



CROW
CROW-CUR Rapport 236:2023
Richtlijn Ankerpalen

**Ankerpalen in Nederland
vanaf 1996, heden, toekomst**
Spreker: Ad Vriend (Acécon)



**Reeds meer dan 25 jaar succesvolle toepassingen
van ankerpalen in Nederland**

**Singelgarage
te Alkmaar**
(ca. 1996)



Type A
spoelboren met dubbele buis



Type B
spoelboren met enkele buis
verloren punt of open punt





Type C
zelfborende ankerpalen



Type D
geschroefde ankerpalen



Type E
getrilde ankerpalen



HUBERTUSTUNNEL (DEN HAAG - 2005)

- alternatief met schroefgroutboorpalen
- na moeizame paalinstallatie controleproeven
- schachtwrijving ca. 20 % van verwachting
- verstopping in groutleiding
- rond duinzand
-

Cobouw online
de website van de bouw

Onderzoek fundering Hubertustunnel geeft geen uitsluitel

TECHNIEK | 27-10-2006 00:00 | Irene de Bel

DEN HAAG - De funderingspalen voor de bouwkuip van de Hubertustunnel aan de Landschingsdijk bleken tijdens controleproeven nog niet eens een vijfde van de benodigde krachten te kunnen opnemen. Ruim een jaar later is nog steeds niet duidelijk wat precies de oorzaak was van dat falen. Ir. Evert Aukema van BouwDienst Rijkswaterstaat onderzocht het voorval, maar kon alleen een aantal mogelijke oorzaken vinden.



OPRICHTING CUR-COMMISSIE (2006)



Met als doel het opstellen van een Richtlijn met “spelregels” voor:

- ontwerp - geotechnisch, ankerstaal, veerstijfheid
- beproeven
- toezicht bij uitvoering en beproeven

Ontwerprichtlijnen voor niet-geheide verankerings-elementen onder onderwaterbetonvloeren

CUR Richtlijn 236 - Ankerpalen



nov. 2011



mrt. 2016



nov. 2017



dec. 2023

KERN VAN CUR 236



ROBUUSTE EN BETROUWBARE ANKERPALEN

- juiste keuze voor toe te passen type ankerpaal
- gedegen paalontwerp
- zo nodig proefboren t.b.v. ervaren boorproces op locatie zelf
- proefbelasten !
- toezicht en beoordeling !

PAALONTWERP



GEOTECHNISCH TREKDRAAGVERMOGEN:

$$R_{t,d} = \int_0^{L_a} (p_{z,gem} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot \alpha \cdot q_{c,z,ontgr}) \cdot \xi \cdot \gamma_{s,1} \cdot \gamma_m \cdot var; q_c) dz$$

$$\alpha_t \cdot q_{c,z,ontgr} = \tau \quad \text{met } \alpha_t \text{ naar keuze:}$$

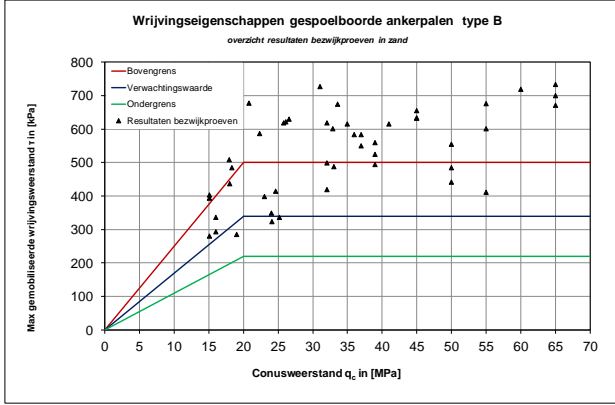
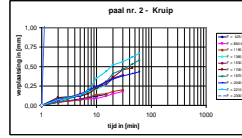
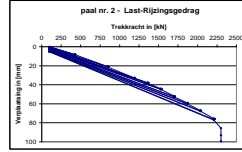
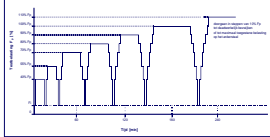
- veilige ondergrenswaarden wrijvingseigenschappen - geen proeven
- geoptimaliseerde wrijvingseigenschappen - wel proeven

GEOTECHNISCH DRUKDRAAGVERMOGEN: met $\alpha_s = \alpha_t$ en puntweerst.



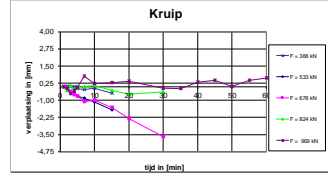
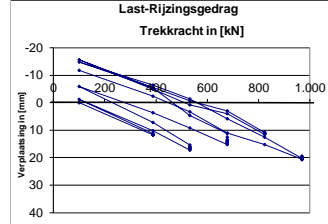
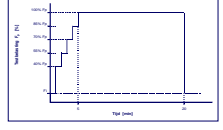
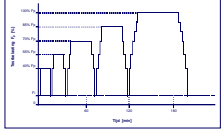
BEPROEVEN - VOORAF

Bezwijkproeven



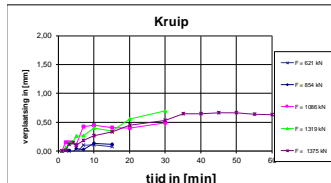
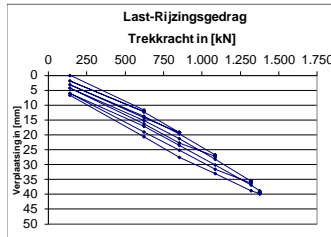
BEPROEVEN - PRODUKTIEPALEN

Geschiktheids- en controleproeven



Niet zo:





Maar zo:



PROEFBELASTEN

IS EEN BALANCEER-ACT

- proeflast niet te laag maar ook niet te hoog
- theorie en praktijk komen hier bij elkaar
- “doet ie het of doet ie het niet”

VALT VEEL VAN TE LEREN: KOPPEL PRAKTIJK TERUG NAAR THEORIE

HEEFT CUR 236 ANKERPALEN GEBRACHT WAAR WE NU STAAN

WAAR STAAN WE NU MET CUR 236 ?

- loopt vooruit op NEN 9997-1 en NEN 7201
- ontwerp en beproeven vormen één geheel
- gecontroleerd en succesvol proces: grote bedrijfszekerheid ankerpalen
- toezicht en uitvoeringscontrole blijft helaas nog veelal achterwege

STATE OFF THE ART: MAASDELTATUNNEL



Noord

Zuid



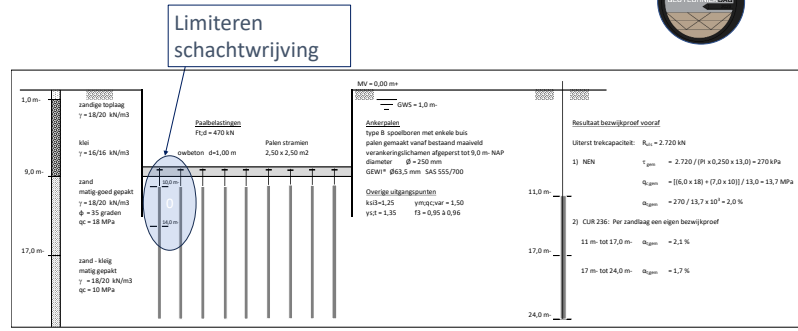


MDT - IMPOSANTE KENTALLEN



- ca. 9.000 stuks gespoelboorde en zelfborende ankerpalen
- PPN's tot 64 m- NAP
- GEWI®-staven \varnothing 75 mm en gerolde buizen \varnothing 101,6x25,0
- proeflasten tot 2.450 kN en 2.740 kN
- steekproefsgewijze uitvoeringscontrole

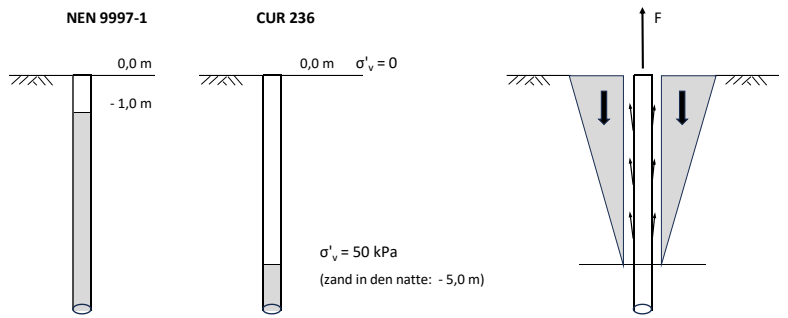
SIMULATIE ONTWERP + BEPROEVEN



LIMITEREN SCHACHTWRIJVING (TREK)



Te laag effectief spanningsniveau boven in zandlaag



SIMULATIE ONTWERP + BEPROEVEN

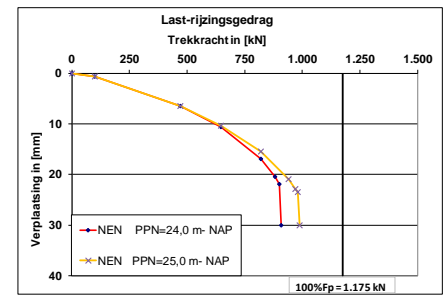


NEN 9997-1 / NEN 7201

R_s vanaf 1,0 m- ontgraving

Wrijvingseigenschappen:

- gemiddeld over paallengte
- per zandlaag



SIMULATIE ONTWERP + BEPROEVEN

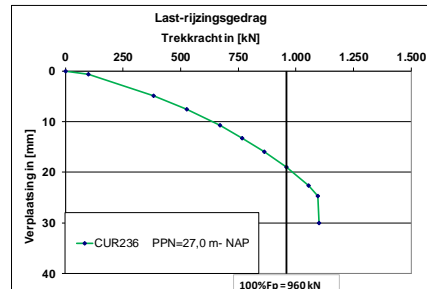


CUR 236

R_s vanaf 5,0 m-ontgraving

Wrijvingseigenschappen:

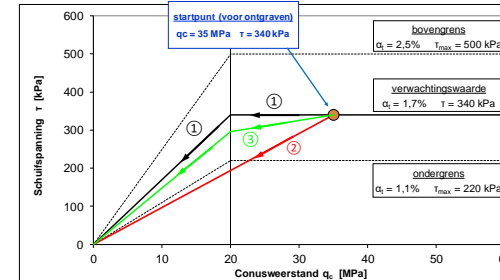
- per zandlaag



INVLOED ONTGRAVEN OP WRIJVING



Voorbeeld met $q_{c,z} > 20$ MPa (type B spoelboren + afpersen)



- ① = zonder bezwijkproef
- ② = na bezwijkproef NEN 7201
- ③ = na bezwijkproef CUR 236

Consequentie:

Na bezwijkproef dieper PPN

Ondanks proefresultaat gelijk aan verwachting vooraf

Dat is best wel vreemd !

ZIJN WE NU KLAAR MET CUR 236 ?



- ja en nee
- toepassing CUR 236 leidt tot gering risico op falen van ankerpalen
- gedegen ontwerp-expertise nodig, zeker bij keuze voor proefbelasten
- er resteren nog enkele fundamentele vraagstukken: pak die op !
- toezicht en uitvoeringscontrole: spelregels en criteria nodig ! (CUR114)

HET BLIJFT MENSENWERK

