

Trilling en demping in de Zouthavenbrug

A.A. van de Griend

9 november 2005

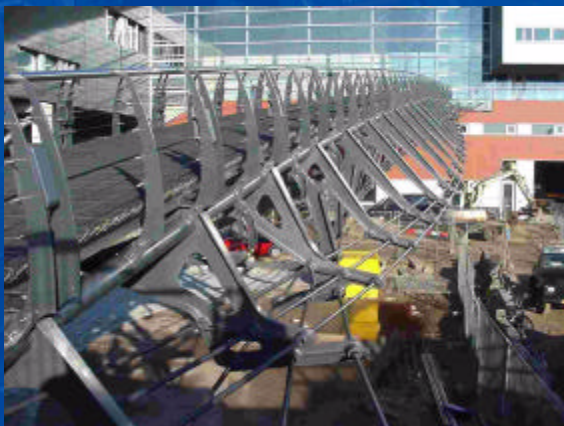
Sonus bv raadgevende ingenieurs

Postbus 468 3300 AL Dordrecht

078 6312102

www.sonus.nl

Trilling en demping in de Zouthavenbrug



- voetgangersbrug
- lichte gelaste stalen constructie
- lengte 61 m
- 19 ruimtelijke spanten
- 12 stalen spandraden

Trilling en demping in de Zouthavenbrug



Sonus bv raadgevende ingenieurs

Postbus 468 3300 AL Dordrecht

078 6312102

www.sonus.nl

Trilling en demping in de Zouthavenbrug

Eindige elementen berekeningen
Ingenieursbureau Amsterdam:

"mogelijk ontoelaatbare trillingen in de
1e en 2e verticale eigenmode"

- 1e verticaal: $f = 1.277 \text{ Hz}$
- 2e verticaal: $f = 1.660 \text{ Hz}$

Conclusie: meten!!

Sonus bv raadgevende ingenieurs

Postbus 468 3300 AL Dordrecht

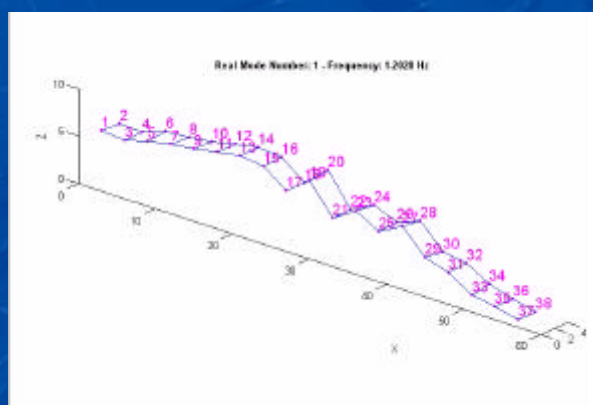
078 6312102

www.sonus.nl

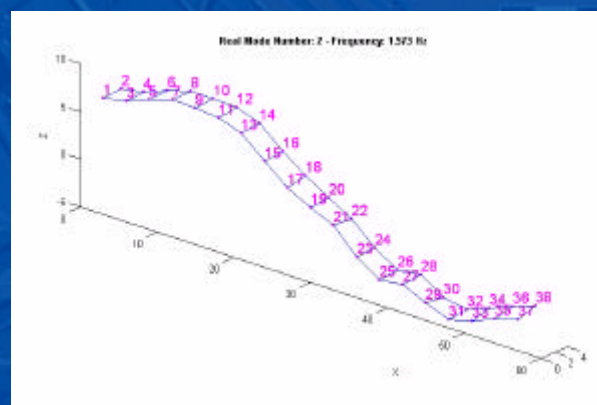
Metten: modale analyse van de brug

- aanstoten met een sledge hammer (5 kg)
- FFT (0 Hz-12.5 Hz) met lijnspatiëring: 31.25 Hz
- aanstootplaats: spant 8
- responsmeting op alle spanten

Gemeten mode shapes van de brug



1e verticaal



2e verticaal

Resultaten modale analyse:

- verticale eigenfrequenties lager dan berekend
 - 1e verticaal: $f = 1.203 \text{ Hz}$ (1.277 Hz)
 - 2e verticaal: $f = 1.573 \text{ Hz}$ (1.660 Hz)
- demping verticale modes zeer gering ($< 1 \%$)
- grote uitwijkingen verticale modes mogelijk
- geringe uitwijkingen horizontale modes
- geen problemen torsie modes

Conclusie: test met voetgangers noodzakelijk

Meten: met voetgangers op de brug

- wandelen (random)
- ganzepas (langzaam, gewoon, snel, joggend)
- groep (langzaam, gewoon, snel, joggend)
- "vandaal" gedrag (verticale modes aanstoten)
- FFT (0 Hz-12.5 Hz) met lijnspatiëring: 31.25 Hz
- meting spant 7 en 12 ($1/4$ en $1/2$ bruglengte)

Resultaten voetgangers op de brug:

- massa groter dus: eigenfrequenties lager
 - 1e verticaal: $f = 1.203 \text{ Hz}$ (1.277 Hz)
 - 2e verticaal: $f = 1.573 \text{ Hz}$ (1.660 Hz)
- bij "vandaal" gedrag nog grotere verschuiving
 - 1e verticaal: $f = 1.125 \text{ Hz}$
 - 2e verticaal: $f = 1.375 \text{ Hz}$

Resultaten voetgangers op de brug:

- wandelen: 2e verticaal sterker dan 1e
- "vandaal" gedrag: grote amplitudes mogelijk
 - 1e verticaal: $u = 259 \text{ mm}$!!
 - 2e verticaal: $u = 141 \text{ mm}$!!

Conclusie: demping in deze modes noodzaak

Demping: Tuned Mass Dampers (TMD's):

TMD's zijn massablokken op veren die in tegenfase trillen met de brugtrillingen. Doordat de beweging van de massablokken wordt afgeremd door viskeuze dempers wordt een dynamische kracht uitgeoefend die de brug in rust houdt.

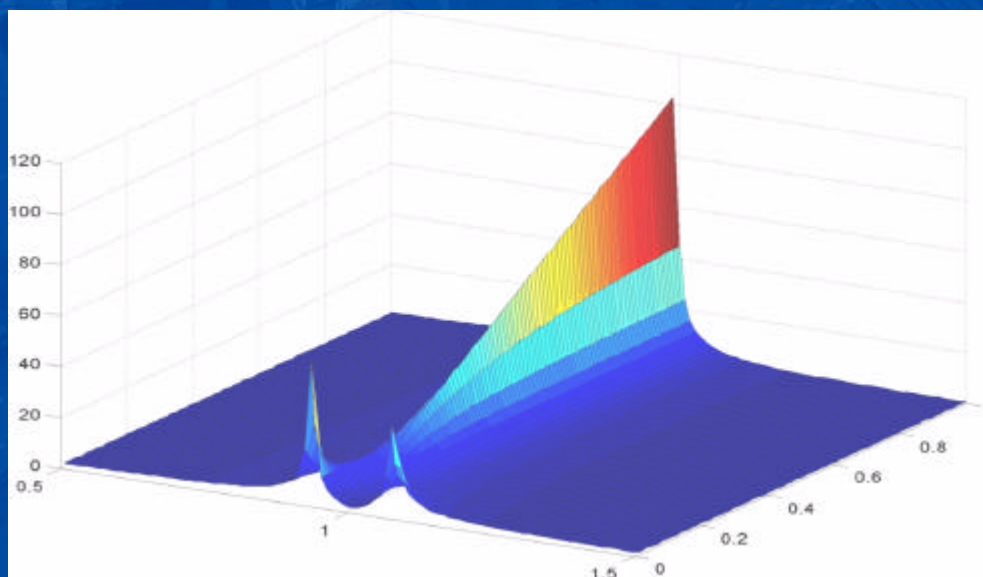
Eisen: Tuned Mass Dampers (TMD's):

- veilig (massa's opleggen i.p.v. ophangen)
- ontwerp van de brug niet aantasten
- onderhoudsarm

Ontwerp: Tuned Mass Dampers (TMD's):

- eigenfrequenties 1.1 Hz en 1.4 Hz
- massaverhouding 0.02 (massa TMD: 1050 kg)
- viskeuze demping kiezen

Ontwerp TMD's: keuze viskeuze demping



Trilling en damping in de Zouthavenbrug

TMD's:



Sonus bv raadgevende ingenieurs

Postbus 468 3300 AL Dordrecht

078 6312102

www.sonus.nl

Trilling en damping in de Zouthavenbrug

TMD's:



Sonus bv raadgevende ingenieurs

Postbus 468 3300 AL Dordrecht

078 6312102

www.sonus.nl

Opnieuw meten: modale analyse

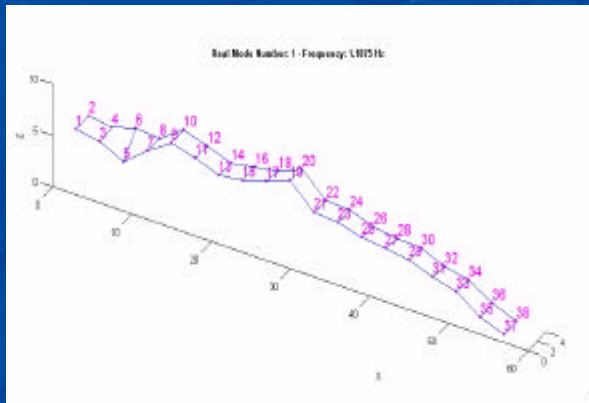
- aanstoten met een sledge hammer (5 kg)
- FFT (0 Hz-12.5 Hz) met lijnspatiëring: 31.25 Hz
- aanstootplaats: spant 8
- responsmeting op alle spanten

Resultaten modale analyse met TMD's:

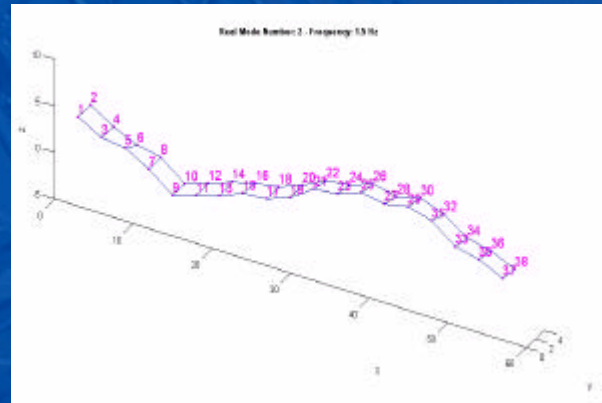
- 1e verticale mode: afname van 50 %
- 2e verticale mode: afname van 20 %
- demping viskeuze dempers te groot

Conclusie: effecten nog te gering

Gemeten mode shapes van de brug



1e verticaal



2e verticaal

Wat nu?

- meten op de TMD's (damping)
- eventueel massa (frequentie) aanpassen
- eventueel viskeuze damping verkleinen



Trilling en demping in de Zouthavenbrug

Wat nu?

- meten op de TMD's (demping)
- eventueel massa (frequentie) aanpassen
- eventueel viskeuze demping verkleinen

Conclusie: dan werkt het!