L400 PROGNOSEMODEL VOOR TRILLINGEN

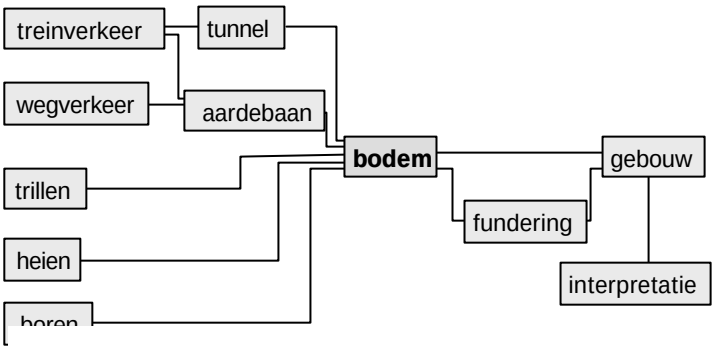
Ontwikkeling

Recent onderzoek in Nederland wijst uit dat ca. 10% van de bevolking hinder ondervindt van trillingen bij verblijf in gebouwen ten gevolge van menselijke activiteiten in de naaste omgeving. Vanwege de maatschappelijke relevantie en de grote behoefte uit de ingenieurspraktijk aan effectieve en gebruikersvriendelijke modellen is onder auspiciën van de CUR een prognosemodel voor trillingen ontwikkeld, waarmee trillingseffecten kunnen worden voorspeld en beoordeeld en het effect van trillingsreducerende maatregelen kan worden berekend. Samenvattend is het totale onderzoek verdeeld in vier fasen:

- fase I
  Opstellen van een modulair computermodel, zijnde het product van Commissie D11;
- fase II
  Simulatiemodel trillingshinder en validatie- en verificatieonderzoek, zijnde het onderwerp van de huidige commissie L400 (gereed november 1999);
- fase III
  Gebruikersvriendelijk predictiemodel voor trillingshinder;
- fase IV
  Uitvoering businessplan om predictiemodel te onderhouden.

Modulair systeem
Het prognosemodel is modulair opgebouwd en bestaat uit de volgende onderdelen (zie ook figuur 1):

- **Bronmodules** voor wegverkeer, spoorwegverkeer, heien, trillen van funderingspalen en damwandelementen, boren van tunnels;
- **Overdracht** van aardebaan en tunnel naar omgeving en van bodem naar fundering;
- **Bodemmodule** voor gelaagde bodem;
- **Gebouwenmoduul** voor gebouwen gefundeerd op staal en op palen;
- **Meetmoduul** voor de statistische verwerking van meetgegevens uit de praktijk.



Figuur 1 Structuur L400 prognosemodel

Bij de ontwikkeling van het prognosemodel L 400 zijn betrokken: TU Delft, Gemeentewerken Rotterdam, NS RIB, Prepal, RWS-Bouwdienst, Hollandse Beton- en Waterbouw, Ballast Nedam Beton- en Waterbouw, GD, DHV, TNO en TEC/Fugro.

In het kader van het COB-project OLS-3A wordt het bestaande prognosemodel uitgebreid voor toepassingen ten behoeve van ondergrondse transporttechnieken in een stedelijke omgeving. In dit project participeren: NSTO, Fugro, HR, TNO, GD, RWS-Bouwdienst, NZ-Lijn, HSL-Zuid, Betuweroute en TU Delft.

Achtergronden van het prognosemodel

Omdat het L400 model op een Personal Computer moet draaien, en met een beperkte rekentijd een probleem moet kunnen oplossen, is in het project de toevlucht genomen tot een macro-elementen beschrijving. Dit houdt in dat het complexe gedrag van een constructie zeer beknopt wordt beschreven door het indikken van alle vrijheidsgraden, waar de eindige elementenmethode normaal gesproken mee rekent, tot een beperkte aantal karakteristieke vrijheidsgraden. In de filosofie van de macro-elementen wordt het trillingsprobleem geschematiseerd tot in essentie drie onderdelen:

- bron;
- transmissiemedium;
- ontvanger.

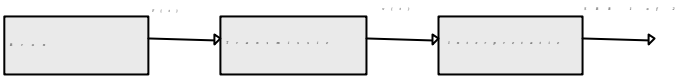
Bron
Bij de bron is het zaak op een voldoende realistische wijze de eigenschappen van de trillingsbron te beschrijven. In L400 wordt een aantal uiteenlopende trillingsbronnen gemodelleerd , zoals:

- hei- en trilwerkzaamheden;
- wegverkeer;
- railverkeer;
- boren van een tunnel.

De trillingsbronnen kunnen worden beschreven door een dynamische belasting als functie van de tijd of door een krachtspectrum. Beide opties zijn mogelijk. Het zal duidelijk zijn dat ook het ruimtelijk karakter van een bron moet worden meegenomen: dat is bij een trein wezenlijk anders dan bij een heiwerk.

Transmissiemedium
Het transmissiemedium wordt gevormd door een aaneenschakeling van deel-transmissiemodulen:

- een tunnel of een aardebaan;
- de bodem
- een paalfundering;
- een gebouw.



Figuur 2 Trillingsprognosemodel

In de filosofie van de macro-elementenmethode wordt een transmissiemoduul geschematiseerd tot een systeem met input- en outputvrijheidsgraden. De beschrijving van de karakteristieken van het systeem gebeurt in de vorm van een impedantiematrix, waarmee een relatie kan worden gelegd tussen de dynamische belasting en de responsie in de vrijheidsgraden van het systeem (zie figuur 2).

Intern wordt in het frequentiedomein gerekend. Het frequentiebereik gaat tot 100 Hz, waarmee praktisch alle trillingsbronnen in de civiele techniek kunnen worden afgedekt. De beschrijving in het frequentiedomein betekent dat dynamische belastingen die als functie van de tijd worden gegenereerd, eerst worden Fouriergetransformeerd. De resultaten van de berekening komen per frequentie beschikbaar en worden vervolgens teruggetransformeerd voor verdere interpretatie als functie van de tijd.

Ontvanger
De ontvanger van trillingen is doorgaans een onderdeel van een gebouw, een persoon in een gebouw, of een punt op het maaiveld. De trillingen die daar berekend worden, kunnen getoetst worden aan normen of richtlijnen, zoals de SBR-Richtlijn 1 (voor trillingschade) en SBR-Richtlijn 2 (voor trillingshinder).

Tenslotte

Het L400-project (fase II), inclusief het OLS-deel, dient uiterlijk 1 november 1999 te worden opgeleverd. Het ligt in de bedoeling om in het vervolgtraject vooral het accent te leggen op een verdere verbetering van de gebruikersvriendelijkheid, alsmede het terugkoppelen van ervaringen en het daarop afstemmen van aanpassingen en uitbreidingen. Tevens zal er een businessplan worden ontwikkeld voor gebruik, onderhoud en verbetering van het prognosemodel.