

NRG

Hengelo  
07/01/2021

Our reference  
Wijk aan Zee

Your reference  
Geotube® oplossing

Subject:  
Faalmechnismen

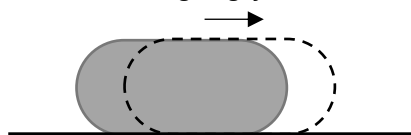
Page  
1/5

Voor het bepalen het toepassen van de TenCate Geotube® systemen als tijdelijke ondersteunings constructie is er een faalmechanisme analyse opzet. Daarbij zijn ook de mitegerende maatregelen genoemd om in te kunnen grijpen.

De relevante faalmechanismen voor de toepassing van de TenCate Geotube voor dit project zijn afkomstig uit Lawson (2008)<sup>i</sup> en voortgekomen uit een "Workshop geotube stability – HKN landfall Wijk aan Zee" welke heeft plaatsgevonden op 06-01-2021. In deze workshop heeft NRG in samenspraak met Deltares en TenCate de specifieke risico's / faalmechanismen voor deze locatie in beeld heeft gebracht. In deze memo zijn onderstaande faalmechanismen beschouwd:

- Stabiliteit tegen glijden
- Stabiliteit tegen roteren
- Deformatie van de gevulde Geotube
- Erosie van zand door het weefsel
- Scheuren van het weefsel
- Instabiliteit van de ondergrond (draagkracht)
- Erosie van de ondergrond
- Vandalisme

### 1. Stabiliteit tegen glijden



De TenCate Geotube® systemen worden op deze projectlocatie aangebracht deels onder de hoogwaterlijn en worden hiermee blootgesteld golf(impact). Door de golfimpact kan **het systeem** mogelijk verplaatsen. Hiermee kan extra ruimte ontstaan binnen het grondmassief direct achter **het systeem**, wat mogelijk resulteert in inkalving van het grondmassief. Verplaatsing in landwaartse richting wordt beperkt door de aanwezigheid van het grondmassief en de damwandconstructie direct achter **het systeem**.

TenCate Geosynthetics Netherlands bv

Europalaan 206  
7559 SC Hengelo  
The Netherlands

Tel. +31 546 544 811  
service.nl@tencategeo.com  
www.tencategeo.com

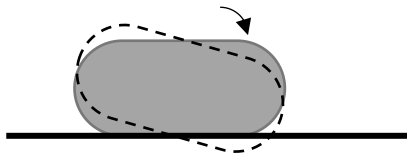
COC 06034858  
HSBC Account no. 78 64 98 307  
IBAN NL82HSBC0786498307  
Swiftcode HSBCNL2A  
VAT nr. NL 001397758B01

Deltares heeft in Deltares (2020)<sup>ii</sup> de lokale golfcondities nabij de hulpconstructies bepaald. De maximaal optredende significante golfhoogte voor een 1 in 20 jaar stormscenario bedraagt ca. 1.72m ( $H_s$  nabij TS4).

De stabiliteit tegen glijden is getoetst conform de CUR217 (zie faalmechanisme 2); deze voldoet. Gezien de beperkte waterdiepte aan de voorzijde van TenCate Geotube<sup>®</sup> systemen, max. 2.89m voor 1/20 storm scenario nabij TS5, kan worden verondersteld dat de distributie van de golfhoogtes mogelijk niet meer wordt beschreven met een Rayleighverdeling. Hiermee is de significante golfhoogte niet per definitie een goede afspiegeling van het heersende golfklimaat en de maximaal te verwachte golfhoogte.

Middels reversed engineering met de toetsingsformule conform de CUR217 is berekend dat het systeem stabiel is tot een golfhoogte van 5,8m (zie faalmechanisme 2). Deze golfhoogte is fysisch niet mogelijk gezien de beperkte waterdiepte.

## 2. Stabiliteit tegen roteren



Gelijk aan het voorgaande faalmechanisme kan het systeem als gevolg van de golfimpact ook roteren, hiermee neemt de kerende hoogte van het grondmassief af welke noodzakelijk is voor het verkrijgen van de stabiliteit van de damwandconstructie.

Gelijk aan het voorgaande faalmechanisme is middels reversed engineering met de toetsingsformule conform de CUR217 is berekend dat het systeem stabiel is tot een golfhoogte van 2,7m (zie faalmechanisme 2). Deze golfhoogte kleiner dan de maximale significante golfhoogte in een 1 op 20 jaar stormscenario en is tevens is fysisch niet mogelijk gezien de beperkte waterdiepte.

Stability Breakwater      Wijk aan Zee      Reversed engineering

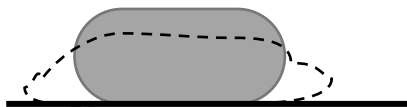
TenCate Geotube® systems  
 Diameter                      4,5 meter  
 Height                          2,7 meter  
 Width                           5,67 meter

Wave data  
    H<sub>s</sub>                      1,5 meter  
 density water                      1025 kg/m<sup>3</sup>  
 density sand                        2650 kg/m<sup>3</sup>  
 porosity                              0,35  
 Density sand in tube system      1722,5 kg/m<sup>3</sup>  
 relative density                      1,03

CUR 217	
Stability rule 1	Stability against turning
	$\frac{H_s}{\Delta_t \cdot D_k} \leq 1.0$
D <sub>k</sub> (height of the tube)	2,7 m                      H <sub>s</sub> < <b>2,78 meter</b>
	<b>0,539 &lt;</b> 1 stable against tuning
Stability rule 2	stability against sliding
	$\frac{H_s}{\Delta_t \cdot D_k} \leq 1.0$
D <sub>k</sub> (width of the tube)	5,67 m                      H <sub>s</sub> < <b>5,84 meter</b>
	<b>0,257 &lt;</b> 1 stable against sliding

Figuur 1 – Stabiliteitsbeschouwing faalmechanismen glijden en roteren

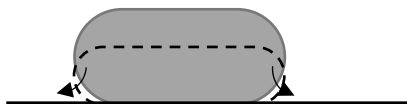
### 3. Deformatie van het gevulde TenCate Geotube® systeem



Deformatie van het gevulde systeem kan optreden als gevolg van consolidatie (nazetting) van het materiaal in het gevulde systeem. Deformatie kan de grondkerende hoogte welke het systeem kan overbruggen reduceren.

Het systeem wordt hydraulisch gevuld met een mengsel van zand en water, dit levert een zeer compacte massa zand op. Uit testen is gebleken dat dichtheden kunnen ontstaan van 1700 kg/m<sup>3</sup>. Middels het op de juiste wijze vullen van het systeem volgens de TenCate Geotube® installatie richtlijnen kunnen deze dichtheden behaald worden.

### 4. Erosie van zand door het weefsel



Het weefsel van het systeem een filtererende werking wat waterdoorlatend is, maar het zand dient vast te houden.

Conform de CUR 217 moeten er filterberekeningen worden uitgevoerd om aan te tonen dat er geen zand deeltjes gaan filteren door het weefsel. Aan hand van deze berekeningen is bepaald wat de minimale waarden zijn waar het zand aan moet voldoen (D<sub>10</sub>, D<sub>60</sub> en D<sub>90</sub>) om aan de filterregels te voldoen (uitgangspunt GT1000M weefsel).

Zandfracties	
Korrelafmeting zand	waarde micron
D <sub>10</sub>	185
D <sub>60</sub>	280
D <sub>90</sub>	345

Universiteits Coefficient	
$C_u = D_{60}/D_{10}$	1,5

TenCate Geotube® weefsel	GT1000M	O <sub>90</sub>	340
<b>1 stationary flow</b>			
$O_{20} < 5 * D_{10} * C_u^{0.5}$	1138 >	340	OK
$O_{90} < 2 * D_{90}$	690 >	340	OK
<b>2 Dynamische belasting (golven)</b>			
$O_{20} < 1,5 * D_{10} * C_u^{0.5}$	341 >	340	OK
$O_{90} < D_{90}$	345 >	340	OK

Filterregels conform CUR 217

Figuur 2 – Toetsing filterregels faalmechanisme erosie door het weefsel

Indien het zand deze fractie verdeling heeft mag worden aangenomen dat er geen erosie van zanddeeltjes door het weefsel zal gaan plaatsvinden. Als onderdeel van het werkplan dient het toe te passen vulmateriaal getoetst te worden aan de gedefinieerde minimale waarden voor de korrelafmeting (zie Figuur 2).

### 5. Scheuren van het weefsel



Tijdens het vullen treden de hoogste krachten op in het weefsel, overschrijding van de maximale kracht kan mogelijk resulteren in het scheuren van het weefsel. Met de TenCate Geotube® simulator is een veiligheidsfactor > 3 berekend, zie hieronder.

De input in dit rekenmodel wordt gedaan met de volgende uitgangspunten, zie linker kolom:

- een systeem gevuld boven water;
- vulhoogte;
- omtrek;
- dichtheid van het vul materiaal.
- type weefsel;
- naadtype;
- vulpoort opening.

Dit betreft de toe te passen TenCate Geotube (weefseltype GTM1000M, vulhoogte 2,7m).

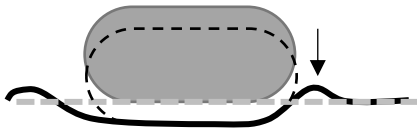
Het model geeft dan als resultaat in de rechterkolom de berekende waarden van de krachten in het weefsel, de gevulde afmetingen en de daarbij behorende veiligheids factoren t.o.v. het gekozen systeem.

TC Geotube® Simulator Version 21.1		TENCATE Geotube	
Input		Output	
Project Name:	Wijk aan Zee	Maximum Circumferential Tensile Force (T) =	43,86 kN/m
Date:	7 januari 2021	Maximum Average Axial Tensile Force (T <sub>a</sub> ) =	32,03 kN/m
Units:	Metric	TC Geotube® Base Contact Width (B) =	3,99 m
Water Level:	Fully Emerged	TC Geotube® Filled Width (W) =	5,67 m
TC Geotube® Height (H) =	2,70 m	TC Geotube® Cross Section Area (A) =	12,87 sq m
TC Geotube® Circumference (C) =	14,13 m	TC Geotube® Volume Per Unit of Length (V) =	12,87 cu m/m
Relative Density of Fill Material =	1,8 sg	Percentage of Maximum Fill Capacity =	81% %
TC Geotube® Fabric Type:	GT1000M	Pressure at Base (P <sub>base</sub> ) =	56,323 kPa
Seam Type:	Circumferential	Circumferential Direction FS (CFS) =	4,6 FS
Fill Port Type:	Rigid Mechanical	Axial Direction FS (AFS) =	5,0 FS
		Fill Port Rupture FS (FPFS) =	4,1 FS

Dit TC Geotube® Simulator model is opgezet aan de Universiteit van Virginia in opdracht van TenCate Geosynthetics met medewerking van Professor Plaut.

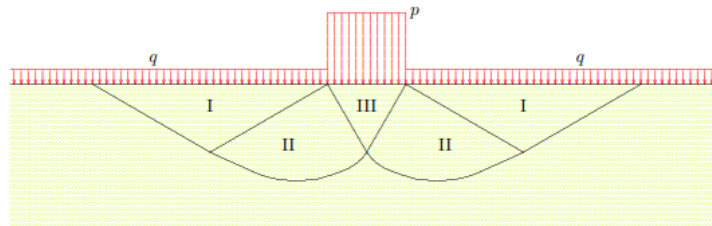
The equations used in the Geotube® Simulator are based on the paper "Two-dimensional analysis of geosynthetic tubes" by R. H. Plaut and S. Suherman, Acta Mechanica, Volume 129, 1998, pages 207-218, and on further research by Professor Raymond H. Plaut. The software was developed by Benjamin Z. Dymond. The work was performed at Virginia Tech.

## 6. Instabiliteit van de ondergrond (draagkracht)



Toetsing verticaal draagvermogen:

Gezien de belasting centrisch is wordt de breedte van de TC Geotube® B Base Contact Width vastgesteld als effectieve breedte  $b'$ . De belasting in de effectieve breedte bedraagt ca. 57 kPa.



Het verticaal draagvermogen wordt als volgt berekend:

$$p = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}BN_\gamma$$

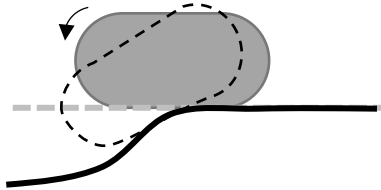
Hierin geldt  $c = 0$  en  $q = 0$ .  $N_\gamma = 9,011$  voor  $\phi = 25^\circ$ .<sup>1</sup> En  $\gamma = 10 \frac{kN}{m^3}$  (effectief volume gewicht). Het evenwichtsdragvermogen is  $\frac{1}{2} \cdot 10 \frac{kN}{m^3} \cdot 3,99m \cdot 9,011 = 179,76 kN/m^2$

$$\frac{57 kN/m^2}{180 kN/m^2} = 0,32 < 1$$

Deze waarde is berekend zonder onzekerheidsfactoren conform de NEN9997-1 en gebaseerd op een conservatieve inschatting van de geotechnische parameters  $\phi$  en  $\gamma$ .

## 7. Erosie van de ondergrond

<sup>1</sup>Grondmechica – Arnold Verruijt: Tabel 43.1: Coëfficiënten voor draagvermogen strokenfundering.



Zandverplaatsing aan de onderzijde en/of voorzijde van de TenCate Geotube kan resulteren in een erosiegeul. De TenCate Geotube volgt de ondergrond en kan mogelijk (gedeeltelijk) onderuitzakken in een dergelijke erosiegeul. In de rapportage van Deltares (2020)<sup>ii</sup> is inzicht verkregen in de omvang van de erosiegeulen rondom de hulpconstructie als gevolg van golfimpact en stroming. Hierin is de toepassing van een erosiebescherming aanbevolgen.

Op de ondergrond aan de voorzijde en onderzijde van **het systeem** wordt voorkoming van erosie van zanddeeltjes een erosie weefsel aangebracht. Deze wordt voor een gedeeltelijk onder de tube gelegd, zodat zanddeeltjes vast gelegd worden. Na vulling van het tube systeem wordt tussen damwand en tube systeem een zandvulling aangebracht.

#### 8. Erosie aansluitingen

De lijn van TenCate Geotube<sup>®</sup> systemen wordt uitgevoerd in verschillende naast elkaar gelegen secties. Tussen de **aansluitingen** van de onderlinge tubes kan mogelijk zand uit het grondmassief gelegen achter de tubes uitstromen als gevolg van de aanwezige waterstroming.

Om erosie tussen de aansluitingen van de onderlinge tubes te voorkomen wordt er achter elke aansluiting, lengte en hoeken, een overlappend gedeelte non-woven weefsel aangebracht. Dit weefsel voorkomt uitspoeling van zanddeeltjes.

#### 9. Vandalisme

De constructie wordt 24 uur per dag gemonitord zodat snel ingegrepen kan worden indien er beschadigingen zijn opgetreden.

---

<sup>i</sup> Lawson, C.R., 2008. Geotextile containment for hydraulic and environmental engineering, *Geosynthetics International*, 15, No 6, 384-427.

<sup>ii</sup> Deltares, 2020. *Assesment of seaside loads on landfall support structure Wijk aan Zee*