

Dimensioneringsmethode **RICHTLIJNEN**
VOOR DE TOEPASSING VAN
DE EUROCODE 7 IN BELGIË
VOLGENS NBN EN 1997-1 ANB

**DEEL 3 : HET GRONDMECHANISCHE ONTWERP VAN
VOORGESPANNEN GROUTANKERS**



Dimensioneringsmethode **RICHTLIJNEN** **VOOR DE TOEPASSING VAN** **DE EUROCODE 7 IN BELGIË** **VOLGENS NBN EN 1997-1 ANB**

DEEL 3 : HET GRONDMECHANISCHE ONTWERP VAN VOORGESPANNEN GROUTANKERS

Dit document werd opgesteld onder leiding van de werkgroep "Beschoeiingen" van Buildwise en werd goedgekeurd door de normalisatiecommissie NBN E25007 "Eurocode 7" waarvan het secretariaat waargenomen wordt door Buildwise en SECO. De leden van de normalisatiecommissie zijn:

J. Andries (MOW), C. Basunga Ngelesi (FOD Economie), C. Bauduin (Besix/KUL), O. Bot (NBN), M. Bottiau (ABEF), B. Buysse (SECO/Secretaris van de commissie), R. Caspeepe (UGent), H. de Chaunac (Fondytest), F. De Cock (Geo.be), J. Deceuster (CFE), N. Denies (Buildwise), N. Depauw (Buildwise), C. De Mey (NBN), F. De Meyer (SECO), M. De Vos (Buildwise/Secretaris van de commissie), B. François (ULG), P. Gérard (ULB), K. Haelterman (MOW), A. Holeyman (UCL), N. Huybrechts (Buildwise/KUL), S. Huyghe (Civiel), G. Jaspar (SPW), E. Leemans (ABEF), A. Madarasz (NBN), W. Maekelberg (Tuc Rail), J. Maertens† (Jan Maertens bvba), L. Maertens (Besix/Voorzitter van de commissie), I. Mariën (MOW), P. Meireman (Geo Design), P. Mengé (DEME Group), H. Peiffer (Alpha studiebureau), X. Raucroix (Fugro), O. Rens (ABEF), C. Treve (CT-GeoConsult), G. Van Alboom, S. Vandemeulebroecke (Sweco Belgium), P. Vandenbosch (Regie der Gebouwen), D. Verastegui (MOW), H. Verbraken (Besix), S. Verfaille (MOW), J. Verstraelen (ABEF), L. Vincke (MOW), V. Whenham (Besix), Th. Wulleman (ABEF)

Voorliggende richtlijnen zijn gebaseerd op de meest recente literatuur over dit onderwerp. Bij de opstelling van deze richtlijnen werd een zo groot mogelijke bruikbaarheid nagestreefd. De leden van de werkgroep en de normalisatiecommissie kunnen echter niet aansprakelijk gesteld worden voor eventuele onvolkomenheden in dit document.

De in dit document opgenomen richtlijnen kunnen vanaf het ogenblik van hun publicatie in België toegepast worden voor het grondmechanische ontwerp van voorgespannen groutankers voor verankerde structuren

Richtlijnen voor de toepassing van EC7 in België – Het grondmechanische ontwerp van voorgespannen groutankers – maart 2024



(kerende wand, taluds,...) behorende tot Geotechnische Categorie 2. De richtlijnen dienen eveneens als basis voor het ontwerp van voorgespannen groutankers voor verankerde structuren behorende tot Geotechnische Categorie 3, maar in dit geval zijn bijkomende maatregelen vereist (monitoring van ankerkrachten en/of verplaatsing van de ankerkop, eindige elementen analyse, ...).

Indien het ontwerp gebeurt in overeenstemming met de Belgische Nationale Bijlage van Eurocode 7 – Deel 1 (NBN EN 1997-1 ANB [1]), moeten deze richtlijnen toegepast worden voor het grondmechanische ontwerp van voorgespannen groutankers voor verankerde structuren behorende tot geotechnische categorie 2.

Inhoud

1.	Inleiding	6
2.	Geotechnische Categorieën, definities en symbolen	8
2.1	Geotechnische Categorieën	8
2.2	Definities	8
2.3	Symbolen	8
3.	Het grondmechanische ontwerp van ankers.....	11
3.1	Definitie van een "anker"	11
3.2	Grondmechanische ontwerp van ankers	14
3.2.1	Algemeen	14
3.2.2	Bepaling van de rekenwaarde van de belasting op het anker ...	15
3.2.3	Bepaling van de rekenwaarde van de draagkracht op trek van een anker in UGT : $R_{uls,d}$	16
3.2.3.1	Bepaling van $R_{uls,d}$ op basis van proeven.....	16
3.2.3.2	Bepaling van $R_{uls,d}$ op basis van berekeningen m.b.v. CPT voor groutankers	18
3.2.4	Bepaling van rekenwaarde van de draagkracht op trek van een anker in BGT : $R_{sls,d}$	19
3.3	Proeven op ankers	21
3.3.1	Algemeen	21
3.3.2	Ontwerpproeven (E: Investigation tests).....	21
3.3.3	Geschiktheidsproeven op ankers (E: Suitability tests).....	22
3.3.3.1	Minimum proefbelasting	22
3.3.3.2	Eisen m.b.t. de draagkracht.....	23
3.3.3.3	Eisen m.b.t. de schijnbare vrije lengte L_{app}	23
3.3.4	Aanvaardingsproeven op ankers	25
3.3.4.1	Minimum proefbelasting	25
3.3.4.2	Aanvaardingscriteria m.b.t. de draagkracht	26
3.3.4.3	Aanvaardingscriteria m.b.t. de schijnbare vrije lengte L_{app}	26
4.	Referenties.....	27

Voorwoord

Het eerste deel van de Eurocode 7 met als titel "Geotechnisch ontwerp – Algemene regels" is in 2005 verschenen als Belgische norm NBN EN 1997-1 [2]. In 2014 verscheen een herziening hiervan als NBN EN 1997-1/A1 [3] met een belangrijke aanpassing van de tekst van het hoofdstuk met betrekking tot ankers.

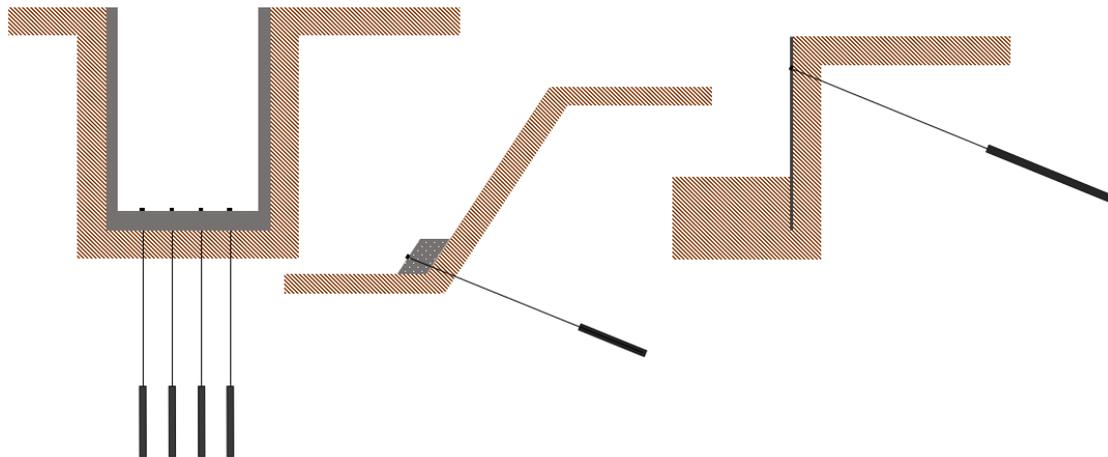
De Belgische Nationale Bijlage van Eurocode 7 werd in 2014 gepubliceerd met in 2022 een eerste revisie van deze Bijlage (NBN EN 1997-1 ANB [1]). Deze legt onder meer een aantal keuzes en waarden vast op nationaal niveau, maar bepaalt echter geen berekeningsmethoden.

Gelijktijdig worden er richtlijnen uitgewerkt die de toepassing van de Eurocode 7 in België op een gedetailleerde en pragmatische manier beschrijven. Deze activiteiten werden opgestart in de schoot van de interprofessionele werkgroep "Eurocode 7" van Buildwise en verdergezet binnen de normalisatiecommissie NBN E25007 "Eurocode 7". Als input voor de commissiewerkzaamheden werd dankbaar gebruik gemaakt van de resultaten van diverse prenormatieve studies die georganiseerd werden door Buildwise en die mede gefinancierd werden door de Federale Overheidsdienst Economie, NBN en de ABEF (Belgische Vereniging Aannemers Funderingswerken).

Dit document betreft een derde luik van deze richtlijnen en licht het grondmechanische ontwerp van voorgespannen groutankers.

1. Inleiding

Dit document beschrijft het grondmechanische ontwerp van voorgespannen groutankers voor verankerde structuren (kerende wand, taluds...) behorende tot Geotechnische Categorie 2 (zie figuur 1).



Figuur 1: voorbeelden van structuren verankerd met ankers

Voor het ontwerp van voorgespannen groutankers voor als bijkomende horizontale ondersteuning van ingebedde kerende constructies moet dit document gebruikt worden in combinatie met de Richtlijnen voor de toepassing van de Eurocode 7 in België volgens NBN EN 1997-1 ANB – Deel 2: het grondmechanische ontwerp van ingebedde kerende constructies: Beschoeiingen [4].

Voor het ontwerp van voorgespannen groutankers voor andere te verankeren constructies moet dit document gebruikt worden met de relevante secties van de NBN EN 1997-1 [2] en de NBN EN 1997-1 ANB [1].

Een goed ontwerp is gebaseerd op een degelijk grondonderzoek. Daarbij moet er bijzondere aandacht worden besteed aan de kwaliteit, de uitgebreidheid en de rapportering van het grondonderzoek. De BGGG (Belgische Groepering voor Grondmechanica en Geotechniek) legde in 2012 een aantal standaardprocedures vast voor geotechnisch grondonderzoek [5], [6] en [7].

Bij het opstellen van voorliggende richtlijnen werd ervan uitgegaan dat de ankers uitgevoerd worden in overeenstemming met de huidige regelgeving, door gekwalificeerd personeel en met aangepast materiaal en materieel. Verder werd ervan uitgegaan dat de uitvoering grondig gecontroleerd en opgevolgd wordt. Meer informatie omtrent voorgaande aspecten is beschikbaar in NBN EN 1537 voor groutankers [8].

De Eurocodes en deze richtlijnen zijn geldig voor courante constructies en ontwerpvoorwaarden, maar vervangen geenszins het "*engineering judgement*".

De waarden van de veiligheidsfactoren leiden voor ankers, gebruikt voor verankerde structuren behorende tot geotechnische categorie 2, tot een normaal aanvaardbaar veiligheidsniveau. In bepaalde gevallen kan het aangewezen of toegelaten zijn om het betrouwbaarheidsniveau te verhogen, dan wel te verlagen. Aanwijzingen omtrent de keuze van het betrouwbaarheidsniveau en de wijze waarop dit niveau bereikt kan worden, worden opgegeven in NBN EN 1990 [9] en de bijbehorende Nationale Bijlage [10].

De volgende aspecten worden daarentegen niet behandeld in dit document:

- het grondmechanische ontwerp van de verankerde structuren,
- het ontwerp van dodemanankers (dood-man anchors) typisch gebruikt voor cofferdams en ankerwanden
- het grondmechanische ontwerp van palen belast op trek,
- het grondmechanische ontwerp van de micropalen,
- het grondmechanische ontwerp van grondnagels,
- het groepeffect,
- het effect van het verlies van één of meerdere ankers op de stabiliteit van de verankerde structuur,
- de bepaling van het hoek van het anker,
- het structurele ontwerp van het anker,
- de bescherming van het anker tegen corrosie,
- het lengteeffect van anker met een lange wortellengte in geval van gebruik van "*comparable experience*".

Indien deze aspecten van toepassing zijn, dienen ze gecontroleerd te worden door de ontwerper.

2. Geotechnische Categorieën, definities en symbolen

2.1 Geotechnische Categorieën

Om de geotechnische ontwerpeisen vast te stellen, mag er een onderscheid worden gemaakt tussen drie Geotechnische Categorieën (GC).

De algemene principes voor de indeling van deze categorieën worden beschreven in NBN EN 1997-1:2005 [2] en in [4] specifiek voor het grondmechanische ontwerp van ingebedde kerende constructies.

Het voorliggend document dekt enkel de geotechnische berekeningen van ankers voor verankerde structuren in GC 2 en moet als basis worden toegepast in GC 3.

Voor GC 3 dienen aanvullende voorzieningen en regels te worden toegepast (bijvoorbeeld eindige elementen analyse, monitoring, ...).

2.2 Definities

Algemeen :

Voor de algemene definities wordt verwezen naar de NBN EN 1990 [9] en de NBN EN 1997 – 1 [2].

2.3 Symbolen

Wat de gebruikte symbolen betreft, wordt verwezen naar de NBN EN 1990 [9] en de NBN EN 1997 – 1 [2]. Voor de duidelijkheid worden hieronder enkele van deze symbolen hernomen, evenals een aantal bijkomende symbolen, die specifiek zijn voor dit document:

A_t	de dwarsdoorsnede van het wapeningselement
E_t	de elasticiteitsmodulus van het wapeningselement
$E_{uls;d}$	de rekenwaarde in UGT van de belasting die een anker dient te weerstaan
$F_{serv;d}$	de rekenwaarde van de maximale belasting op een anker, incl. het effect van de voorspanning, waarbij een bruikbaarheidsgrenstoestand in de verankerde structuur belet wordt

$F_{serv;k}$	de karakteristieke waarde van de maximale belasting op een anker, incl. het effect van de voorspanning, waarbij een bruikbaarheidsgrenstoestand in de verankerde structuur belet wordt.
$F_{uls;d}$	de rekenwaarde van de belasting waarbij eender welke uiterste grenstoestand in de verankerde structuur voorkomen/belet wordt.
$F_{uls;k}$	de karakteristieke waarde van de belasting waarbij eender welke uiterste grenstoestand in de verankerde structuur voorkomen/belet wordt.
L_{app}	de schijnbare vrije lengte van het wapeningselement van een anker
L_A	de ankerlengte
L_e	de externe lengte van het wapeningselement van een anker gemeten van het verankeringspunt t.h.v. de ankerkop tot het verankeringspunt in de spanvijzel.
L_{ce}	de lengte van het drukelement van een "compression" type anker
L_{fixed}	de gebonden lengte (groutwortel) van het anker
L_{free}	de vrije lengte van het anker
L_{tb}	de gebonden lengte van het wapeningselement van een anker
L_{tf}	de vrije of onthechte lengte van het wapeningselement van een anker
P	de aangebrachte belasting tijdens de ankerproef
P_a	de startbelasting tijdens de ankerproef
P_c	de kritische kruipgrens die afgeleid wordt uit een ontwerp- of een geschiktheidsproef op een anker
P_p	de proefbelasting = de maximale belasting die een anker ondergaat tijdens een belastingsproef
$R_m(\alpha_{uls})$	de gemeten waarde van de draagkracht van het anker overeenkomstig een grenswaarde van de kruipmaat α_{uls} .
$R_m(\alpha_{sis}$	of P_c) de gemeten waarde van de draagkracht van het anker overeenkomstig een BGT – grenswaarde (een kritische kruipgrens P_c of een kruipmaat α).
$R_{sls;m}$	de gemeten waarde van de draagkracht van het anker in BGT
$R_{sls;k}$	de karakteristieke waarde van de draagkracht van het anker dat voldoet aan de BGT criteria
$(R_{sls;m})_{min}$	de laagste waarde van $R_{sls;m}$ gemeten uit een aantal ontwerp- of geschiktheidsproeven voor een geotechnisch representatieve situatie
$R_{sls;d}$	de rekenwaarde van de draagkracht van een anker in BGT
$R_{st,d} =$	de rekenwaarde van de trekweerstand van het structurele trekelement
$R_{t,d}$	de rekenwaarde van de wrijvingsweerstand, in dit geval berekend op de gebonden lengte, (in UGT) op trek (berekening volgens de Dimensioneringsmethode 20 van Buildwise [11])
$R_{t,i}$	Voor iedere CPT i in een representatieve geotechnische situatie: de wrijvingsweerstand (draagkracht) van het anker bepaald in UGT volgens de Dimensioneringsmethode 20 van Buildwise [11]

$R_{t,i,cal}$	de gekalibreerde waarde van de wrijvingsweerstand (draagkracht) van het anker bepaald in UGT volgens de Dimensioneringsmethode 20 van Buildwise [11]
$R_{t,k}$	de karakteristieke waarde van de wrijvingsweerstand (in UGT) op trek berekend volgens de Dimensioneringsmethode 20 van Buildwise [11]
$R_{uls,d}$	de rekenwaarde van de draagkracht van een anker in UGT
$R_{uls;m}$	de gemeten waarde van de draagkracht van het anker die voldoet aan de uiterste grenstoestandscriteria
$R_{uls,k}$	de karakteristieke waarde van de draagkracht van het anker dat voldoet aan de uiterste grenstoestandscriteria
$(R_{uls;m})_{min}$	de laagste waarde van $R_{uls;m}$ gemeten uit een aantal ontwerp- of geschiktheidsproeven voor een geotechnisch representatieve situatie
α	de kruipmaat bepaald op basis van de curve "ankerkopverplaatsing versus logaritme van de tijd" (cf. NBN EN ISO 22477-5 [18])
α_1	de grenswaarde voor de kruipmaat voor Testmethode 1
α_3	de grenswaarde voor de kruipmaat voor Testmethode 3
ΔS	de elastische verkorting van het anker bij ontlasting van belasting P tot P_a
ξ_{sls}	een correlatiefactor
ξ_{uls}	een correlatiefactor
ξ_3	een correlatiefactor
ξ_4	een correlatiefactor
$\gamma_{a,acc,uls}$	een partiële factor voor UGT voor aanvaardingsproeven
$\gamma_{a,acc,sls}$	een partiële factor voor BGT voor aanvaardingsproeven
$\gamma_{a;uls}$	een partiële factor voor UGT
$\gamma_{a;sls}$	een partiële factor voor BGT
γ_F	een belastingsfactor
$\gamma_{R,d}$	een model factor
$\gamma_{s,t}$	een partiële factor

3. Het grondmechanische ontwerp van ankers

3.1 Definitie van een “anker”

Volgens NBN EN 1997-1/A1 [3] wordt een anker gedefinieerd als een structureel element waarmee het mogelijk is om een aangelegde belasting op trek, vanaf de ankerkop en via/doorheen een vrije lengte, over te dragen aan een weerstandbiedend element en tenslotte naar een welbepaalde locatie in de grond. De ankerkracht wordt hierdoor overgedragen naar een locatie in de grond die zich voldoende ver van de te verankeren structuur bevindt zodat er geen additionele krachten op de structuur worden uitgeoefend.

De noodzakelijke vrije lengte om aan deze voorwaarde te voldoen dient te volgen uit een globale stabiliteitsanalyse van de te verankeren structuur. Voor een kerende constructie betekent dit bv. dat de ankerkracht voldoende ver achter de actieve wig van de beschoeiing afgedragen wordt (zie ook [4]).

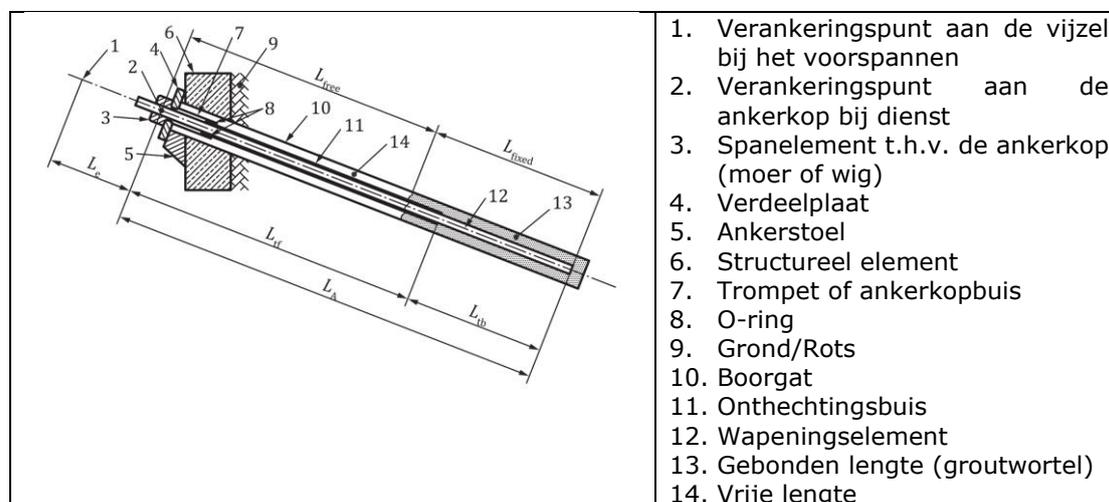
Verskillende types structurele elementen voldoen aan deze definitie van de NBN EN 1997-1/A1 [3] (groutankers, plaatankers, schroefankers, klapankers, ...).

In België worden meestal groutankers toegepast.

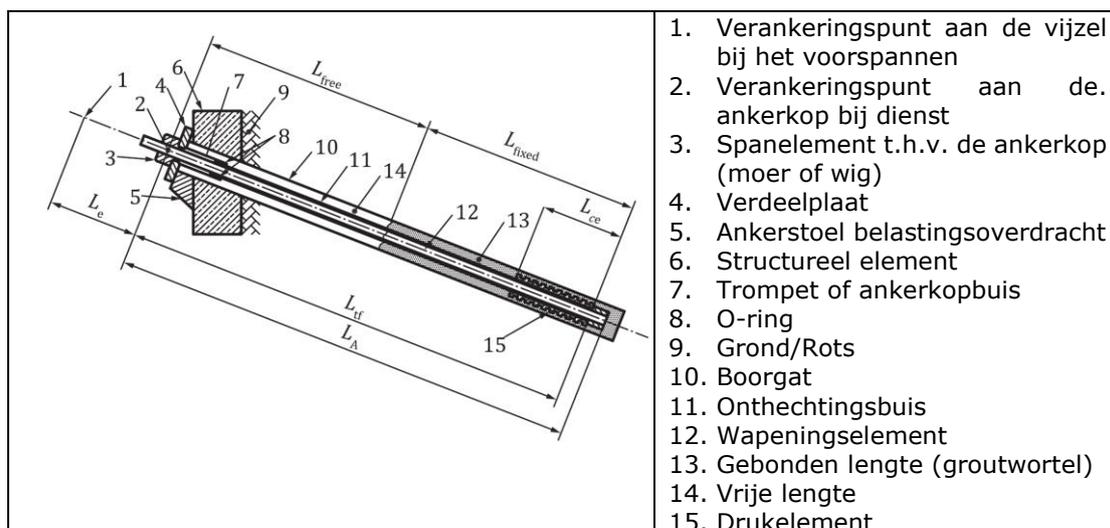
Het voorliggend document dekt de geotechnische berekeningen van groutankers.

De regels kunnen als basis beschouwd worden voor het ontwerp van andere types ankers (plaatankers, schroefankers...) voor zover deze ankers een vrije lengte bevatten en een aanvaardingsproef op ieder productieanker uitgevoerd is.

Voor groutankers, is een specifieke uitvoeringsnorm NBN EN 1537 [8] opgesteld. Figuren 2a en 2b illustreren de twee voornaamste types groutankers die beschouwd worden in de NBN EN 1537 [8].



Figuur 2a – schets van een groutanker uit NBN EN 1537 (“bond type”)



Figuur 2b – schets van een groutanker uit NBN EN 1537 ("compression type")

met:

L_A : de ankerlengte

L_e : de externe lengte van het wapeningselement gemeten van het verankeringspunt t.h.v. de ankerkop tot het verankeringspunt in de spanvijzel.

L_{ce} : de lengte van het drukelement

L_{fixed} : de gebonden lengte (groutwortel) van het anker

L_{free} : de vrije lengte van het anker

L_{tb} : de gebonden lengte van het wapeningselement

L_{tf} : de vrije lengte van het wapeningselement

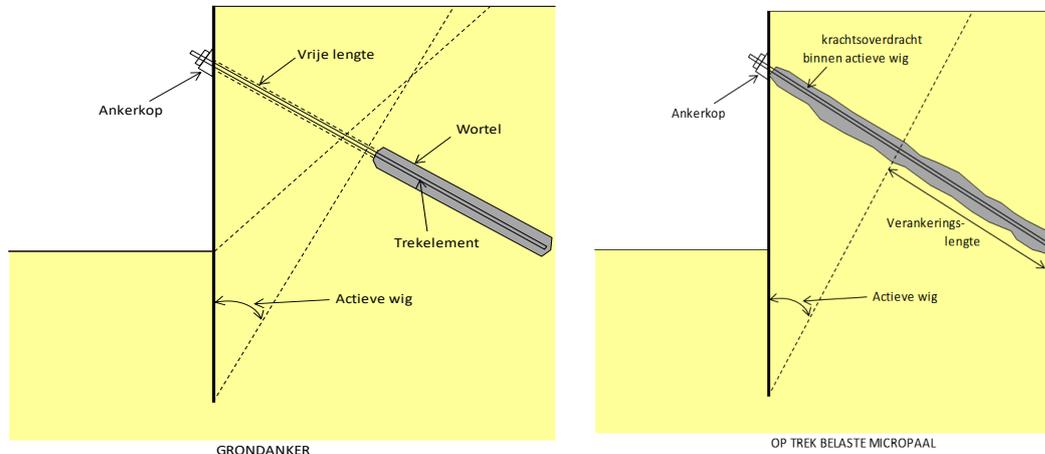
Aanvullend op de definitie van ankers, specificeert de NBN EN 1537 [8] nog de volgende bijkomende eis voor groutankers, nl. dat op ieder productieanker een korte aanvaardingsproef dient uitgevoerd te worden, waarbij moet aangetoond worden dat ieder productieanker voldoet aan de aanvaardingscriteria die betrekking hebben op de draagkracht en op de schijnbare vrije lengte L_{app} .

Na de aanvaardingsproef wordt het anker (meestal) vastgezet op een vooraf vastgelegde voorspankracht.

Indien het structureel verankeringselement niet voldoet aan de hiervoor gestelde definities en eisen van een anker (bv. geen vrije lengte, of geen aanvaardingsproeven op alle productie-elementen, ...), dient het structureel element beschouwd te worden als een op trek belaste micropaal of een grondnagel. De bepaling van de draagkracht op trek van dit trekelement dient dan te gebeuren volgens Dimensioneringsmethode 20 van Buildwise [11].

Figuur 3 illustreert de verschillende componenten en de principes van een groutanker (links) en een micropaal op trek (rechts) die aangewend worden

als structurele verankerings-elementen van een ingebedde kerende constructie.



Figuur 3. Illustratie van een groutanker (links) en een op trek belaste micropaal (rechts) in het geval van een ingebedde kerende constructie. In het geval van een anker (links) wordt het wapeningselement ter hoogte van de vrije lengte omhuld door een onthechtingsbuis zodat de wapening vrij kan bewegen t.o.v. het omhullende grout en/of de omgevende grond, zodat de belasting, die via de ankerkop ingeleid wordt in het anker, voldoende ver achter de actieve wig overgedragen wordt aan de grond

3.2 Grondmechanische ontwerp van ankers

3.2.1 Algemeen

Het grondmechanische ontwerp van ankers dient uitgevoerd te worden volgens de NBN EN 1997-1/A1 [3].

Volgens deze norm moet de rekenwaarde van de draagkracht van een anker die voldoet aan de uiterste grenstoestandscriteria $R_{ULS;d}$ voldoen aan de volgende ongelijkheid:

$$E_{ULS;d} = \max (F_{ULS;d} ; F_{serv;d}) \leq \min (R_{ULS;d} ; R_{st,d}) \text{ met}$$

$E_{ULS;d}$ = de rekenwaarde in UGT van de belasting die het anker dient te weerstaan

$F_{ULS;d}$ = de rekenwaarde van de belasting waarbij eender welke uiterste grenstoestand in de verankerde structuur belet wordt

$F_{serv;d}$ = de rekenwaarde van de maximale belasting op het anker, incl. het effect van de voorspanning, waarbij een bruikbaarheidsgrenstoestand in de verankerde structuur belet wordt

$R_{ULS;d}$ = de rekenwaarde van de geotechnische draagkracht van een anker in UGT

$R_{st,d}$ = de rekenwaarde van de trekweerstand van het structurele trekelement, berekend conform de relevante normen (NBN EN 1993-5 [12], NBN EN 1993-1-1 [13], NBN EN 1992-1-1 [14] en hun nationale bijlagen [15], [16] en [17])

Indien het ontwerp bovendien een aparte evaluatie vereist van de bruikbaarheidsgrenstoestand van een anker dient bovendien aan de volgende ongelijkheid voldaan te worden.

$$F_{serv;k} \leq R_{sls;d} \text{ met}$$

$F_{serv;k}$ = de karakteristieke waarde van de maximale belasting op het anker, incl. het effect van de voorspanning, waarbij een bruikbaarheidsgrenstoestand in de verankerde structuur belet wordt.

$R_{sls;d}$ = de rekenwaarde van de draagkracht van een anker in BGT

3.2.2 Bepaling van de rekenwaarde van de belasting op het anker

Zoals in §3.2.1 aangegeven wordt $E_{uls;d}$ als volgt bepaald:

$$E_{uls;d} = \max (F_{uls;d} ; F_{serv;d})$$

$F_{uls;d}$ kan als volgt afgeleid worden uit de berekeningen:

$$F_{uls;d} = \gamma_F \times F_{uls;k}$$

$F_{uls;k}$ is de karakteristieke waarde van de belasting waarbij eender welke uiterste grenstoestand in de verankerde structuur voorkomen/belet wordt.

$F_{serv;d}$ wordt als volgt bepaald:

$$F_{serv;d} = \gamma_F \times F_{serv;k} \text{ met}$$

$F_{serv;k}$ is de karakteristieke waarde van de maximale belasting op het anker, incl. het effect van de voorspanning, waarbij een bruikbaarheidsgrenstoestand in de verankerde structuur belet wordt.

Voor verankerde structuren van RK2 betekent dit dat:

$$E_{uls;d} = \max (1.35 F_{uls;k} ; 1.35 F_{serv;k})$$

voor blijvende en tijdelijke situaties.

Indien er een aparte verificatie van de bruikbaarheidsgrenstoestand van het anker vereist is, wordt hiertoe de ankerbelasting $F_{serv;k}$ aangewend (zie hiervoor).

Voor de beschoeiingen, zijn de in rekening te brengen waarden voor de belastingsfactoren γ_F vastgelegd in de richtlijnen Beschoeiingen [4]. Voor de andere verankerde structuren zijn de in rekening te brengen waarden voor de belastingsfactoren γ_F vastgelegd in de norm NBN EN 1990 ANB [10].

Voor de accidentele ontwerptoestanden worden alle belastingsfactoren gelijkgesteld aan 1,00.

3.2.3 Bepaling van de rekenwaarde van de draagkracht op trek van een anker in UGT : $R_{ULS,d}$

3.2.3.1 Bepaling van $R_{uls,d}$ op basis van proeven

De rekenwaarde van de draagkracht op trek van een anker in UGT dient volgens de NBN EN 1997-1/A1 bepaald te worden op basis van een aantal ontwerpproeven (*Engels: investigation tests; Frans: essais à la rupture*) of geschiktheidsproeven (*Engels: suitability tests ; Frans: essais de contrôle*) die ter plaatse uitgevoerd worden. De reden hiervoor is dat uitvoeringsgerelateerde factoren een grote invloed kunnen hebben op de draagkracht van een anker.

De proeven dienen te gebeuren overeenkomstig de proefnorm voor ankers NBN EN ISO 22477-5 [18].

In deze norm zijn er 3 testmethodes voorzien : Testmethode 1 (TM1); Testmethode 2 (TM2) en Testmethode 3 (TM3).

In België worden Testmethode 1 (TM 1) en Testmethode 3 (TM3) weerhouden.

De te gebruiken testmethode (TM1 of TM3) moet worden vastgelegd in het bestek van de werken of in de contractuele documenten. Als dit niet het geval is dient testmethode 1 (TM1) toegepast te worden.

Voor ieder geotechnisch representatieve situatie dient de rekenwaarde van de draagkracht op trek van het anker in UGT afgeleid te worden uit een minimum van :

- 3 ontwerpproeven of 3 geschiktheidsproeven, op het terrein zelf, indien geopteerd wordt voor Testmethode 1 (TM1), of
- uit minimum 2 ontwerpproeven en 3 geschiktheidsproeven, op het terrein zelf, indien geopteerd wordt voor Testmethode 3 (TM3)

Opmerking

Een geotechnische representatieve situatie wordt gedefinieerd als een afgebakende zone op een site/terrein waar de grondgelaagdheid en de grondkarakteristieken gelijkaardig zijn en waar dezelfde ankertypes (uitvoeringsmethode + afmetingen) worden uitgevoerd.

Voor ieder getest anker wordt de gemeten waarde van de draagkracht in UGT ($R_{uls,m}$) uit de belastingsproef afgeleid als het minimum van hetzij de proefbelasting P_p , hetzij de belasting waarbij een UGT grenswaarde bereikt wordt ($R_m(\alpha_{uls})$):

$$R_{uls,m} = \min \{R_m(\alpha_{uls}) \text{ en } P_p\}$$

$R_{uls,m}$ = de gemeten waarde van de draagkracht van het anker die voldoet aan de uiterste grenstoestandscriteria

$R_m(\alpha_{uls})$ = de gemeten waarde van de draagkracht van het anker overeenkomstig een grenswaarde van de kruipmaat α_{uls} . Deze grenswaarde is afhankelijk van de testmethode. In België is de grenswaarde als volgt vastgelegd.

De belasting overeenkomstig een kruipmaat $\alpha_1 = 2$ mm in geval van Testmethode 1

De belasting overeenkomstig een kruipmaat $\alpha_3 = 5$ mm in geval van Testmethode 3

Voor de manier waarop de kruipmaat α_1 of α_3 afgeleid wordt uit een belastingsproef volgens testmethode 1, respectievelijk testmethode 3 wordt verwezen naar de NBN EN ISO 22477-5 [18].

P_p = de proefbelasting = de maximale belasting die een anker ondergaat tijdens een belastingsproef

Voor een geotechnisch representatieve situatie wordt vervolgens één karakteristieke waarde van de ankerdraagkracht in UGT als volgt bepaald:

$$R_{uls;k} = (R_{uls;m})_{\min} / \xi_{uls} \text{ met}$$

$R_{uls;k}$ = de karakteristieke waarde van de draagkracht van het anker dat voldoet aan de uiterste grenstoestandscriteria

$(R_{uls;m})_{\min}$ = de laagste waarde van $R_{uls;m}$ gemeten uit een aantal ontwerp- of geschiktheidsproeven voor een geotechnisch representatieve situatie

ξ_{uls} = een correlatiefactor; in België wordt $\xi_{uls} = 1,00$ gesteld voor alle testmethodes

Tenslotte wordt de rekenwaarde van de UGT draagkracht van een anker ($R_{uls;d}$) als volgt bepaald:

$$R_{uls;d} = R_{uls;k} / \gamma_{a;uls} \text{ met}$$

$R_{uls;d}$ = de rekenwaarde van de draagkracht van het anker dat voldoet aan de uiterste grenstoestandscriteria

$\gamma_{a;uls}$ = partiële factor; In België, voor blijvende en tijdelijke situaties, wordt $\gamma_{a;uls} = 1,1$ gesteld voor alle testmethodes.

Opmerking

Voor het inschatten van $R_{uls,m}$ en de proefbelasting P_p kan men zich inspireren op de ontwerpmethode voor micropalen op trek (Categorie IVa, IVb of IVc naargelang de uitvoeringsmethode) uit Dimensioneringsmethode 20 van Buildwise [11].

3.2.3.2 ***Bepaling van $R_{uls;d}$ op basis van berekeningen m.b.v. CPT voor groutankers***

Volgens NBN EN 1997-1/A1 mag men zich voor het ontwerp van ankers ook beroepen op "vergelijkbare ervaring" (*Engels: comparable experience*) voor zover die opgebouwd is op hetzelfde ankertype (boormethode, groutmethode, dimensies, ...) in vergelijkbare grondlagen én voor zover deze "vergelijkbare ervaring" gedocumenteerd is.

Vermits er in België de laatste jaren veel experimenteel onderzoek is uitgevoerd op verschillende types groutankers, waarbij de proefresultaten gecorreleerd werden aan courant beschikbaar grondonderzoek (CPT), kan in bepaalde omstandigheden/onder bepaalde voorwaarden voor de bepaling van de rekenwaarde van de draagkracht op trek in UGT een berekeningsmethode op basis van CPT toegepast worden.

Voor de ankersystemen waarvoor "vergelijkbare ervaring" beschikbaar is, mag men zich dan baseren op de ontwerpmethodode voor micropalen op trek (Categorie IVa, IVb of IVc naargelang de uitvoeringsmethode) uit Dimensioneringsmethode 20 van Buildwise [11].

De rekenwaarde van de grondmechanische draagkracht van het anker in UGT ($R_{uls;d}$) kan dan als volgt bepaald worden:

$$R_{uls;d} = R_{t,d} \text{ met}$$

$R_{t,d}$ = de rekenwaarde van de wrijvingsweerstand, in dit geval berekend op de gebonden lengte, (in UGT) op trek

Om $R_{t,d}$ te bepalen wordt de dimensioneringsmethode 20 van Buildwise [11] gevolgd.

Voor iedere CPT i in een representatieve geotechnische situatie wordt hiertoe eerst de wrijvingsweerstand $R_{t,i}$ (in UGT) van het anker bepaald.

Vervolgens wordt op de berekende waarden $R_{t,i}$ een modelfactor γ_{Rd} toegepast om een gekalibreerde waarde van de draagkracht op trek te verkrijgen:

$$R_{t,i,cal} = R_{t,i}/\gamma_{Rd}$$

Indien er een ankertype wordt toegepast waarvoor er "comparable experience" voorhanden is (=eis van NBN EN 1997-1/A1), dient de modelfactor $\gamma_{Rd1} = 1,55$ toegepast te worden.

Voor ankersystemen (of micropaalsystemen uitgevoerd volgens equivalente principes) die over een Technische Goedkeuring (ATG) met certificatie of gelijkwaardig beschikken wordt in de ATG vermeld welke modelfactor ($\gamma_{Rd1} = 1,55$ of eventueel een gereduceerde waarde γ_{Rd2}) in welke omstandigheden mag toegepast worden. De procedure om een Technische

Goedkeuring (ATG) met certificatie te laten opmaken kan aangevraagd worden bij de BUTgb (www.butgb.be; info@butgb.be)

Indien er op het terrein zelf ontwerp- of geschiktheidsproeven worden uitgevoerd dient men de ontwerpmethodode op basis van proeven te volgen (zie vorige paragraaf §3.2.3.1).

Vervolgens wordt de karakteristieke waarde van de draagkracht op trek van het anker ($R_{t;k}$) bepaald.

Voor ankers kunnen echter de correlatiefactoren ξ_3 en $\xi_4 = 1$ gesteld worden. De reden hiervoor is dat alle productieankers per definitie aan een aanvaardingsproef onderworpen moeten worden.

Concreet betekent dit ook dat voor een geotechnisch representatieve situatie waar n aantal CPT's beschikbaar zijn, automatisch de slechtste CPT maatgevend is

$$R_{t;k} = R_{t,i,cal} = R_{t,i}/\gamma_{Rd}$$

Tenslotte wordt de rekenwaarde van de draagkracht van het anker in UGT bepaald:

$$R_{t,d} = R_{t,k}/\gamma_{s,t}$$

Voor ankers dient $\gamma_{s,t} = 1,10$ toegepast te worden (zie tabel 10 van Dimensioneringsmethode 20 van Buildwise [11]).

3.2.4 Bepaling van rekenwaarde van de draagkracht op trek van een anker in BGT : $R_{sls;d}$

De rekenwaarde van de draagkracht op trek van een anker in BGT wordt bepaald op basis van de ontwerpproeven of geschiktheidsproeven die ter plaatse uitgevoerd worden.

Voor wat betreft het aantal proeven en de proefmethodes: zie §3.2.3

In het geval dat geopteerd werd voor Testmethode 1 dient $R_{sls;d}$ niet bepaald te worden, vermits de grenswaarde ($\alpha_1 = 2\text{mm}$) waaraan $R_{uls;d}$ dient te voldoen reeds vrij conservatief is.

In het geval dat geopteerd werd voor Testmethode 3, dient $R_{sls;d}$ wel bepaald te worden op basis van minimum 2 ontwerpproeven (*E: investigation tests; F: essais à la rupture*) voor iedere geotechnisch representatieve situatie.

Voor ieder getest anker wordt de gemeten waarde van de draagkracht in BGT ($R_{sls;m}$) uit de belastingsproef afgeleid als het minimum van hetzij de proefbelasting P_p , hetzij de belasting waarbij een BGT grenswaarde bereikt wordt ($R_m(\alpha_{uls}$ of P_c):

$$R_{sls;m} = \min\{R_m(\alpha_{sls} \text{ of } P_c) \text{ en } P_p\} \text{ met}$$

$R_{sls;m}$ = de gemeten waarde van de draagkracht van het anker in BGT

$R_m(\alpha_{sls}$ of P_c) = de gemeten waarde van de draagkracht van het anker overeenkomstig een BGT – grenswaarde. In eerste instantie wordt deze waarde gelijkgesteld aan de kritische kruipgrens P_c .
Voor de manier waarop P_c bepaald kan worden uit de “kruipmaat (α) versus het belastingsdiagramma (P)”, wordt verwezen naar de NBN EN ISO 22477-5 [18]. Indien P_c niet éénduidig bepaald kan worden, mag men de waarde van de belasting overeenkomstig een kruipmaat $\alpha = 1$ mm nemen.

Voor een geotechnisch representatieve situatie wordt vervolgens één karakteristieke waarde van de ankerdraagkracht in BGT als volgt bepaald:

$$R_{sls;k} = (R_{sls;m})_{\min}$$

$R_{sls;k}$ = de karakteristieke waarde van de draagkracht van het anker dat voldoet aan de BGT criteria

$(R_{sls;m})_{\min}$ = de laagste waarde van $R_{sls;m}$ gemeten uit een aantal ontwerp- of geschiktheidsproeven voor een geotechnisch representatieve situatie.

Tenslotte wordt de rekenwaarde van de BGT draagkracht van een anker ($R_{sls;d}$) als volgt bepaald:

$$R_{sls;d} = R_{sls;k} / \gamma_{a;sls}$$

$R_{sls;d}$ = de rekenwaarde van de draagkracht van het anker dat voldoet aan de bruikbaarheidsgrenstoestandscriteria

$\gamma_{a;sls}$ = partiële factor; In België wordt $\gamma_{a;sls} = 1,20$ gesteld voor permanente ankers. Voor tijdelijke ankers mag $\gamma_{a;sls} = 1,10$ gesteld worden.

Opmerking

In het geval dat het ontwerp gebeurt op basis van vergelijkbare ervaring d.m.v. berekening op basis van CPT, is de BGT van het anker normaalgezien afgedekt door de hogere veiligheden die in deze methode toegepast worden. Indien uit de aanvaardingsproeven op ieder productieanker zou blijken dat er zich t.a.v. de BGT problemen zouden stellen, is een bijkomende analyse noodzakelijk.

3.3 Proeven op ankers

3.3.1 Algemeen

De procedures voor het uitvoeren van proeven op groutankers worden uitvoerig beschreven in de NBN EN ISO 22477-5 [18].

Deze norm maakt een onderscheid tussen

- Ontwerpproeven (*Engels: investigation tests; Frans: essais à la rupture*)
- Geschiktheidsproeven (*Engels: suitability test; Frans: essais de contrôle*)
- Aanvaardingsproeven (*Engels: acceptance tests; Frans: essais de réception*)

Voor elk van deze types proeven zijn er drie testmethodes voorzien in de norm.

In België worden Testmethode 1 (TM 1) en Testmethode 3 (TM3) weerhouden.

In de volgende paragrafen worden de verschillende proeftypes alsook de aanvaardingscriteria besproken.

3.3.2 Ontwerpproeven (E: Investigation tests)

Ontwerpproeven worden uitgevoerd op speciaal daartoe voorafgaandelijk geïnstalleerde ankers met als bedoeling meer inzicht te verwerven in het gedrag van een ankertype. Meestal wordt een voldoende hoge proefbelasting P_p aangelegd om grondmechanisch bezwijken van het anker te bewerkstelligen.

Naast inzichten omtrent de grondmechanische draagkracht van een ankersysteem, wordt er ook informatie verkregen i.v.m. de kritische kruipgrens P_c , de schijnbare vrije lengte L_{app} , de correlatie met grondonderzoek (CPT bv.), ...

Ontwerpproeven kunnen uitgevoerd worden met de volgende bedoeling:

- het optimaliseren van een ontwerp voor een welbepaalde site, bvb het bepalen van de optimale lengte van de groutwortel, het effect van een installatiemethode, het bepalen van de proefbelasting P_p voor de geschiktheidsproeven en aanvaardingsproeven,... De resultaten van deze proeven kunnen eventueel aangewend worden voor de ontwerpmethode op basis van proeven (§3.2.3.1 en §3.2.4) voor zover de uitvoeringsmethode en de afmetingen van de productieankers overeenkomen met die van de testankers.

- als een meer uitgebreide proefmethode om het ontwerp op basis van proeven te realiseren (volgens de methodes toegelicht in §3.2.3.1 en §2.3.4)
- het opbouwen van “vergelijkbare ervaring” voor een welbepaald ankertype in een welbepaalde grondsoort, die dan aangewend kan worden voor de ontwerpprocedure op basis van berekeningen (§3.2.3.2) op andere sites met vergelijkbare grondsoorten.

Zoals reeds eerder gesteld worden in België Testmethode 1 (cyclische proefprocedure) en Testmethode 3 (maintained load test procedure) weerhouden.

Voor ontwerpproeven zijn de grenswaarden voor de kruipmaat $\alpha_1 = 2$ mm in geval men Testmethode 1 toepast en $\alpha_3 = 5$ mm in geval men Testmethode 3 toepast.

Voor meer details omtrent de proefprocedure wordt verwezen naar NBN EN ISO 22477-5 [18].

3.3.3 Geschiktheidsproeven op ankers (E: Suitability tests)

Geschiktheidsproeven worden altijd op de site zelf toegepast om na te gaan of voor een gegeven geotechnische representatieve situatie een anker de vooropgestelde proefbelasting P_p kan weerstaan. Bijkomend wordt er bij een geschiktheidsproef ook informatie bekomen omtrent het kruipgedrag van het ankersysteem tot aan de proefbelasting alsook omtrent de schijnbare vrije lengte L_{app} .

De proefprocedure is in het algemeen wat korter dan voor ontwerpproeven. Geschiktheidsproeven zijn in feite meestal “design verification” testen, wat impliceert dat de uitvoeringsmethode, de helling, de afmetingen, ... identiek dienen te zijn aan die van de productieankers. Om de maximale proefbelasting zonder problemen te bereiken, mag evenwel de wapeningssectie aangepast (verhoogd) worden.

Geschiktheidsproeven worden bij voorkeur voorafgaandelijk uitgevoerd aan de realisatie van de productieankers. De proeven worden uitgevoerd op apart daartoe geïnstalleerde ankers of, indien de proefbelasting en de structuur dit toelaat, op ankers in het werk.

3.3.3.1 Minimum proefbelasting

In geval van testmethode 1 (TM1) bedraagt de minimale waarde van de proefbelasting P_p (in geval van een verankerde structuur van RK2):

$$P_p \geq \xi_{uls} \times \gamma_{a,uls} \times E_{uls,d} = 1,00 \times 1,1 \times 1,35 \times F_{uls,k} = 1,5 \times F_{uls,k}$$

voor blijvende en tijdelijke situaties.

In geval van testmethode 3 (TM3) bedraagt de minimale waarde van de proefbelasting P_p (in geval van een verankerde structuur van RK2):

$$\begin{aligned}
 P_p &\geq \xi_{sls} \times (\gamma_{a,sls} + 0.05)_{test} \times F_{serv,k} = 1,00 \times 1,25 \text{ (of } 1,15) \times F_{serv,k} \\
 &= 1,25 \times F_{serv,k} \text{ voor permanente ankers} \\
 &= 1,15 \times F_{serv,k} \text{ voor tijdelijke ankers}
 \end{aligned}$$

Opmerking:

Deze laatste formule is een correctie op hetgeen voor TM3 opgenomen is in de NBN EN1997-1/A1 [3].

ξ_{uls} en ξ_{sls} correlatiefactoren; in België worden ξ_{uls} en $\xi_{sls} = 1,00$ gesteld voor alle testmethodes.

Zoals aangetoond in de formule hierboven, kan P_p gerelateerd worden aan de ankerkracht $F_{uls,k}$ en $F_{serv,k}$ die volgt uit de ontwerpberekening van de verankerde structuur.

Voor de proefprocedure zelf wordt verwezen naar de NBN EN ISO 22477-5 [18].

3.3.3.2 Eisen m.b.t. de draagkracht

Met betrekking tot de draagkracht van het anker formuleert NBN EN 1997-1/A1 + ANB de volgende eis ten aanzien van de kruipmaat onder proefbelasting P_p :

- $\alpha_1 < 2$ mm in geval men Testmethode 1 toepast
- $\alpha_3 < 1,2$ mm of 1,0 mm voor respectievelijk tijdelijke en permanente ankers in geval men Testmethode 3 toepast

De manier waarop men de kruipmaat afleidt uit een proef wordt voor beide testmethodes gegeven in de NBN EN ISO 22477-5 [18].

3.3.3.3 Eisen m.b.t. de schijnbare vrije lengte L_{app}

Bovendien zijn er bijkomende eisen m.b.t. de schijnbare vrije lengte van het anker.

In het geval van Testmethode 1 (cyclische methode) meet men de elastische verkorting s_{el} (of Δs) na iedere ontlasting tussen de aangebrachte belasting P en de startbelasting P_a .

Hieruit kan men een schijnbare vrije lengte van het wapeningselement L_{app} berekenen:

$$L_{app} = (A_t \times E_t \times \Delta s) / (P - P_a) \text{ met,}$$

A_t de dwarsdoorsnede van het wapeningselement

E_t de elasticiteitsmodulus van het wapeningselement

Δs de elastische verkorting van het anker bij ontlasting van belasting P tot P_a

P_a de startbelasting tijdens de proef

Hierbij geldt de eis dat de waarde van L_{app} die op die manier uit de proef wordt afgeleid zich vanaf een belasting van 70% van P_p tussen de limieten van L_{app} conform de NBN EN 1537 [8] dient te bevinden, nl.

Bovengrens voor ankers van het type "bond type" (zie figuur 2a)

$$L_{app} \leq L_{tf} + L_e + 0,5 L_{tb}$$

Bovengrens voor ankers van het type "compression type" (zie figuur 2b)

$$L_{app} \leq 1,1L_{tf} + L_e$$

Ondergrens voor beide types ankers ("bond type" en "compression type"):

$$L_{app} \geq 0,8 \times L_{tf} + L_e$$

met (zie figuur 2a en 2b):

L_{tb} de lengte waarover het wapeningselement verbonden is met het cementgrout

L_{tf} de lengte waarover het wapeningselement onthecht is van het cementgrout

L_e de lengte tussen de structuur (de kerende constructie) en het verankeringspunt van het wapeningselement in de vijzel tijdens de proef

In het geval van Testmethode 3, kan men L_{app} alleen bepalen uit de meting van de elastische verkorting van het wapeningselement bij ontlasting van de proefbelasting P_p , dus

$$L_{app} = (A_t \times E_t \times \Delta s) / (P_p - P_a) \text{ met,}$$

L_{app} dient aan dezelfde grenswaarden te voldoen als hiervoor geschetst voor testmethode 1.

In het geval er een aanzienlijk verlies van kracht in de vrije lengte plaatsvindt, voorziet de norm NBN EN ISO 22477-1 (bijlage D) daarenboven nog een procedure om dit verlies te bepalen aan de hand van een extra belastingscyclus en om het effect van het verlies mee te nemen in de beoordeling van de proef.

Conform 9.8.3 van NBN EN 1537 [8]: wanneer de schijnbare vrije lengte van het wapeningselement van een anker buiten de hierboven gedefinieerde grenzen valt, mag het anker onderworpen worden aan herhaalde belastingscycli op trek tot P_p .

3.3.4 Aanvaardingsproeven op ankers

Zoals reeds aangegeven in §3.1 dient op ieder productieanker een korte aanvaardingsproef te worden uitgevoerd, waarbij moet aangetoond worden dat ieder productieanker voldoet aan de aanvaardingscriteria die betrekking hebben op de draagkracht en op de vrije lengte.

Na de aanvaardingsproef wordt het anker (meestal) vastgezet op een vooraf vastgelegde voorspankracht.

Voor de proefprocedures van de aanvaardingsproeven volgens testmethode 1 en testmethode 3 wordt verwezen naar de NBN EN ISO 22477-5 [18].

3.3.4.1 Minimum proefbelasting

De minimum proefbelasting (P_p) die tijdens een aanvaardingsproef dient aangelegd te worden, is gespecificeerd in de NBN EN 1997-1/A1.

Indien testmethode 1 wordt toegepast, bedraagt de minimum proefbelasting tijdens de aanvaardingsproef:

$$P_p \geq \gamma_{a,acc,uls} \times E_{uls;d} = 1,1 \times 1,35 \times F_{uls;k} = 1,5 \times F_{uls;k}$$

(in geval van een verankerde structuur van RK2)

voor blijvende en tijdelijke situaties.

Indien testmethode 3 wordt toegepast, bedraagt de minimum proefbelasting tijdens de aanvaardingsproef

$$P_p \geq \gamma_{a,acc,sls} \times F_{serv,k} = 1,25 \times F_{serv,k} \text{ voor permanente ankers}$$
$$= 1,15 \times F_{serv,k} \text{ voor tijdelijke ankers}$$

$\gamma_{a,acc,sls}$ bedraagt 1,25 of 1,15 voor respectievelijk permanente of tijdelijke ankers.

3.3.4.2 *Aanvaardingscriteria m.b.t. de draagkracht*

Indien Testmethode 1 wordt toegepast, gelden conform de NBN EN ISO 22477-5 [18] de volgende eisen bij een aangelegde proefbelasting P_p :

- niet cohesieve gronden en rots $\Delta S_{2\text{min} \rightarrow 5\text{min}} \leq 0,2 \text{ mm}$
- cohesieve gronden $\Delta S_{5\text{min} \rightarrow 15\text{min}} \leq 0,25 \text{ mm}$

Indien een productieanker niet voldoet aan deze eisen, dient de proefbelasting P_p langer aangehouden te worden: tot minimum 15 minuten in het geval van niet cohesieve gronden en rots en tot minimum 30 minuten in geval van cohesieve gronden.

De proefbelasting dient hierbij aangehouden te worden totdat de kruipmaat α_1 van het anker gestabiliseerd is.

Indien α_1 na stabilisatie $\leq 2 \text{ mm}$, wordt het anker aanvaard.

Testmethode 1 maakt geen onderscheid tussen permanente en tijdelijke ankers.

Indien Testmethode 3 wordt toegepast gelden de volgende eisen: de kruipmaat α_3 onder de belasting P_p dient kleiner te zijn dan 1,5 mm voor permanente ankers.

Voor tijdelijke ankers geldt een eis van $\alpha_3 \leq 2,5 \text{ mm}$.

Indien na de normaal voorziene tijdsduur van P_p (15 minuten), niet voldaan is aan deze eisen, dient de tijdsduur van de proefbelasting P_p verlengd te worden (bv. tot 1h), tot een stabiele waarde van de kruipmaat α_3 bereikt wordt; dezelfde grenswaarden van α_3 blijven evenwel geldig.

3.3.4.3 *Aanvaardingscriteria m.b.t. de schijnbare vrije lengte L_{app}*

Voor zowel testmethode 1 als testmethode 3, dient de schijnbare vrije lengte L_{app} die men kan afleiden uit de elastische verkorting tussen P_p en P_a te voldoen aan de grenswaarde van de NBN EN 1537 (zie eerder in §3.3.3.3).

Conform 9.8.3 van NBN EN 1537 [8]: wanneer de schijnbare vrije lengte van het wapeningselement van een anker buiten de hierboven gedefinieerde grenzen valt, mag het anker onderworpen worden aan herhaalde belastingscycli op trek tot P_p .

4. Referenties

1. NBN EN 1997-1 ANB Eurocode 7 : Geotechnisch ontwerp – Deel 1 : Algemene regels - Nationale bijlage, 2022.
2. NBN EN 1997-1 Eurocode 7 : Geotechnisch ontwerp – Deel 1 : Algemene regels, 2005.
3. NBN EN 1997-1/A1 Eurocode 7 : Geotechnisch ontwerp – Deel 1 : Algemene regels, Addendum 2014.
4. BGGG – WTCB. Richtlijnen voor de toepassing van de eurocode 7 in België volgens NBN EN 1997-1 ANB. Deel 2: het grondmechanische ontwerp van ingebedde kerende constructies: beschoeiingen, Maart 2022.
5. BGGG. Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek: Algemene bepalingen, 14 juli 2016.
6. BGGG. Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek: Sonderingen. Deel 1: planning, uitvoering en rapportering, 14 juli 2016.
7. BGGG. Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek: Sonderingen. Deel 2: Geotechnisch advies bij het ontwerp, 27 april 2017.
8. NBN EN 1537. Uitvoering van bijzonder grondwerk – Grondankers, 2013.
9. NBN EN 1990 Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp, 2002.
10. NBN EN 1990 ANB Eurocode 0 – Grondslagen van het constructief ontwerp – Nationale bijlage, 2013.
11. Buildwise. Dimensioneringsmethode 20. Richtlijnen voor de toepassing van de Eurocode 7 in België volgens de NBN EN 1997-1 ANB. Deel 1: het grondmechanische ontwerp in de uiterste grenstoestand (UGT) van axiaal belaste funderingspalen en micropalen op basis van statische sonderingen (CPT's), 2020.
12. NBN EN 1993-5 Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 5 : Palen en damwanden (+AC 2009), 2007.
13. NBN EN 1993-1-1 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen (+ AC:2009), 2005.

14. NBN EN 1992-1-1 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen (+AC:2010), 2005.
15. NBN EN 1993-5 ANB Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 5 : Palen en damwanden - Nationale Bijlage, 2011.
16. NBN EN 1993-1-1 ANB Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen - Nationale bijlage, 2018.
17. NBN EN 1992-1-1 ANB. Eurocode 2 : Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 1-1 : Algemene regels en regels voor gebouwen – Nationale bijlage, 2010.
18. NBN EN ISO 22477-5. Geotechnisch onderzoek en beproeving - Beproeving van geotechnische constructies - Deel 5: Beproeving van groutankers (ISO 22477-5:2018).