

Normen voor het ontwerpen van beweegbare bruggen.

B.H. Coelman en J. Montijn

Bij het ontwerpen van beweegbare bruggen spelen onderstaande normen een belangrijke rol:

1. De normen, die de rekenvoorschriften ten aanzien van de verkeersbelastingen op bruggen behandelen.
2. De norm, die de voorschriften geeft voor het berekenen van de aandrijfmechanismen en hun onderdelen.

Van de laatste norm is een geheel nieuwe tweede druk uitgegeven als NEN 6786: 2001 Voorschriften voor het Ontwerpen van Beweegbare Bruggen, (VOBB). Tevens is er een nieuwe norm met veiligheidseisen voor beweegbare bruggen uitgebracht: ontw. NEN 6787: 2001, (Ontwerpen van beweegbare bruggen - Veiligheid).

Een korte terugblik op het ontstaan van ontwerp-regels voor verkeersbelastingen

Omstreeks 1850 ging door de invoering van gewalst ijzer voor de bruggenbouw en de opkomst van de toegepaste mechanica de berekening van bruggen een steeds grotere rol spelen. Daardoor ontstond de behoefte aan het op éénduidige wijze aangeven van verkeersbelastingen.

Aanvankelijk rekende men met een gelijkmatig verdeelde belasting voor de rijweg, later vermeerderd met de puntbelastingen van paard en wagen en in bijzondere gevallen voor een stoomwals. (Zie hiervoor ook het artikel van A. Romeijn in het NBS-Nieuws, jaargang VIII nr.1). Omstreeks 1900 begon de stormachtige ontwikkeling van de (vracht)auto, hetgeen leidde tot veel hogere belastingen op wegen en bruggen. De eerste voorschriften voor belastingen op bruggen verschijnen echter pas in 1920 in de vorm van een beschikking van de Minister van Waterstaat. In 1929 volgde een herziening met gedifferentieerde belastingen voor eigen gewicht, mobiele belasting, windbelasting en temperatuurinvloeden. Bovendien werd de stootcoëfficiënt ingevoerd, waardoor rekening gehouden kon worden met de grotere krachten, die op een brug worden uitgeoefend bij hogere snelheden van het daarover rijdende verkeer. In de jaren 1931 en 1932 volgden stelselmatig herzieningen en aanvullingen, hetgeen in 1933 uitmondde in de VOSB 1933 (Voorschriften voor het Ontwerpen van Stalen Bruggen). In 1938 verschijnt deze norm als N1008, waarin tevens normen worden opgenomen voor het opstellen en vervaardigen van stalen bruggen (VOSB / VVSB 1938). Ondanks de snelle ontwikkeling van de zware vrachtwagens, volgde pas in 1963 een gehele herziening van de laststelsels in een nieuwe VOSB 1963, NEN 1008. In 1995 verschijnt een volgende herziening in NEN 6788 (VOSB 1995), die in 1999 weer wordt aangepast: NEN6788 / A1 (VOSB 1995).

Vorig jaar verscheen een geheel nieuwe Nederlandse norm: Ontw. NEN 6706: 2001 "Verkeersbelastingen op bruggen". Dat is de vertaalde NVN-ENV 1991 Eurocode 1, deel 3 "Traffic loads on bridges" met daarin verwerkt het NAD (Nationaal Applicatie Document).

Recapitulerend voor het ontwerpen van beweegbare bruggen staan vier "bruggen" normen de constructeur ter beschikking:

1. Het Ontwerpen van Stalen Bruggen - Basiseisen en eenvoudige rekenregels (VOSB 1995) - NEN 6788/A1:1999.
2. Verkeersbelasting op bruggen ontw. NEN 6706:2001. Afgeleid van NVN-ENV,1991-3, "Traffic loads on bridges".
3. Voorschriften voor Ontwerpen van Beweegbare Bruggen (VOBB) - NEN 6786:2001.2^e druk.
4. Ontwerpen van Beweegbare Bruggen - Veiligheid ontw. NEN 6787:2001.

Ontwikkelingen voorschriften belastingen op verkeersbruggen

1850	Gelijkmatig verdeelde belasting
1894	Belastingen op verkeersbruggen volgens Duitse richtlijnen. Omstreeks 1900 intrede auto in het verkeer.
1920	Circulaire verkeersvoorschriften - beschikking Minister Waterstaat
1929	Herziening belastingvoorschriften voor de berekening van bruggen in de rijswegen.
1932	Ontwerp, Voorschriften voor het ontwerpen en vervaardigen en opstellen van stalen bruggen - publicatie in "De Ingenieur".
1933	Voorlopige voorschriften voor het Ontwerpen van Stalen Bruggen (VOSB 1933) exclusief VVSB.
1938	VOSB 1938 als N 1008. Inclusief VVSB (Voorschriften voor het Vervaardigen van Stalen Bruggen)
1963	Herziening VOSB, NEN 1008 (VOSB 1963).
1977	VVSB-1977-NEN 2008.
1995	VOSB 1995 - NEN 6788
1999	Herziening VOSB - NEN 6788/A1.
2001	Ontwerp NEN 6706 "Verkeersbelastingen op bruggen". Afgeleid van NVN-ENV 1991-3, Eurocode 1, deel 3, "Traffic loads on Bridges".

Op het ontwerp van staalconstructies voor beweegbare bruggen zijn uiteraard nog tientallen andere normen relevant; in het voorgaande is volstaan met een summier opsomming van de ontwikkelingen op het gebied van de normering van verkeersbelastingen en andere invloeden op de sterkte en stijfheid van bruggen. Voor spoorbruggen hebben aanvankelijk andere, voornamelijk Duitse, normen gegolden (zie kader op blz. 12). Min of meer gelijk opgegaan met de ontwikkelingen van de regelgeving voor de diverse belastingen zijn de ontwikkelingen geweest van de materiaaleigenschappen van het constructiestaal en daaruit voortvloeiende hogere toe te laten spanningen. Deze evolueerden van 750-850 Kg/cm² voor ijzeren rijvloeren in 1920 tot 1400 Kg/cm² voor de staalkwaliteit St 37 en 2100 Kg/cm² voor St 52 in de VOSB 1938 N1008 en later 1600 Kgf/cm² voor Fe 37 en 2400 Kgf/cm² voor Fe 52 in de VOSB 1963 N1008.

Ontwikkeling van de voorschriften voor het ontwerpen van de mechanische uitrusting

De regelgeving voor het ontwerpen van de mechanische en elektrische installaties ontstond veel later. Tijdens de tweede wereldoorlog startte de Directie Bruggen van de Rijkswaterstaat de werkzaamheden om tot een regelgeving te komen voor de berekening van de mechanische installaties en hun machineonderdelen, alsmede de bepalingen met betrekking tot de elektrische installaties. Omdat de activiteiten voor de bouw van bruggen toen stil lagen, heeft men van de gelegenheid gebruik gemaakt om enige lijn te brengen in de diverse richtlijnen, die voor het ontwerpen van beweegbare bruggen werden gebruikt. Dat resulteerde in de voorlopige uitgave van de Voorschriften voor het Ontwerpen van Beweegbare Bruggen (VOBB 1946), in 1965 onder voorzitterschap van prof. ir. A.A. van Douwen hernieuwd uitgebracht als VOBB 1965. Deze voorlopige norm heeft door allerlei omstandigheden echter nooit de status van een officiële norm gekregen.

Door de snelle ontwikkelingen op het gebied van materialen, belastingen, rekenmethoden werd de VOBB 1965 grotendeels achterhaald. Daardoor ontstond in begin jaren tachtig behoefte aan nieuwe richtlijnen, reden waarom in augustus 1988 de werkgroep Beweegbare Bruggen werd geïnstalleerd, de latere norm-commissie 351062.

Het ontwerpen van een beweegbare brug bestrijkt verschillende vakgebieden: staalconstructies, werktuigbouw (mechanische en hydraulische installaties), elektro- en regeltechniek. Het is derhalve een complexe materie, die multidisciplinair moet worden aangepakt. Er werd uitgegaan van een gefaseerde aanpak voor het concipiëren van de norm aan de hand van vijf beheersaspecten, te weten: tijd, middelen (financiën), organisatie, kwaliteit en informatie / documentatie.

De normcommissie bestond ten gevolge van deze benadering uit een projectgroep en vier werkgroepen. Als we daar nu op terug kijken kunnen we constateren dat deze aanpak maar ten dele heeft gewerkt; met name de geplande tijd en in verband daarmee ook het aspect financiën is verre overschreden. In de praktijk is gebleken dat de beschikbaarheid van de commissieleden, de inspraak, de bureaucratie, e.d. invloedrijker waren op het voortgangproces dan aanvankelijk was voorzien. Medio

1994 werden de diskettes met de ontwerp teksten en figuren overgedragen aan het Nederlands Normalisatie Instituut (NNI), hetgeen resulteerde in het in januari 1996 verschijnen van een ontwerp NEN 6786: 1995 (groendruk). Na de kritiekperiode verscheen in 1998 de eerste druk van de VOBB NEN 6786: 1998 met het oogmerk om daarmee één à twee jaar ervaringen mee op te doen en deze in een herziene uitgave te verwerken. In april 2000 is begonnen met het verwerken van deze opgedane ervaringen en kritiek en het voorbereiden van een tweede druk, de NEN 6786: 2001 (VOBB), die in oktober 2001 is verschenen.

Verschillen met de oude norm

De belangrijkste verschillen tussen de huidige NEN 6786:2001 (VOBB) en de eerdere voorlopige voorschriften zijn:

1. De structuur is opgezet volgens de normen voor Technische Grondslagen voor Bouwvoorschriften (TGB-structuur): Dat wil zeggen een semi-probabilistische beschouwing over onder meer betrouwbaarheid, bruikbaarheid, aanduidingen, opbouw en eenzelfde vormgeving, enz.
2. De eisen ten aanzien van de beschikbaarheid van een beweegbare brug: dat wil zeggen dat in een doorgaande vaarweg de beschikbaarheid van een te bouwen beweegbare brug minstens gelijk moet zijn aan de beschikbaarheid van de reeds aanwezige beweegbare bruggen. Deze beschikbaarheidseis is overlegd met vaarwegbeheerders en heeft geresulteerd in een maximaal aantal dagen per jaar dat de brug door wind niet geopend kan worden, afhankelijk van het type vaarweg: voor de zeevaart bijvoorbeeld 0,5 dag per jaar en voor de lokale vaarwegen 3 dagen per jaar. Door andere oorzaken dan wind zal het aantal dagen dat de brug niet bewogen kan worden (niet beschikbaar is) groter kunnen zijn. De beschikbaarheid van een beweegbare brug wordt gevormd door de beschikbaarheid van de mechanische en elektrische installaties voor zowel hoofd- als noodbedrijf.
3. Aan de beoordeling van de mechanische uitrusting zijn diverse machineonderdelen toegevoegd met onder andere hydraulische cilinders en zuigerstangen.

Toekomst regelgeving ontwerpen beweegbare bruggen

De Voorschriften voor het Ontwerpen van Beweegbare Bruggen NEN 6786: 2001 (VOBB) zijn, voorzover bekend, uniek in Europa, zo niet in de wereld. Bekend is slechts dat er in de Verenigde Staten van Amerika een in 1988 herziene regelgeving bestaat, de "Standard Specifications for Movable Highway Bridges". Dit is deels een rekennorm en deels een aanwijzing voor het maken van bestekken. In 1994 is in Canada ook iets soortgelijks gepubliceerd. De NEN 6786 is derhalve een uniek stuk gereedschap voor ontwerpers van beweegbare bruggen, waarmee Nederland een baanbrekende positie inneemt.

De norm NEN 6786: 2001 (VOBB) en de ontwerp norm NEN 6787: 2001 (Ontwerpen beweegbare Bruggen - Veiligheid) zouden samen als basis kunnen dienen voor Europese regelgeving. De ontwerp norm NEN 6787 is volgens de systematiek van de Europese regelgeving



Ophaalbrug over het Kanaal door Walcheren in Middelbrug.
(Foto: Hoofddirectie v.d. Waterstaat bur. Reprografie)

geschreven, maar heeft weliswaar geen Europese status. Nederland zou een voortrekkersrol kunnen vervullen bij het samenstellen van Europese normen op dit gebied.

Machinerichtlijn

Voor industriële machines geldt de Machinerichtlijn, die is vastgelegd in de ARBO-wetgeving. En, hoewel op het eerste gezicht niet zo logisch: een beweegbare brug is ook een machine volgens de definitie van deze richtlijn. Een belangrijk onderdeel hierin is de bijlage met de "fundamentele veiligheidseisen". Ook het ontwerp van een beweegbare brug moet sinds 1 januari 1995 hieraan wettelijk voldoen en de fabrikant levert bij de oplevering een CE-verklaring, waarmee hij verklaart dat het ontwerp voldoet aan de eisen gesteld in de Machinerichtlijn. Tenslotte brengt de fabrikant op de brug een CE-markering aan.

In Europees verband zijn normen opgesteld met eisen die zijn afgeleid van de fundamentele eisen uit de richtlijn. De ontwerp norm NEN 6787, die vorig jaar is verschenen, is de eerste Nederlandse norm met veiligheidseisen voor beweegbare bruggen. Een belangrijk uitgangspunt van de Machinerichtlijn is dat de verantwoordelijkheid voor de veiligheid van een machine bij de fabrikant ligt. Het is goed te weten dat een beweegbare brug een machine is en de opdrachtgever (vaak de overheid) hier als "fabrikant" wordt aangemerkt.

Ontwerpprincipes

De eerste stap in het ontwerp volgens de Machinerichtlijn is het beoordelen van het risico. Alle relevante gevaren worden geïnventariseerd en de bijbehorende risico's beoordeeld. De risicobeoordeling is verplicht, maar de methode wordt overgelaten aan de ontwerper. Hierbij moet de ontwerper bij de eerste beoordeling in gedachten alle veiligheidsmaatregelen die gewoontegetrouw al zijn aangebracht wegdenken.

Na de risicobeoordeling moet er per gevaar en gevaarlijke situatie worden bepaald of het risico moet en kan worden gereduceerd. De Machinerichtlijn schrijft dwingend voor op welke wijze veiligheidsmaatregelen in het ontwerp van een machine, en dus ook een brug, moeten



Basculebrug over de Westsluis in Terneuzen.

(Foto: Hoofddirectie v.d. Waterstaat bur. Reprografie)

worden toegepast. Deze volgorde luidt als volgt:

1. De ontwerper moet eerst nagaan of de gevaarlijke situatie in zijn geheel kan worden vermeden door zijn ontwerp aan te passen, zodanig dat er geen risico meer aanwezig is.
2. Als die eerste stap niet tot bevredigende resultaten leidt, moet de ontwerper beveiligingen aanbrengen om de gebruiker te beschermen (afschermingen).
3. Pas als voorgaande twee stappen niet uitvoerbaar zijn, mag worden volstaan de gebruiker te informeren over het gevaar via signalen (licht en geluid) en aanduidingen (borden).
4. Tenslotte moet de gebruiker (de bediener) worden geïnformeerd over de risico's in een gebruikershandleiding.

Hoever gaat de definitie van machine nu in het geval van een beweegbare brug? De definitie beperkt zich niet tot de staalconstructie en het bewegingswerk. Ook de afsluitbomen, de verkeersregelinstallatie en de besturing vallen onder het geheel van het systeem "beweegbare brug" dat als machine wordt aangeduid. Dus alle systemen die mede de veiligheid van de brug bepalen. (zie kader op blz. 13)

Praktische gevolgen

De invloed van de ontwerp NEN 6787, en dus van de Machinerichtlijn, op het ontwerpproces van een beweegbare brug uit zich vooral in de verplichte risicobeoordeling en het schrijven van een gebruikershandleiding. De risicobeoordeling is een nieuw element en in de praktijk zal dat vanaf het eerste ontwerp deel moeten uitmaken van het ontwerpproces. Een ander aspect is de vereiste gebruikershandleiding, die volgens de Machinerichtlijn veel uitgebreider moet zijn dan de al gebruikelijke summiere bedieningshandleiding en onderhouds- en smeerschema's. Belangrijke andere gevolgen zijn er verder voor onder meer:

1. De bediening. Nieuwe technieken zoals "touch screens" en draadloze afstandsbediening moeten op een veilige wijze worden toegepast. Dat kan betekenen dat het vooralsnog goedkoper (want betrouwbaarder) is om gebruik te maken van ouderwetse, meer robuuste bedieningsorganen.

Ontwikkelingen voorschriften belastingen op spoorbruggen

1877	Technische voorschriften.
1903	Pruisische voorschriften.
1913	Pruisische voorschriften.
1917	Voorschriften ijzeren bovenbouw.
1925	Duitse voorschriften.
1932	Ontwerp, Voorschriften voor het ontwerpen en vervaardigen en opstellen van stalen bruggen - publicatie in "De Ingenieur".
1933	Voorlopige Voorschriften voor het Ontwerpen van Stalen Bruggen (VOSB 1933) exclusief VVSB.
1938	VOSB 1938 als N 1008. Inclusief VVSB (Voorschriften voor het Vervaardigen van Stalen Bruggen).
1963	Herziening VOSB 1963 - NEN 1008.
1971	UIC (Union Internationale des Chemins de fer)

2. De afstandbediening. De Machinerichtlijn stelt duidelijke eisen aan wat een bediener van de brug moet kunnen zien tijdens het bedienen van de brug. Dit heeft rechtstreeks gevolgen voor het aantal en de kwaliteit van camerasystemen en de verbinding tussen de brug en de bediening-op-afstand.
3. Onderhoudsinrichtingen. Verfwagens, die met de brug zijn verbonden moeten zijn beveiligd tegen onbedoeld bewegen. Meestal is dit nu niet het geval.
4. Detectie-inrichtingen zoals schakelaars. Deze moeten nu aan normen voldoen wat betreft betrouwbaarheid (NEN-EN 954)

De verantwoordelijkheid voor de veiligheid ligt dus bij de fabrikant (ontwerper). Bij het ontwerpen van de brug wordt de ontwerper voor belangrijke keuzen geplaatst die de veiligheid van de brug beïnvloeden. Er is geen keurende instantie die dat controleert. De ontwerper moet zichzelf verantwoorden in zijn dossier hoe hij met door hem geïdentificeerde gevaren is omgegaan. Het uit louter economische motieven weglaten van een veiligheidsmaatregel en het volstaan met een waarschuwbordje is niet toegestaan. Het is daarom van belang zo vroeg mogelijk in het ontwerpproces te beginnen met de risicobeoordeling om een inherent veilig ontwerp te kunnen maken. Het wijzigen van het ontwerp achteraf kost relatief veel geld en tijd.

Bronnen

B.H. Coelman, Belastingen op verkeersbruggen in "Bruggen in Nederland 1800-1940" deel I onder redactie van J. Oosterhoff.

A. Romeijn, Verkeersbelastingen op stalen bruggen voor het wegverkeer, NBS-Nieuws jaargang VIII nr. 1

Een artikel met soortgelijke inhoud is eveneens verschenen in Bouwen met Staal 162, oktober 2001. Daaruit zijn grote gedeelten in dit artikel verwerkt.

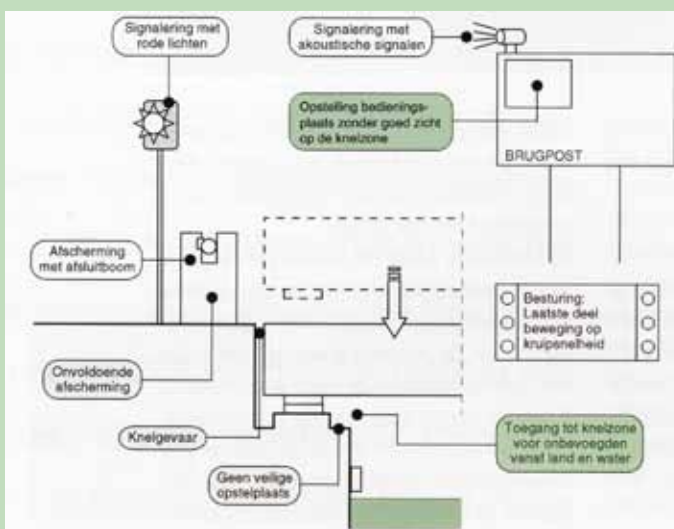
Ing. B.H. Coelman is voorzitter van normcommissie 351062 (Beweegbare Bruggen)

Ir. J. Montijn is Hoofd Engineering bij machinefabriek "Hollandia"BV.

Voorbeeld

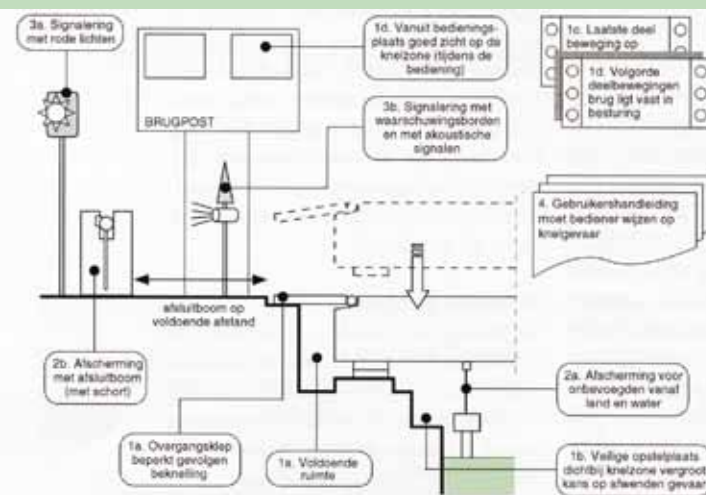
Wat kunnen de gevolgen zijn van de Machinerichtlijn op het ontwerpproces van een beweegbare brug? Als voorbeeld bekijken we de (voeg)overgangen van een hef- of basculebrug die door hun aard een gevaarlijke plaats zijn, met name voor onderhoudspersoneel en voorbijgangers. Het uitgangspunt bij de risicobeoordeling is de brug zonder veiligheidsmaatregelen. We concentreren ons op het latente knelgevaar bij het sluiten van de brug, met als risico: dood door afknelling.

Afbeelding 1 laat zien hoe een beweegbare brug tot nog toe in het algemeen wordt beveiligd. Hoewel er afschermingen en waarschuwingen aanwezig zijn die het risico op beknelling reduceren, is het knelgevaar niet fundamenteel gewijzigd. In de huidige ontwerppraktijk gaat de ontwerper er (stiltzweigend) van uit dat degene die zich in de gevarezone bevindt zich ook bewust is van het gevaar. De Machinerichtlijn is echter bedoeld om juist dit soort situaties te voorkomen. Bruggen zullen dus nu zó moeten worden ontworpen dat het risico op ongelukken wordt geminimaliseerd; ook bij de inzet van toevallig minder geschoold personeel of aanwezigheid van publiek. In dit geval moet eerst worden gezocht naar aanpassingen in het ontwerp die het knelgevaar verminderen.



1. Beweegbare brug beveiligd met nu gangbare veiligheidsmaatregelen. In groen zijn de nog resterende gevaren aangegeven.

Hoe een brug er dan uit zou kunnen zien, toont afbeelding 2. Aangegeven is welke maatregel voortkomt uit welke ontwerpstep. Niet alle maatregelen in dit voorbeeld zijn echter altijd nodig om tot een voldoende veilig ontwerp te komen. Van belang is te beseffen dat de ontwerper verantwoordelijk is een inherent veilig ontwerp te maken. De ontwerper zal per geval moeten bekijken én beoordelen welke veiligheidsmaatregelen voldoende zijn. Hierbij moet hij rekening houden met onder meer het opleidingsniveau van de te verwachten blootgestelde personen, de drukte van het verkeer en mogelijk vandalisme. Dat gebeurt in de risicobeoordeling, waarmee de ontwerper zijn keuzen verantwoordt en aantoonbaar maakt.



2. Overgangszone van een beweegbare brug met veiligheidsmaatregelen voor het aspect 'knelgevaar'. De veiligheidsmaatregelen zijn genummerd volgens de gedwongen volgorde.