarden van de op de cilinders bepaalde betondruksterkte tenminste de vereiste karakteristieke kubusdruksterkte behorend bij de voorgeschreven sterkteklasse bedragen. Palen waarvan het betonoppervlak in enige doorsnede kleiner is dan 0.95 maal de waarde zoals die in de berekening is aangehouden ofwel 0.975 maal de diameter, moeten worden afgekeurd, tenzij uit een herberekening blijkt dat nog voldoende veiligheid aanwezig is.

15. Bijzonderheden

15.1 Schoorpalen

Wanneer schroefpalen een grotere helling dan 1:15 hebben, spreekt men van schoorpalen. Deze kunnen uitsluitend met een centrale wapeningsstaaf, die in de as van de avegaar wordt aangebracht, worden gewapend. Het maken van de paal mag niet worden onderbroken.

15.2 Palenwanden

Een palenwand wordt gemaakt door schroefpalen naast elkaar te installeren, hetzij insnijddend, hetzij met een kleine tussenafstand. Palenwanden worden meestal gebruikt als grondkering en moeten daartoe worden gewapend; dit gebeurt bij alle palen of om de andere paal.

Bijlage A

