

Notitie over onderzoek naar correcte werking en juistheid resultaten trillingstool Atabix

Piet van Staalduinen
28 januari 2022

1. Inleiding

Op verzoek van de Tijdelijke Commissie Mijnbouwschade Groningen (TCMG), dat in 2020 is overgegaan in het Instituut Mijnbouwschade Groningen (IMG) heb ik onderzocht of de implementatie van de trillingstool door Atabix in de systemen van IMG correct werkt en de juiste resultaten levert. Dit onderzoek richt zich op de conformiteit van de trillingstool met de onderliggende modellen (het empirisch trillingsmodel van Bommer¹) en onderliggende data (de catalogus² van geïnduceerde bevingen van het KNMI).

Deze notitie bevat de eindrapportage over de uitgevoerde controles van de softwaremodule van Atabix. Deze module is bedoeld voor de berekening van de trillingssterkte van historische bevingen, ten behoeve van gebruik door IMG voor de beoordeling van het effectgebied van het bewijsvermoeden, zoals omschreven in het Advies van het Panel van Deskundigen³ en ten behoeve van de beoordeling van objecten, om te berekenen wat de op die locatie opgetreden trillingen zijn. De basisgegevens voor de controles zijn hierna omschreven onder paragraaf 2 en paragraaf 3 gaat in op de wijze van uitvoering van de controles. Paragraaf 4 gaat in op de bevindingen. Paragrafen 5 en 6 betreffen de resultaten uit dit onderzoek. De conclusie is gegeven in paragraaf 7.

2. Basis voor de toetsing

Het onderzoek berust op een beoordeling en toetsing van de volgende onderdelen:

Documentatie

- a. Database met bevingen afkomstig uit het Groningenveld
- b. Procedure of werkwijze op basis waarvan deze database actueel gehouden zal worden
- c. Werkingsprincipes van de applicatie
- d. Gehanteerde rekenmodellen en rekenprocedure in de applicatie

Applicatie

- e. De uitkomsten van de applicatie zijn end-to-end gecontroleerd op de correcte uitkomsten voor 50 willekeurige in de provincie Groningen gelegen locaties.
- f. De rapportage die de applicatie levert, is getoetst op correcte vastlegging van input (locatie-coördinaten, database-versie), berekeningswijze en berekeningsresultaten.

3. Uitgevoerde toetsing

In het kader van het onderzoek zijn de onderstaande beoordelingen uitgevoerd:

¹ Julian J. Bommer, Peter J. Stafford & Michail Ntinalexis, *Empirical Ground-Motion Prediction Equations for Peak Ground Velocity from Small-Magnitude Earthquakes in the Groningen Field Using Multiple Definitions of the Horizontal Component of Motion, Updated Model for Application to Smaller Earthquakes and Corrected for the G-Network Accelerograph Calibration Error*, Maart 2019.

² <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/dataset/aardbevingscatalogus>

³ Beantwoording vragen Tijdelijke Commissie Mijnbouwschade Groningen, Panel van deskundigen, 22 januari 2019

- De door Atabix gehanteerde database is beoordeeld.
- De werkingsprincipes van de applicatie zijn beoordeeld.
- De gehanteerde rekenmodellen zijn beoordeeld.
- De implementatie in de code is beoordeeld voor de aspecten:
 - o Rekenmodel
 - o Afstandsberekening
- Een end-to-end verificatie van de uitkomsten van de applicatie is uitgevoerd.
- De rapportage (in digitale vorm) is beoordeeld.

Voor het uitvoeren van deze toetsingen is door Atabix online toegang verschaft tot de applicatie. Opgemerkt wordt dat de toetsing van de trillingstool is uitgevoerd in de periode juni-augustus 2020. Deze rapportage is pas in januari 2022 afgerond, nadat IMG heeft besloten af te zien van verdere aanpassingen aan de trillingstool ter vergroting van de nauwkeurigheid.

4. Bevindingen

Tijdens de eerste stappen van deze studie zijn enkele inconsistenties in de code van Atabix gesignaleerd, die leidden tot onjuiste uitkomsten in termen van de berekende trillingswaarden. Deze inconsistenties zijn na gedane melding aan Atabix verholpen.

Dit laat onverlet dat kleine verschillen blijven bestaan voor wat betreft de berekening van de afstand van het schadeobject tot het epicentrum van de beving. Onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat dit veroorzaakt wordt door de afstandsberekeningsroutine die door Atabix wordt gehanteerd. Hiervoor is een Oracle routine gebruikt. In die routine wordt variabele R gebruikt, waarbij R staat voor de straal van de aarde. Deze parameter vormt een onderdeel van de afstandsberekening.

De afstandsberekening via Oracle is methodisch correct (het betreft de Haversine formule voor de berekening van de afstand over een bol), met dien verstande dat in die berekening de straal van de aarde moet worden ingevoerd. Daar zit de potentiële onduidelijkheid. Oracle hanteert $R = 6370,986$ km. De straal van de aarde varieert echter. Hij is 6356.752 km over de polen en 6378.137 km bij de evenaar. Bij vergelijking met berekening volgens de RD coördinaten blijkt de waarde uit de Oracle routine een consequente *onderschatting van de afstand* op te leveren, in de orde van $0,2\%$. Indien de waarde $R = 6378,137$ km wordt gehanteerd, is de onderschatting geringer, in de orde van $0,05\%$.

De onderschatting van de afstand geeft bijgevolg een overschatting van de berekende trillingssnelheid op een willekeurige locatie. Daarmee heeft dit dus invloed op resultaten van de rekenroutine. Ter vergroting van de nauwkeurigheid is het advies de Haversine formule expliciet te programmeren en te rekenen met $R = 6378,137$ km om de verschillen bij de afstandsbepaling ten opzichte van de methode op basis van RD-coördinaten te beperken.

5. Resultaten van verificaties en controles van het rekenmodel

Op basis van de uitgevoerde controles kan worden gesteld c.q. bevestigd dat:

- a) Het correcte rekenmodel is geïmplementeerd⁴;

⁴ Het betreft de variant 'MaxRot' in: Julian J. Bommer, Peter J. Stafford & Michail Ntinalexis, *Empirical Ground-Motion Prediction Equations for Peak Ground Velocity from Small-Magnitude Earthquakes in the Groningen Field Using Multiple Definitions of the Horizontal Component of Motion, Updated Model for Application to Smaller Earthquakes and Corrected for the G-Network Accelerograph Calibration Error*, Maart 2019.

- b) De implementatie van het rekenmodel correct is;
- c) Het rekenmodel voor gegeven magnitudes en afstanden de correcte antwoorden geeft;

De afstandsberekening tussen de gehanteerde coördinaat van de locatie van een bouwkundig object en de coördinaat van het epicentrum van de aardbeving levert een afstand, die de werkelijke afstand consequent enigszins onderschat. De berekeningen zijn hiermee (voor de schademelder) aan de gunstige kant. Immers een iets te kleine afstand levert een te hoge trillingsnelheid.

6. Resultaat end-to-end verificatie

Correctheid

De werking van de applicatie is getoetst op basis van berekening van alle historische bevingen voor 10 willekeurig gekozen bouwkundig objecten in de provincie Groningen. Voor deze locaties is een toets op de uitkomsten uitgevoerd van de 5 sterkste bevingen (in termen van trillingssterkte). Deze uitkomsten zijn in overeenstemming met de uitkomsten van het model van Bommer in combinatie met de gegevens van het KNMI uit de KNMI-aardbevingscatalogus voor geïnduceerde bevingen.

Nauwkeurigheid

De afstand tussen het epicentrum en de locatie van een bouwkundig object wordt gekenmerkt door een consequente (kleine) onderschatting van 0,2 %. Hierdoor is het resultaat van de berekening van de trillingssterkte iets groter dan bij toepassing van de afstandsbepaling via RD coördinaten.

In een concept rapportage van deze toetsing (d.d. 13 augustus 2020) zijn bovenstaande resultaten aan IMG gemeld en is groen licht gegeven voor het gebruik van de trillingstool, met als advies de nauwkeurigheid van de afstandsberekening te verbeteren. IMG heeft kennis genomen van de resultaten en van dit advies en heeft in januari 2022 laten weten besloten te hebben deze kleine onderschatting van de afstand, die een behoudende uitkomst van de berekende trillingsterkte oplevert, vooralsnog te accepteren.

7. Conclusie

Op basis van de resultaten van de Atabix applicatie kan op correcte wijze en (binnen de door IMG geaccepteerde grenzen) voldoende nauwkeurig worden bepaald of wordt voldaan aan het tweede criterium, zoals bedoeld in het advies van het Panel van Deskundigen.