



Aan : ing. J. Peters
Kopie aan : n.v.t.
Datum : 10 april 2012
Betreft : optredende bochtkrachten in
noodpersleiding gemaal
Zuiderparkweg
Projectcode : Q403211

Inleiding

De persleiding tussen gemaal Zuiderparkweg en de persleiding in de Goeresestraat wordt gerenoveerd. Omdat het gemaal in bedrijf moet blijven, wordt er een bovengrondse noodleiding aangelegd vanaf het gemaal tot aan het begin van de leiding in de Goeresestraat.

Omdat de leiding deels via een jumperconstructie boven het maaiveld loopt, moet aandacht worden besteed aan de optredende bochtkrachten door stroming en druk. De combinatie van de leidingconstructie en dragende constructie moet deze krachten kunnen opvangen.

Doelstelling notitie

Deze notitie berekent de stromings- en drukkrachten op de bochten van de noodleiding. De berekende krachten hebben betrekking op de bochten van de jumperconstructie.

De drukken worden bepaald met het simulatieprogramma Wanda. Hiervoor wordt een model gebruikt van de gemalen en persleidingen van de Zuidlus.

Randvoorwaarden en uitgangspunten

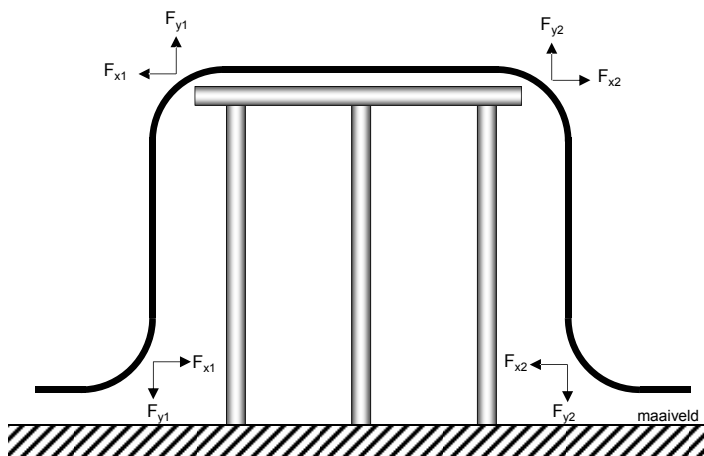
- maximaal debiet 4227 m³/h;
- diameter noodleiding 800 mm;
- pompen worden frequentiegestuurd opgestart;
- sluittijd schuifafsluiter aangenomen op 120 s.

Resultaten

De bochtkrachten worden bepaald door de druk en debiet in het bochtstuk. De krachten verschillen in stationaire en instationaire toestand als gevolg van het optreden van waterslag. Bij waterslag ontstaat er een drukgolf die zich zeer snel voorplant door het leidingsysteem. Deze golf geeft een extra kracht op een bochtstuk, zij het zeer kortstondig.

In de noodleiding zijn geen afsluiters aanwezig die kunnen leiden tot waterslag. Vlak voor de RWZI zuivering Dokhaven zijn wel afsluiters aanwezig waardoor waterslag kan optreden bij sluiten zonder uitschakelen van het gemaal. Een onderdruk golf veroorzaakt geen maatgevende kracht op een bochtstuk en wordt daarom niet beschouwd.

De betreffende jumperconstructie is getoond in Figuur 1. In de normale (stationaire) bedrijfsvoering heffen de horizontale bochtkrachten F_{x1} en F_{x2} elkaar op. Er werkt dus geen horizontale kracht op het leidingdeel zodat bij verankering van de leiding op de constructie, de constructie niet horizontaal wordt belast. Dit zelfde geldt voor de verticale krachten $F_{y1,2}$ (met verwaarlozing van de drukafname door het niveauverschil).



Figuur 1 Leiding- en jumperconstructie

Tijdens passage van de drukgolf zijn de krachten F_{x1} en F_{y1} kortstondig niet gelijk aan F_{x2} en F_{y2} . Dit geeft een resulterende horizon- en verticale kracht op de leidingconstructie, zij het zeer kortstondig.

In de volgende alinea's worden de bochtkrachten berekend tijdens normale bedrijfsvoering en bij waterslag waardoor er een resulterende kracht op de leidingconstructie werkt.

Bochtkrachten tijdens normale bedrijfsvoering

In stationaire toestand bij RWA-bedrijf is de grootste druk in de noodleiding circa 1,8 barg en treedt op in de leiding vlak na het gemaal. De bochtkrachten worden met deze druk berekend wat dus enigszins conservatieve resultaten krachten geeft.

Tabel 1 geeft de krachten in x- en y-richting voor een 90°-bocht in het horizontale en verticale vlak. De krachten kunnen als conservatieve waarden worden gebruikt bij flauwere bochten.

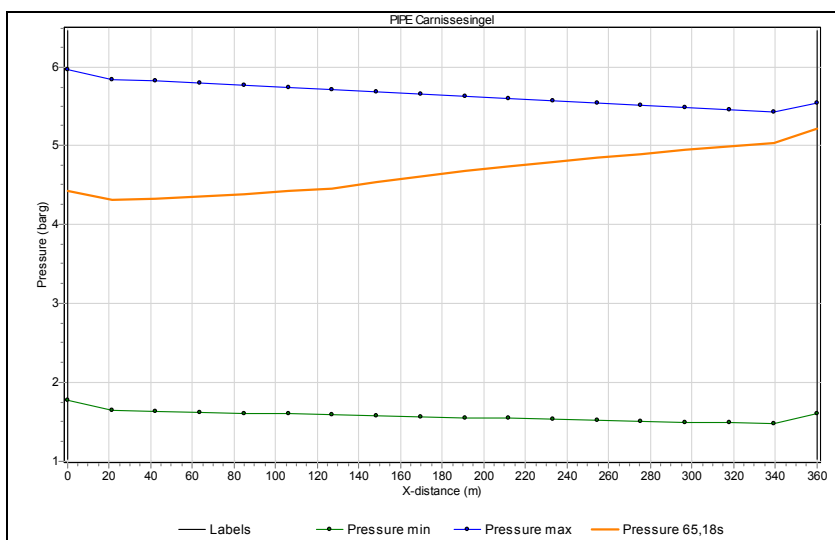
Tabel 1 Krachten op bochtstukken

type bocht	F_y	F_x
90°	93 kN	93 kN

De krachten worden via flensverbindingen van de bochtstukken overgedragen op de leiding.

Bochtkrachten tijdens waterslag

Figuur 2 toont een momentopname van de drukgolf in de noodleiding die het grootste drukverschil geeft over de leidingconstructie en daardoor de grootste resulterende kracht op de leidingconstructie.



Figuur 2 Druk golf in noodleiding

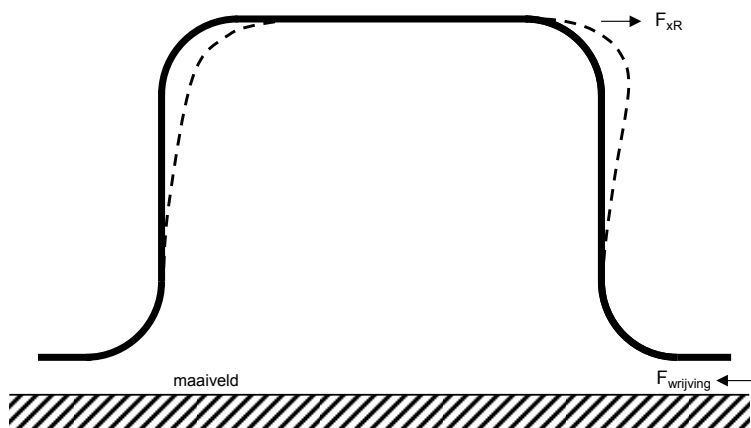
Het drukverschil is orde grootte 1 bar. Dit geeft de volgende benadering van de resulterende krachten op de leidingconstructie met verwaarlozing van de traagheidskrachten:

Tabel 2 Krachten op leidingconstructie bij waterslag

	F_x Resultierend	F_y Resultierend
jumperconstructie met 2x 90°	50 kN	50 kN

Deze kracht kan wellicht worden opgenomen door de leidingconstructie zelf mits de vervorming minimaal is, zie ook Figuur 3. Voor een conservatieve benadering van de horizontale vervorming δ kan worden uitgegaan van de vervorming van een ingeklemde ligger waarvoor geldt: $\delta = \frac{F_{xR} L^3}{3EI}$

Het produkt EI van de stalen buis Ø800 mm is circa $0,43E9 \text{ Nm}^2$. Dit geeft bij een kracht van 50 kN en een liggerlengte van 3 m, een vervorming van orde grootte 0,001 m. Deze vervorming lijkt minimaal zodat de resulterende bochtkracht kan worden opgenomen door de leidingconstructie zelf.



Figuur 3 Resulterende horizontale kracht bij waterslag

Conclusies bochtkrachten

In de normale bedrijfsvoering werken er geen resulterende verticale en horizontale krachten op de leidingconstructie.

Tijdens een waterslagsituatie werkt er zeer kortstondig wel een resulterende horizontale kracht van 50 kN op de leidingconstructie. Deze kracht kan worden opgevangen door de stijfheid van de leidingconstructie zelf wat resulteert in een minimale (horizontale) vervorming van orde grootte 0,001 m.

Referenties

[1] Cursusboek Waterslag, WL | delft hydraulics, november 1999