

Toelichting berekening wanddikte en toetsing gerealiseerde liners

1. Toelichting berekening wanddikte

Besteksgegevens:

In de bijlagen (excel tabel) zijn de minimaal vereist 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.

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

Door de aannemer gekozen materiaaleigenschappen:

$$\begin{aligned} \text{E modulus lange duur} &= E_{\infty} \text{ N/mm}^2 \\ \text{Buigtreksterkte lange duur} &= \sigma_{\text{bt}\infty} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

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

De wandstijfheid:

$$EI_{\infty} = E_{\infty} * \frac{1}{12} * 1 * t^3 \geq EI_{\text{vereist}}$$

De wanddikte op basis van de Emodulus:

$$t_E \geq \sqrt[3]{\frac{12 * EI_{\text{vereist}}}{E_{ld}}}$$

De momentcapaciteit:

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

De wanddikte op basis van de buigtrekspanning:

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

De wanddikte t is de grootste waarde van t_E en t_{σ} .

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).

2. Toelichting toetsing gerealiseerde liners

In het bestek zijn de minimaal vereiste wandstijfheid $EI_{\text{lange duur}}$ en de minimaal vereiste momentcapaciteit van de wand $M_{\text{cap lange duur}}$ als resultaatverplichting opgenomen.

In het bestek is aangegeven dat bij de analyse van de beproevingsresultaten proefstukken de representatieve waarde van de $EI_{\text{lange duur}}$ en $M_{\text{cap lange duur}}$ minimaal EI_{eis} en $M_{\text{cap eis}}$ moeten bedragen.

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

De als resultaatverplichting opgenomen EI_{eis} en $M_{\text{cap eis}}$ zijn berekend op basis van de representatieve belastingen. Ook bij de bepaling van grondparameters wordt gewerkt met de representatieve parameters.

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

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

Stap 1 Controle op de validiteit van de kruipfactor

Als de $E_{0 \text{ gem gerealiseerd}} \geq 0.90 * E_{0 \text{ gedeclareerd}}$ 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 ‘trokken’ is) 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

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

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 kruptest 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 $EI_{\text{lange duur}}$ en $M_{\text{cap lange duur}}$ berekend, daarbij rekening houdend met in stap 1 bepaalde c.q. valide bepaalde kruipfactor k .

Dit levert totaal vijf waarden van $EI_{\text{wand ld}}$ en $M_{\text{cap ld}}$ op. Van deze waarden wordt de gemiddelde waarde berekend en meegenomen in de evaluatie.

$$EI_{ldrep} = EI_{gem} \times k_E$$

$$M_{capldrep} = M_{capgem} \times k_{\sigma}$$

Waarbij:

$$k_E = \text{de uit de 10 000 uren proef volgende verhouding } \frac{E_{50 \text{ jaar}}}{E_0}$$

$$k_{\sigma} = \text{de door de fabrikant opgegeven verhouding } \sigma_{50 \text{ jaar}} / \sigma_0$$

Met voor Naaldvilt liners is kruipfactor uitgewerkt in 10.000 uur test, deze dient vooraf bekend en onderbouwd te zijn, gebruikelijke waarde is $0,45 \pm 10\%$ (per kous/systeem anders).

Voor GVK liners wordt k_{σ} bepaald door de begrensing van de rek.

$$\text{Daarbij geldt } \epsilon_{\max} = 0.1902 / \sqrt[3]{E_0}, \sigma_{\text{buigtrek ld}} = \epsilon_{\max} * E_{ld} = \epsilon_{\max} * E_0 * k_E \text{ en dus}$$

$$k_{\sigma} = \sigma_{\text{buigtrek ld}} / \sigma_{\text{buigtrek 0}}$$