



Auteur: ir. K. Sektani

# OP WEG NAAR EEN REALIS- TISCH MODEL VOOR DE LEVENSDUUR VAN BEWEGINGS- WERKEN

Ingenieurs- en adviesbureau Antea Group is dit jaar met de TU/ Delft, Rijkswaterstaat en Provincie Zuid-Holland een onderzoek gestart naar de dynamica van beweegbare bruggen. In de praktijk blijkt namelijk dat bestaande bewegingswerken onnodig vroeg worden vervangen. Het onderzoek moet leiden tot een realistisch model om de levensduur van brugbewegingsmechanismen te beoordelen.

Motoren en frequentieomvormers, tandwiel-overbrengingen, in- en uitgaande assen, heugelstangen en Panamawielen: het bewegingswerk van bruggen is complex, maar essentieel in de beoordeling van veiligheid en de restlevensduur hiervan. Het is materie waarin adviseur Kodo Sektani van Antea Group zich de komende jaren gaat verdiepen: het dynamisch gedrag van beweegbare bruggen.

‘We beschikken in Nederland over honderden beweegbare bruggen. Voor veel van deze kunstwerken gaan de jaren tellen. De status van de brugconstructie en de mechanische uitrusting is bepalend voor de vraag of een brug gerenoveerd of zelfs helemaal vervangen moet worden. De herbeoordeling van het bewegingswerk is hierbij cruciaal. Ik zie dat dit onderdeel voor beheerders een grote worsteling is omdat de theoretische rekenregels die we nu hanteren de praktijk niet lijken te volgen.’

### **EEN GAT TUSSEN THEORIE EN PRAKTIJK**

Sinds de overgang naar de Eurocodes worden bestaande beweegbare bruggen beoordeeld aan de hand van de NEN 8700/NEN 8701. De normen schrijven echter toepassingsregels en bepalingmethoden voor die betrekking hebben op de veiligheid van de overspanningsconstructie van bruggen. Deze gelden niet voor de mechanische uitrusting van beweegbare bruggen. ‘Hiervoor maken we gebruik van de NEN 6786:2001 Voorschriften voor het Ontwerpen van Beweegbare Bruggen (VOBB). Deze bruggennorm kent voorschriften en rekenregels die zijn geschreven voor nieuwbouw en niet bedoeld zijn voor bestaande bouw.’ Uit de herberekeningen die conform de VOBB worden gedaan, blijkt bijna altijd dat alle onderdelen die tot de brugbewegingsmechanismen behoren, vervangen moeten worden. ‘Opvallend is dat we van beheerders horen dat qua functionaliteit en waarneming vanuit de beroepspraktijk hiervoor geen aanleiding is. We zien dus dat de theorie niet op de praktijk aansluit. Dit heeft grote consequenties. Mochten de huidige rekenvoorschriften juist zijn, dan betekent dit dat bestaande bewegingswerken die gebouwd zijn vóór het bestaan van de VOBB, te licht zijn gedimensioneerd. Hiermee zouden ze een risico vormen voor het wegverkeer en de scheepvaart. Als de rekenregels te conservatief zijn, dan kan dat betekenen dat oude bewegingswerken wellicht onnodig vroegtijdig worden vervangen en dat de bewegingswerken die volgens de VOBB worden ontworpen, overgedimensioneerd zijn.’

### **OP WEG NAAR EEN HOLISTISCH BEOORDELINGSMODEL**

Natuurlijk komen de voorschriften die de VOBB hanteert niet uit de lucht vallen. ‘Er is in het verleden onderzoek gedaan op het gebied van beweegbare bruggen die tot de VOBB hebben geleid. De rekenregels voor het bepalen van dynamische belastingen in bewegingswerken zijn echter gebaseerd op sterk vereenvoudigde rekenmodellen. Hierbij wordt

bijvoorbeeld voor alle typen bewegingswerken uitgegaan van slechts één enkelvoudig massaveersysteem dat bestaat uit twee roterende schijven en één equivalente veer die de flexibiliteit van diverse componenten voorstelt. In de werkelijkheid gaat het om meervoudige bewegingsvergelijkingen met diverse vrijheidsgraden. Deze vereenvoudigde regels worden op alle type beweegbare bruggen toegepast. Dit ondersteunt het argument dat het tijd is voor nieuwe en nauwkeurigere rekenregels. Daarnaast is er inmiddels geavanceerde software beschikbaar om complexe dynamische modellen op te stellen in plaats van sterk vereenvoudigde analytische rekenformules’

Er is de afgelopen jaren meer onderzoek gedaan naar beweegbare bruggen. ‘De onderzoeken hebben waardevolle informatie opgeleverd. Toch zijn niet alle aspecten die van invloed zijn op dynamica van beweegbare bruggen meegenomen. Bij één van de onderzoeken lag de focus bijvoorbeeld alleen op de windbelasting in relatie tot dynamische belastingen in bewegingswerken. Met andere woorden: er is fundamenteel en diepgaand inzicht nodig om het dynamisch gedrag van beweegbare bruggen goed te kunnen voorspellen. Het uiteindelijke doel is dan ook een holistisch beoordelingsmodel dat alle aspecten meeweegt en geïmplementeerd kan worden binnen de nationale bouwvoorschriften.’

### **ZUID-HOLLAND: ENORME MAATSCHAPPELIJKE WAARDE**

De Provincie Zuid-Holland volgt het onderzoek van Sektani met grote belangstelling. ‘Het is een onderzoek dat een doorbraak kan betekenen op het gebied van de veiligheid en levensduur van bewegingswerken, stelt Stefan Knapen (Senior Projectleider Staal & Werktuigbouwkunde). ‘We zien in ons areaal veel bruggen uit de jaren ‘50 en ‘60. Ze komen weliswaar op leeftijd, maar voor veel van die kunstwerken geldt dat ze er voor ons gevoel nog goed bijstaan. Als we de huidige norm volgen, komen vrijwel alle bewegingswerken in aanmerking voor vervanging. We zoeken daarom naar een werkbaar beoordelingsmodel om aantoonbaar te maken dat het huidige areaal inderdaad veilig is, zodat we kostenbewuster met de huidige normeringen om kunnen gaan.’

De Provincie ondersteunt het onderzoek financieel, maar ook door inzage te geven in de beheerdata van de bruggen. ‘We vinden dat we als overheid een taak hebben om dit soort onderzoeken te stimuleren. Zeker gezien het maatschappelijk belang. Als blijkt dat de huidige normen inderdaad te conservatief zijn en dat we de veiligheid van veel van onze bruggen wel kunnen waarborgen, dan heeft dit verregaande gevolgen voor de restlevensduur van bruggen. Dit voorkomt een miljoeneninvestering per brug.’ Een eenvoudig onderzoek is het overigens niet, stelt Knapen. ‘Elke brug en het bijbehorende bewegingsmechanisme is weer anders; ook de omstandigheden verschillen per brug. Het wordt nog

een hele kluit om uit al die parameters een model te destilleren dat toepasbaar is op elk bewegingswerk en dat de veiligheid van elke brug kan aantonen. Daarnaast heb je te maken met de zienswijzen van politiek en beheerders: je zult met rekenregels moeten komen die voor iedereen acceptabel zijn.'

#### *Bewegingswerken zijn een problematisch onderdeel*

Bij Rijkswaterstaat zijn de verwachtingen eveneens hoog gespannen. Johan den Toom (Senior adviseur Mechanical and Steel): 'Binnen ons programma Vervanging en Renovatie van stalen bruggen zijn de bewegingswerken van de beweegbare bruggen een problematisch onderdeel. Een groot deel van de bestaande bewegingswerken voldoet niet aan de huidige regelgeving, de NEN 6786. In de praktijk zien we echter binnen ons areaal nagenoeg geen schade aan de bewegingswerken. In veel gevallen lijkt er geen noodzaak tot vervanging aanwezig te zijn.' Rijkswaterstaat hoopt dat het onderzoek leidt tot duidelijke goed- en afkeuringseisen voor het huidige areaal van beweegbare bruggen. Den Toom: 'We hebben op dit moment geen normen voor de bewegingswerken van bestaande kunstwerken voorhanden zoals de NEN 8700/8701. Daarom zijn we eigenlijk op zoek naar een NEN 8700/8701 voor de mechanische uitrusting. Een norm waarin duidelijke goed- en afkeuringscriteria omschreven worden om bestaande bewegingswerken te beoordelen.' Den Toom beseft dat dit een ambitieuze doelstelling is. 'Het bewegingswerk van een brug is aan vele invloeden onderhevig en elk bewegingswerk heeft door de jaren heen een andere belasting gehad. En hoe bepaal je bijvoorbeeld de minimale veiligheid van een bewegingswerk bij een plotselinge windbelasting tijdens een noodstop? Er zijn wat dat betreft nog veel complexe vragen die door onderzoek beantwoord moeten worden.'

## HET ONDERZOEK

Sektani ziet die uitdagingen ook. Vooral de grote verscheidenheid in bruggen en bewegingswerken is een punt van aandacht. 'Ik focus me allereerst op twee bruggen die in ons land vrij standaard zijn. Een basculebrug die wordt aangedreven door een Panamawiel en een ophaalbrug met een rechte heugelopstelling. Het feit dat we nu inzoomen op twee verschillende typen bewegingswerken, is al een stap voorwaarts vergeleken bij de rekenregels die nu voor alle type bruggen gelden.'

Het onderzoek bestaat grofweg uit drie lijnen:

- de stand van zaken in brugbewegingsmechanismen,
- inzicht in het dynamisch gedrag van beweegbare bruggen door modelleringen en metingen
- en een doorvertaling van de onderzoeksresultaten naar eisen en bepalingmethoden.

'Allereerst doe ik literatuuronderzoek naar de huidige rekenregels en de laatste inzichten met betrekking tot de dynamica van beweegbare bruggen. Daarnaast

onderzoek ik het dynamisch gedrag van de diverse brugbewegingsmechanismen fundamenteel. Dit gebeurt op basis van metingen en data-analyses van bestaande bruggen van onder meer de provincie Zuid-Holland en Rijkswaterstaat. Op basis van deze gegevens stel ik geavanceerde numerieke modellen op waarmee dynamische belastingen in brugbewegingsmechanismen voorspeld kunnen worden. Vervolgens worden de modellen aan de hand van nauwkeurige metingen, laboratoriumtesten en simulaties geverifieerd en gevalideerd.'

#### *Werken aan proefopstelling*

Voor deze laatste stap wil ik een proefopstelling bouwen in het laboratorium van de TU/Delft. De proefopstelling moet leiden tot beter inzicht in de krachtwerkingen en eigenschappen binnen bewegingswerken. 'Ik denk aan een basisopstelling met werkelijke aandrijfcomponenten, zoals een motoraandrijving, open en gesloten tandwieloverbrengingen en variabele in- en uitgaande assen. Daarnaast worden de verschillende massa's met vliegwiel of windbelastingen door hydraulische cilinders gesimuleerd. Op deze manier kunnen we verschillende parameters testen.'

De komst van de proefopstelling is nog afhankelijk van de financiën. 'We hebben inmiddels voldoende geld binnen om mijn inzet en de begeleiding vanuit TU/Delft vier jaar te bekostigen. Om tot een goede proefopstelling te komen, hebben we extra financiële ondersteuning nodig. Ik hoop daarom dat we de komende tijd nog meer partijen kunnen overtuigen van het nut en de noodzaak van dit onderzoek. Het is een kleine investering in het licht van de enorme beheer- en onderhoudskosten van de beweegbare bruggen die jaarlijks gemaakt worden in Nederland. Zeker als we hard kunnen maken dat de normeringen, waarop we de beheersmaatregelen baseren, te streng zijn.'

## DE GEBRUIKERSCOMMISSIE

**Aanvullend aan het onderzoek is er een gebruikerscommissie in het leven geroepen. De commissie bestaat uit experts die speciale belangstelling hebben voor bewegingswerken. De gebruikerscommissie vormt een belangengroep die een klankbordfunctie heeft en die feedback geeft op het proefschrift en de resultaten van het onderzoek. De promovendus is verantwoordelijk voor de coördinatie en communicatie tussen de begeleidingscommissieleden die senior wetenschappers en adviseurs zijn op dit vakgebied. Op dit moment maken onder meer Rijkswaterstaat, de Provincie Zuid-Holland, de gemeente Rotterdam en Antea Group deel uit van de gebruikerscommissie.**

**Wanneer u meer wilt weten over het onderzoek of zitting wilt nemen in de gebruikersgroep kunt u contact opnemen met ir. K. Sektani, T 0681 738 800, E k.sektani@tudelft.nl**