

Bijlage RL05

Toelichting op de berekening en de controle van de wanddikte van de liner behorende bij:

Bestek: 2022-SB-042

Relinen Jutfaseweg

17 februari 2023

Projectnummer: 141.1260

Versie 1.0

Definitief

Colofon

uitgave

Gemeente Utrecht
Stadsbedrijven
Stadsingenieurs

in opdracht van

Gemeente Utrecht
Stadsbedrijven
BORG

informatie

	Naam	Datum	Handtekening
Opsteller	E. v. Nierop	17-02-2023	
Projectleider	A. Eraslan	17-02-2023	

Inhoud

1	Toelichting berekening wanddikte	4
1.1	Besteksgegevens:	4
1.2	Berekening van de benodigde wanddikte van de lining c.q. deelrenovatie:	4
1.3	Voorbeeld uitgewerkt:	5
1.3.1	Berekening van de benodigde wanddikte	5
1.4	Optimalisatie	5
2	Toelichting toetsing gerealiseerde liners	7
3	Beslisboom eerste beproeving	9
4	Beslisboom herbeproeving	10

1 Toelichting berekening wanddikte

1.1 Besteksgegevens:

In de matrix zijn de minimaal vereiste wandstijfheid ($EI_{\infty \text{ vereist}}$) en de minimale vereiste momentcapaciteit ($M_{\text{cap } \infty \text{ vereist}}$) opgenomen.

Op basis van deze beide waarden kan de minimaal vereiste wanddikte op basis van de door de aannemer toe te passen materiaaleigenschappen worden berekend.

1.2 Berekening van de benodigde wanddikte van de lining c.q. deelrenovatie:

Door de aannemer gekozen materiaaleigenschappen:

$$E_{\text{modulus lange duur}} = E_{ld \infty} \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Buigtreksterkte lange duur} = \sigma_{bt \infty} \text{ N/mm}^2$$

De wanddikte van de lining volgt uit de eis ten aanzien van de minimale wandstijfheid en momentcapaciteit.

De wandstijfheid:

$$EI_{\infty} = E_{\infty} \times \left(\frac{1}{12}\right) \times 1 \times t^3 \geq EI_{\infty \text{ vereist}}$$

De wanddikte op basis van de E-modulus:

$$t_{E \geq} \sqrt[3]{\frac{12 \times EI_{\text{vereist}}}{E_{ld}}}$$

De momentcapaciteit:

$$M_{\text{cap } \infty} = \sigma_{bt} \times \frac{1}{6} \times 1 \times t^2 \geq M_{\text{cap vereist}}$$

De wanddikte op basis van de buigtrekspanning:

$$t_{\sigma \geq} \sqrt{\frac{6 \times M_{\text{cap vereist}}}{\sigma_{\text{buigtrek ld}}}}$$

De maatgevende aanhouden

1.3 Voorbeeld uitgewerkt:

In het bestek opgegeven waarden:

$$El_{\infty \text{ vereist}} = 3670 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{bt\infty} = 34 \text{ N/mm}^2$$

Toe te passen materiaaleigenschappen van de leverancier:

$$E_{\infty} = 3100 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{bt\infty} = 100 \text{ N/mm}^2$$

1.3.1 Berekening van de benodigde wanddikte

De wanddikte op basis van de E-modulus:

$$t_{E \geq} \sqrt[3]{\frac{12 \times El_{\text{vereist}}}{E_{ld}}} = t_{E \geq} \sqrt[3]{\frac{12 \times 3670 \text{ N/mm}^2}{3100 \text{ N/mm}^2}} = 2,42 \text{ mm}$$

De momentcapaciteit:

$$t_{\sigma \geq} \sqrt{\frac{6 \times M_{\text{cap vereist}}}{\sigma_{\text{buigtrek ld}}}} = t_{\sigma \geq} \sqrt{\frac{6 \times 34 \text{ N/mm}^2}{100 \text{ N/mm}^2}} = 1,42 \text{ mm}$$

De benodigde netto dikte (is de grootste waarde) = 2,4 mm

1.4 Optimalisatie

De gevonden wanddikte volgens deze methode is niet exact gelijk aan de wanddikte die de leverancier gevonden zou hebben als hij met zijn materiaaleigenschappen direct de berekening had gemaakt. Voor het geval de $t_{\sigma} > t_E$ worden de afwijkingen met de direct berekende waarden groter.

Voor het geval $t_{\sigma} > t_E$ kan in een beperkt aantal gevallen een optimalisatie worden doorgevoerd die leidt tot een iets geringere wanddikte

De benodigde wanddikte volgt uit de volgende formules:

Voor ronde buizen geldt:

$$t = \left(11,15 - \frac{\sqrt{5,1 \frac{\sigma_{bt} \times tE^2}{M_{cap}} - 13,38}}{9 - \frac{1}{3} \frac{\sigma_{bt} \times tE^2}{M_{cap}}} \right) \times tE$$

Voor eivormige buizen geldt:

$$t = \left(88 - \frac{\sqrt{32,67 \frac{\sigma_{bt} \times tE^2}{M_{cap}} - 96}}{80 - \frac{1}{3} \frac{\sigma_{bt} \times tE^2}{M_{cap}}} \right) \times tE$$

De reductie van de wanddikte ten opzichte van t_σ geldt niet voor linings waarbij Altrohrzustand III maatgevend is; dan geldt wel dat de wanddikte t is het maximum van t_E of t_σ . Bij dat belastingtype is de buiging dominanter en is het tweede orde effect op de momentcapaciteit geringer.

Opmerkingen

- Er wordt vanuit gegaan dat de aannemer controleert of de dikte van de door hem berekende lining, op basis van de door hem gekozen materiaaleigenschappen, toepasbaar/uitvoerbaar is voor de betreffende diameter en locatie. Dit geldt ook ten aanzien van de eisen m.b.t. plooivorming.
- De aannemer is verplicht om materiaaleigenschappen in de tabellen te vermelden en deze waarden te onderbouwen met de nodige documenten (DIBT Zulassung, 10.000 uur test, testcertificaten m.b.t. gedeclareerde waarden etc).
- Omdat er tijdens evaluatie rekbegrenzing van de GVK liners toegepast zal worden, is het praktisch om ook vooraf $\sigma_{buigtrek\ id}$ waarde te begrenzen. Deze waarde kan berekend worden als volgt:

$$\sigma_{bZLT} = 1900 \cdot E_{LT} / \sqrt[3]{E_{ST}} \cdot 10^{-4}$$

2 Toelichting toetsing gerealiseerde liners

In het bestek zijn de minimaal vereiste wandstijfheid $El_{ld \infty}$ en de minimaal vereiste momentcapaciteit van de wand $M_{cap \infty}$ als resultaatverplichting opgenomen.

In de deel 3 van het bestek is aangegeven dat bij de analyse van de beproevingsresultaten van de proefstukken de representatieve waarde van de $El_{ld \infty}$ en $M_{cap \infty}$ minimaal $El_{ld eis}$ en $M_{cap eis}$ moeten bedragen.

Dus geldt $El_{ld rep} \geq El_{ld eis}$ en $M_{cap rep} \geq M_{cap eis}$

Bij de analyse van de beproevingsresultaten van een gerealiseerde lining wordt als volgt te werk gegaan.

Vijf repen worden beproefd door middel van de driepuntbuigproef volgens DIN EN ISO 178

Stap 1 Controle op de validiteit van de kruipfactor

Als de E_0 gem gerealiseerd $\geq E_0$ gedeclareerd dan wordt de uitharding van de liner als voldoende beschouwd.

Wordt niet aan deze eis voldaan dan moet nagegaan worden of voor de uitgevoerde lining de kruipfactor k , zoals die is afgeleid uit de bij de lining behorende 10.000 beproeving, valide is.

De uitharding wordt gecontroleerd aan de hand van de DSC-TM analyse of middels een rest-styreenmeting van de buitenste 4 mm van de wanddikte van de liner.

Bij de rest-styreenmeting wordt de uitharding als voldoende beschouwd als het percentage rest-styreen $\leq 2\%$.

Als de lining voldoende is uitgehard dan is voor de uitgevoerde lining de kruipfactor k , zoals die is afgeleid uit de bij de lining behorende 10.000 beproeving, valide.

Als blijkt dat de uitharding onvoldoende is, dan wordt een kruptest uitgevoerd op de resterende drie repen.

Als uit de beproeving van het proefstuk blijkt dat het proefstuk in- of externe scheurvorming vertoont of als blijkt dat het proefstuk inhomogeen (bijvoorbeeld als in het laboratorium geconstateerd wordt dat het proefstuk droog is, vakterm is "trokken") is, dan wordt ongeacht het resultaat van het onderzoek naar de uitharding een kruptest uitgevoerd op de resterende drie repen.

Zie ook deel 3 van het bestek.

De kruptest wordt uitgevoerd voor een periode van 96 uur. Daarbij wordt de kruipneiging na respectievelijk 24, 48 en 96 uur bepaald.

Als criterium geldt:

$k_{24 \text{ test}} / k_{24 \text{ tt}} \leq 110 \%$

$k_{48 \text{ test}} / k_{48 \text{ tt}} \leq 110 \%$

$k_{96 \text{ test}} / k_{96 \text{ tt}} \leq 110 \%$

De verhouding van kruipneiging mag niet toenemen, dus

$k_{48 \text{ test}} / k_{48 \text{ tt}} \leq k_{24 \text{ test}} / k_{24 \text{ tt}}$ en $k_{96 \text{ test}} / k_{96 \text{ tt}} \leq k_{48 \text{ test}} / k_{48 \text{ tt}}$

Waarbij voor $k_{xx \text{ tt}}$ geldt: de kruipneiging na xx uur volgend uit de bij de lining behorende 10 000 beproeving.

Als aan deze criteria wordt voldaan dan is voor de uitgevoerde lining de kruipfactor k , zoals die is afgeleid uit de bij de lining behorende 10.000 beproeving, valide.

Wordt aan deze criteria niet voldaan dan moet de kruiptest doorgezet worden tot minimaal 1.000 uur en wordt de kruipfactor door extrapolatie bepaald.

Stap 2 Toetsing van de gerealiseerde wandstijfheid en momentcapaciteit.

Voor elk van de vijf van de met de driepuntbuigproef belaste repen de El_{lange} duur en M_{cap} langeduur berekend, daarbij rekening houdend met in stap 1 bepaalde c.q. valide bepaalde kruipfactor k .

Dit levert totaal vijf waarden van El_{wand} Id en M_{cap} Id op. Van deze waarden wordt de gemiddelde waarde berekend en meegenomen in de evaluatie.

Waarbij:

$k = \text{de uit de 10 000 uren proef volgende verhouding } \frac{E_{50 \text{ jaar}}}{E_0} \text{ (kruipfactor)}$

Voor alle liners is kruipfactor uitgewerkt in 10.000 uur test, deze dient vooraf bekend en onderbouwd te zijn, de gebruikelijke waarde voor naaldvilt is tussen 0,4 en 0,5 en voor GVK tussen 0,6 en 0,8 (per kous/systeem anders).

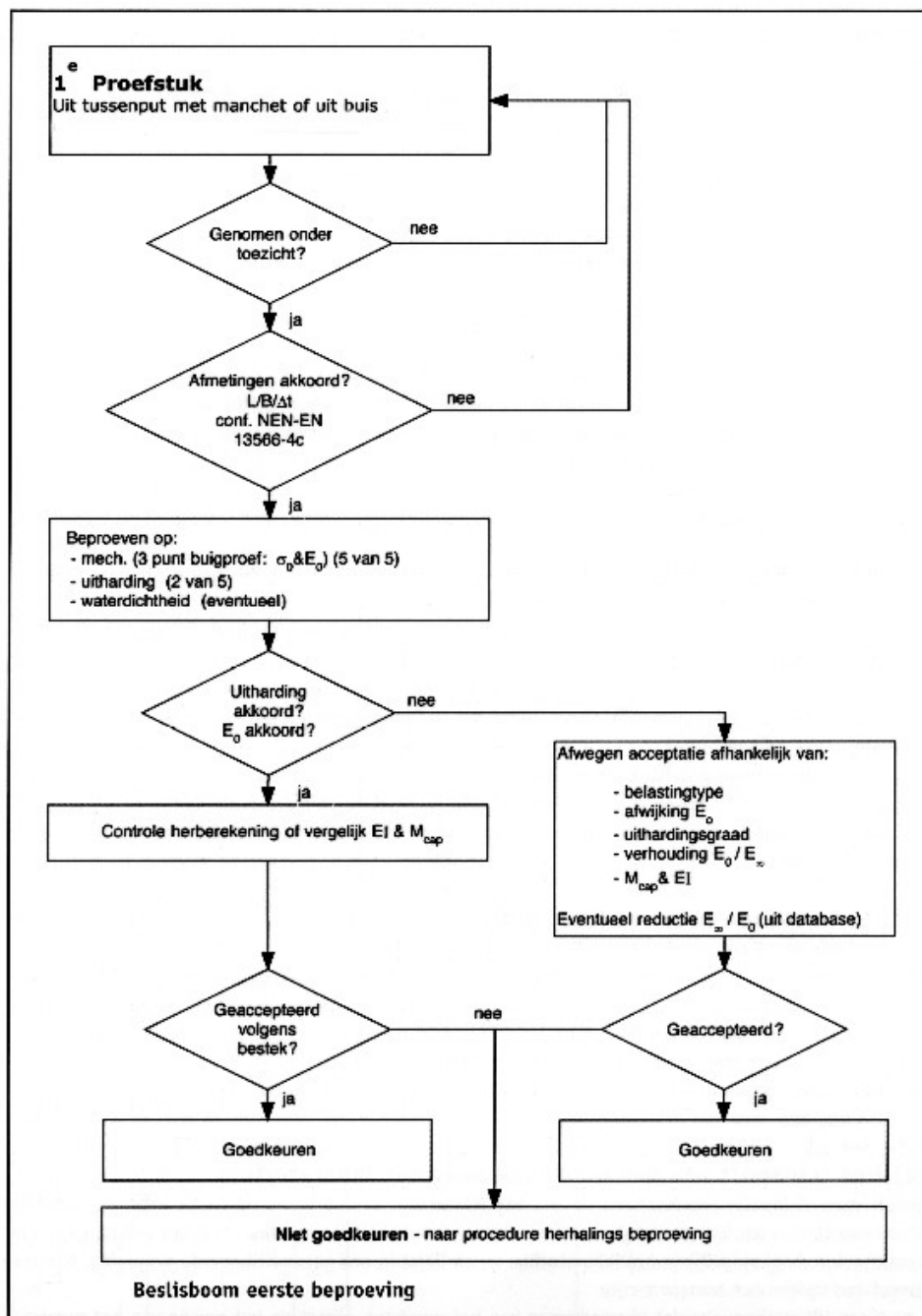
Voor naaldvilt liners wordt de reductiefactor gehanteerd om σ waarde lange termijn te bepalen die gelijke waarde heeft als hierboven omschreven kruipfactor.

Voor GVK liners wordt σ waarde lange termijn bepaald door de begrenzing van de rek, als volgt:

$$\sigma_{bZLT} = 1900 \cdot E_{LT} / \sqrt[3]{E_{ST}} \cdot 10^{-4}$$

Met deze begrensde σ waarde wordt de uiteindelijke M_{cap} van de GVK liners berekend. Eea conform de formule op de pagina 1 van deze toelichting.

3 Beslisboom eerste beproeving



4 Beslisboom herbeproeving

