

Burgervragen m.b.t. onomkeerbare seismische site response

De lokale seismische response van de ondiepe ondergrond kan groter zijn dan op basis van de kracht van een aardbeving verwacht wordt, door het slappe karakter van de ondergrond in het grootste deel van Nederland. Dit effect wordt in alle seismische dreiging en risico evaluaties meegenomen. Na de bodembewegingen keert de grond weer in zijn oorspronkelijke staat terug.

Er zijn in het verleden een vijftal vragen opgebracht of er geen niet-omkeerbare effecten kunnen optreden in de ondiepe slappe ondergrond, zoals zettingen en verweking, ook wel liquefactie genoemd. Hieronder volgen mede op basis de KEM onderzoeken KEM-05 naar het cumulatieve effect bevingen op de ondiepe ondergrond en KEM-14 naar de kans op verweking van de ondiepe ondergrond, de antwoorden op deze vijf vragen.

Vraag 1

Hebben geïnduceerde bevingen invloed op gedrag en (lange termijn) processen in de ondiepe ondergrond (bijv. zetting, kruip, verweking etc.)? Oftewel kunnen de eigenschappen van ondiepe ondergrond veranderen of processen versneld worden door geïnduceerde bevingen? We zien in het gebied bepaalde langzaam voortschrijdende schade die erop duidt dat met name in de ondiepe ondergrond veranderingen zijn opgetreden? Steeds wordt naar 1 proces gekeken maar het kan juist ook een combinatie van processen (veel kleintjes maken een grote) of een vorm van kettingreactie zijn.

Antwoord:

In het KEM-5 onderzoek wordt deze vraag beantwoord. In dit onderzoek is eerst gekeken of er voorbeelden bekend zijn in de internationale literatuur van effecten op de ondiepe ondergrond door het voorkomen van meerdere aardbevingen. Dit bleek niet het geval te zijn. Daarna is gekeken welke effecten zouden kunnen worden versterkt door meerdere aardbevingen. Als laatste werd bekeken in hoeverre deze effecten zouden kunnen voorkomen in Groningen, nu of in de toekomst.

De mogelijke effecten van bevingen voor de ondiepe ondergrond zijn:

- Voor zandige ondergrond:
 - Een verhoogde druk van het water tussen de zandkorrels (verweking; ook wel liquefactie (in het Engels: liquefaction) genoemd) en daardoor vermindering van de draagkracht van de ondergrond. In het uiterste geval kan sprake zijn van tijdelijk een bijna volledig verlies van de draagkracht van de ondergrond.
 - Verdichting (zetting) van ondiepe ondergrond
- Voor kleiige ondergrond:
 - Afname van draagkracht

Als de draagkracht van de ondergrond verminderd of zetting optreedt, kan dit gevolgen hebben voor de draagkracht of zetting van de fundering van gebouwen, wat vervolgens kan leiden tot scheurvorming of schade. De grootte van het risico op verweking en de toename van de waterdruk tussen de poriën kan beïnvloed worden door eerdere aardbevingen. Dit is afhankelijk van de kracht van die eerdere aardbevingen. Voor aardbevingen met een grotere magnitude kan het effect hiervan nadelig zijn, voor aardbevingen met een kleinere magnitude kan het effect juist gunstig zijn. Op dit moment zijn er geen voorbeelden bekend in Groningen waarbij verweking is geconstateerd. Dit wordt ook niet verwacht omdat de aardbevingen in Groningen een magnitude van 3,6 of lager hebben gehad.

De bodem kan bij elke beving die op dezelfde plaats optreedt steeds een beetje meer zakken (cumulatief effect). Ook hier is de mate waarin dit voorkomt afhankelijk van de kracht van de aardbevingen. De aardbevingen die tot nu toe zijn voorgekomen hebben geen of een verwaarloosbare verdichting en zetting veroorzaakt, zelfs voor locaties met

relatief veel aardbevingen, zoals in het Loppersum gebied. Pas bij versnellingen van circa 0,11 g (hoogst tot nu toe gemeten waarde) wordt in de meest gevoelige gebieden in Groningen een zetting van 7mm verwacht. Er zijn dus meerdere bevingen zo zwaar als de Huizinge beving op dezelfde plaats nodig om scheurvorming te verklaren en nog meer daarvan om constructieve schade te veroorzaken door zetting.

Voor nog zwaardere bevingen, bijvoorbeeld een aardbeving die gemiddeld eens in de 2475 jaar kan voorkomen in Groningen zal de zetting van de bodem bijna overal minder dan 0,10 meter zijn. Op een beperkt aantal plaatsen, zoals bijvoorbeeld in Zandweer waar veel losgepakt zand voorkomt, kan de zetting groter zijn. Bij één of meerdere van dergelijke aardbevingen zou dit leiden tot zettingen die tot constructieve schade zouden kunnen leiden. De kans dat één dergelijke aardbeving voorkomt is klein (gemiddeld eens in de 2475 jaar). De kans dat meerdere van dergelijke aardbevingen voorkomen is nog veel kleiner.

Cyclische belasting van kleiige bodem kan tot gevolg hebben dat de klei zachter wordt. Dit is echter een tijdelijk verschijnsel, tussen twee aardbevingen komt een groot gedeelte van de sterkte weer terug. De mate waarin de klei zachter wordt is afhankelijk van de kracht van de aardbeving. Zelfs voor een aardbeving die gemiddeld eens in de 2475 jaar kan voorkomen is dit effect klein of zelfs verwaarloosbaar. Dit betekent dat bij de aardbevingen die tot nu toe zijn voorgekomen dit effect niet optreedt en dat dit effect ook niet verwacht wordt voor Groningen voor de toekomst.

Gebaseerd op deze uitkomsten worden er op dit moment geen cumulatieve effecten op de ondiepe ondergrond verwacht van herhaalde aardbevingen die tot nu toe zijn voorgekomen in Groningen. Als er in de toekomst grotere aardbevingen zouden voorkomen dan zouden deze effecten mogelijk wel relevant worden. De auteurs van KEM-05 raden aan om de mogelijke consequenties en maatregelen in kaart te brengen als er een grotere aardbeving plaatsvindt.

Vraag 2

Wat kan de invloed zijn van clusters van bevingen op verdichting van losse zandpakketten ed.? Kan dit op den duur aanleiding zijn voor ongelijkmatige zetting en snelle (veroudering) vervorming.

Antwoord

De zetting van de bodem kan worden beïnvloed door het voorkomen van meerdere aardbevingen. De mate waarin dit voorkomt is afhankelijk van de kracht van de aardbevingen. De aardbevingen die tot nu toe zijn voorgekomen hebben geen of een verwaarloosbare verdichting en zetting veroorzaakt, zelfs voor locaties met relatief veel aardbevingen zoals in het Loppersum gebied.

Voor een aardbeving die gemiddeld eens in de 2475 jaar kan voorkomen in Groningen zou de zetting van de bodem op de meeste plaatsen minder dan 0,10 meter zijn. Bij meerdere van dergelijke aardbevingen op dezelfde plaats zou dit kunnen leiden tot cumulatieve zettingen en dus mogelijk schades als de zandige bodem ongelijk verdeeld is onder een huis waardoor ongelijke zetting kan optreden. De kans dat één dergelijke aardbeving voorkomt is klein (gemiddeld eens in de 2475 jaar). De kans dat meerdere van dergelijke aardbevingen voorkomen is nog veel kleiner.

Vraag 3

Kunnen aardbevingen van invloed zijn op grondwaterstand en daarmee op zettingsgedrag?

Antwoord

Als door aardbevingen verweking optreedt dan verandert de waterdruk tussen de poriën in de ondergrond. Deze waterdruk heeft invloed op de grondwaterstand. De mate waarin dit optreedt is afhankelijk van de kracht van de aardbevingen. Op dit moment zijn er geen voorbeelden bekend van geobserveerde verweking in Groningen. Dit wordt ook niet verwacht omdat de aardbevingen in Groningen een magnitude van 3,6 of lager hebben gehad. Er kan wel een lokaal hogere poriëndruk zijn geweest (gedeeltelijke verweking). Dit heeft geen invloed op de zettingen zolang de aardbevingen niet sterker zijn dan tot nu toe is opgetreden. Pas bij zwaardere aardbevingen kan de poriëndruk verder oplopen en ook zetting optreden. Bij de tot nu toe hoogst gemeten versnelling (0,11g) gaat het om circa 7 mm en pas bij een aardbeving die gemiddeld eens in de 2475 jaar voorkomt gaat het om een zakking van 0,10 m. De optelling van het effect van meerdere bevingen bij elkaar leidt dus ook alleen bij zwaardere bevingen dan reeds opgetreden tot mogelijke schade.

Vraag 4

Kunnen aardbevingen van invloed zijn op grondwaterstand en daarmee op zoutgehalte in ondergrond?

Antwoord

Zie allereerst het antwoord hierboven. De verhoging van de poriëndruk tijdens de aardbeving duurt hooguit enkele minuten. Er wordt geen directe invloed op het zoutgehalte hierdoor verwacht.

In geval van een zwaardere aardbeving zou een verbinding kunnen ontstaan tussen een diepere (zoutere) laag en een daarvan met een kleilaag afgesloten ondiepere laag. Hiervoor moet wel eerst verweking ontstaan wat, zelfs bij een aardbeving die gemiddeld eens in de 2475 jaar voorkomt, in Groningen niet wordt verwacht.

Vraag 5

Kan er als gevolg van de geïnduceerde bevingen ook 'lateral spreading' (in combinatie met verweking, liquefactie) plaatsvinden? Bij de aardbeving van Roermond is dit fenomeen geconstateerd bij de oevers van de Maas. Zo ja, wat heeft dit mogelijk voor effecten op infrastructuur en bebouwing?

Antwoord

Lateral spreading is het optreden van een horizontale verschuiving van de grond tijdens een aardbeving. Voor lateral spreading zijn twee voorwaarden nodig:

- de aardbeving veroorzaakt verweking
- er is een (flauwe) helling of een talud aanwezig.

Vanwege de eerste voorwaarde kan 'lateral spreading' dus alleen optreden als er ook verweking optreedt. Op dit moment zijn er geen voorbeelden bekend van geobserveerde verweking in Groningen. Dit wordt ook niet verwacht omdat de aardbevingen in Groningen een magnitude van 3,6 of lager hebben gehad. De aardbevingen waarvoor verweking kan voorkomen zijn groter in magnitude.

Algemeen: liquefactie in modellen

In het onderzoek KEM-14 is gekeken hoe verweking in te passen is in de publieke seismische dreiging en risico analyse. Het risico op verweking is vooral bij grotere aardbevingen van belang. Op de website van de NEN (<https://seismischekrachten.nen.nl/map.php>) staat een kaart met de verweking bij een

aardbeving die gemiddeld eens in de 2475 jaar voorkomt. Daarbij wordt een parameter (LPI_{ish}) gebruikt die de ernst van de verweking aangeeft.

Als de waarde voor LPI_{ish} kleiner is dan 5,0 dan wordt verwacht dat de verweking weinig tot geen invloed heeft, bij grotere waarden kan verweking wel invloed hebben. Slechts bij enkele punten in de provincie Groningen is LPI_{ish} groter dan 5. Bijna overal is LPI_{ish} kleiner dan 5. De kans op verweking is daarmee klein, verweking kan alleen bij grotere aardbevingen plaatsvinden.

Het integreren van liquefactie in de probabilistische publieke seismische dreiging en risico analyse modelinstrumenten vergt nog verdere uitwerking, maar heeft geen prioriteit omdat verweking optreedt bij magnitudes die niet waarschijnlijk zijn in Groningen.