



Project : Kennisplatform Bouwen en Versterken
Nationaal Coördinator Groningen (NCG)

Betreft : **Advies Update Kennisagenda Bouwen en Versterken**

Datum : 15 februari 2018

Opgesteld door : Chris Geurts
Jelle Pama

Inhoud

Inleiding.....	<u>33</u>
Speerpunten uit de huidige kennisagenda	<u>44</u>
Uitgevoerde activiteiten in 2017.....	<u>1010</u>
Algemeen.....	<u>1010</u>
Ontwikkelingen in het kader van NPR 9998.....	<u>1010</u>
Resultaat Kennistafel in 2017.....	<u>1414</u>
Advies update kennisagenda Bouwen en Versterken	<u>1717</u>
Referenties	<u>2121</u>

Inleiding

In november 2016 is in opdracht van de NCG een pilot 'kennistafel Bouwen en Versterken' gehouden. Op basis daarvan is een voorstel voor een kennisagenda opgesteld en aangeboden aan NCG [1]. NCG heeft in 2017 BuildinG opdracht gegeven om meerdere van dergelijke bijeenkomsten te organiseren, en om op basis van de resultaten van deze kennistafels jaarlijks de kennisagenda te actualiseren. Dit rapport geeft het advies voor de update van de kennisagenda op basis van de bijeenkomst(en) die in 2017 hebben plaatsgevonden.

Op 12 december 2017 is door BuildinG de eerste kennistafel van het Kennisplatform Bouwen en Versterken georganiseerd. Deze kennistafel is georganiseerd rondom het thema 'NPR 9998'. Dit thema is gesplitst in vier deelonderwerpen, die ieder in een afzonderlijke (parallele) sessie zijn bediscussieerd. Deze kennistafel heeft een aantal kennisvragen opgeleverd die in volgorde van prioriteit zijn gerapporteerd [2].

Dit rapport geeft allereerst een overzicht van de 10 speerpunten die in de kennistafel van november 2016 zijn geformuleerd. Daarna is, op basis van de resultaten van de kennistafel van 12 december, een overzicht gegeven van in 2017 uitgevoerd activiteiten die betrekking hebben op de genoemde speerpunten. Vervolgens worden geprioriteerde onderwerpen voortkomend uit de kennistafel van 12 december 2017 benoemd. Op basis van het overzicht van eerdere speerpunten, reeds uitgevoerde activiteiten en benoemde prioriteiten wordt een advies geformuleerd voor de update van de kennisagenda van NCG voor 2018.

Speerpunten uit de huidige kennisagenda

Onderstaande tabel is overgenomen uit het advies kennisagenda dat per 29 mei 2017 is aangeboden aan NCG. Dit is tot stand gekomen op basis van de kennistafel van 1 november 2016, waar de toenmalige speerpunten zijn geprioriteerd. Door consultatie van de kennisaanbieders zijn zowel de aan deze speerpunten gelieerde onderzoeksvragen als een mogelijke aanpak en benodigde doorlooptijd ingevuld en begroot.

	SPEERPUNT	ONDERZOEKSVRAGEN	OMVANG EN TIJD
1	Seismische weerstand Criteria NC voor gebouw en component	<ul style="list-style-type: none"> - Wat is de (vervormings)capaciteit van gebouwen en gebouwcomponenten? - Hoe definieer je near collapse limit state voor Groningse gebouwen? - Hoe gedraagt een monumentaal gebouw zich als de grenstoestand NC wordt aangehouden? <p><i>OPMERKING: koppeling met 'Criteria vallende objecten', 'Gedrag verbindingen' en 'Capaciteit van de fundering'.</i></p>	<p><u>Stap 1: tijdsinspanning <0,5 jaar</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Op basis van huidige (test)gegevens bepalen welke experimenten voor componenten nodig zijn en welke eigenschappen gevarieerd moeten worden - Een probabilistisch raamwerk opzetten - Vaststellen bij welke waarden van verschillende criteria het gebouw of het gebouwelement als bezwaken moeten worden beschouwd. <p><u>Stap 2: tijdsinspanning 2-4 jaar</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Testen van componenten¹ - Gekalibreerde NLTH berekeningen - Vertaling van bezwijkwaarden in criteria zodat voldaan wordt aan voldoende veiligheid bij de beoordeling. Onderverdeling naar diverse typologieën.
2	Valideren en certificeren Valideren van berekeningsmethoden	<ul style="list-style-type: none"> - Wat is de betrouwbaarheid van de rekenmethoden uit de NPR voor typische Groningse gebouwen en grondcondities? - Wat is het toepassingsgebied van de rekenmethoden? - Aan welke benchmarks valideren? - Kunnen we vereenvoudigde rekenmethoden inzetten die voor de praktijk beter bruikbaar zijn? 	<p><u>Stap 1: tijdsinspanning <0,5 jaar</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Voortzetting validatiewerk aan metselwerk - Vertaalslag naar vereenvoudigde methode voor metselwerkrijtjeshuis² <p><u>Stap 2: tijdsinspanning 2-4 jaar</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Validatie van alle methoden uit de NPR met experimenten voor verschillende gebouwtypologieën³ / componenten / verbindingen / materialen - Vaststellen systeem- en materiaaleigenschappen en validatie

¹ Hier ligt een parallelle aanpak voor de hand, waarbij zowel een meer toegepaste aanpak wordt gekozen, als een fundamentele aanpak via promovendi. De combinatie zorgt ervoor dat er tussentijdse resultaten kunnen worden opgeleverd waarbij de markt snel toegang krijgt tot de kennis.

² Aansluitend of aanvullend op activiteiten van NEN-taakgroep Analyse Methodes.

³ Validatie op gebouwniveau is verre van eenvoudig omdat er realistisch gezien maar een beperkt aantal testen gedaan kan worden. De testen in Delft, Italië en Portugal zijn niet afdoende om de totale populatie aan gebouwen af te dekken.

	SPEERPUNT	ONDERZOEKSVRAGEN	OMVANG EN TIJD
		- Hoe ga je om met de bestaande situatie van een gebouw (bv in geval van reeds gescheurd metselwerk) en hoe verwerk je versterkende maatregelen of herstelmaatregelen in je rekenmodellen?	van effect van versterkende maatregelen en herstelmaatregelen met experimenten voor verschillende gebouwtypologieën / oplossingen - Monitoring en evaluatie
3	Seismische belasting Ruimtelijke differentiatie ontwerpspectra / tijdreeksen	- Algemeen: Hoe vertalen we de resultaten van PSHA (probabilistic seismic hazard analysis) naar seismische belastingen op een constructie? - Is het UHS (uniform hazard spectrum) geschikt, of is het beter gebruik te maken van correlaties tussen periodes (conditionele spectra)? - Hoe parameteriseren we de spectra? (bijv. 2-punts, 3-punts, ... N-punts of UHS) - Hoe construeren we time histories (tijdreeksen) met adequate record-to-record variabiliteit en rekening houden met de (a) synchroniteit van verticale & horizontale pieken, en het aantal cycli?	<u>Stap 1: tijdsinspanning <0,5 jaar</u> - Parameterisatie spectra - Zorg voor aansluiting bij activiteit in kader NPR ⁴ <u>Stap 2: tijdsinspanning 2-4 jaar</u> - Conditionele spectra - Groningen-specific ground motion time histories - Methode bepalen voor spectral matching en de benodigde tijdsduur van het signaal (hoeveel cycli) ⁵
4	Seismische weerstand Equivalentente criteria NC naar SD	- Wat is de relatie tussen NC en SD? - Hoe kan globaal bezwijken worden gedefinieerd met in achtname van lokale componenten? - Wat zijn de effecten van de verticale voorbelasting van het metselwerk, de detailgeometrie, etc op de maximale verplaatsingen van het gebouw? - Hoe kunnen drift limits worden afgeleid uit de NC criteria?	<u>Stap 1: tijdsinspanning <0,5 jaar</u> - Door middel van NLTH berekeningen de relatie leggen tussen bezwijken en een minder vergaande grenstoestand voor een rijtjeshuis. - Opzetten probabilistisch raamwerk <u>Stap 2: tijdsinspanning 2-4 jaar</u> - De relatie leggen tussen componentgedrag en globaal bezwijkgedrag - Variatiestudie met verschillende penantafmetingen etc om de spreiding te bepalen ⁶ . - Overige typologieën beschouwen.

⁴ Dit betreft activiteiten van de taakgroep Seismische krachten

⁵ Mogelijk maakt dit onderdeel uit van het NWO programma DeepNL

⁶ Hier ligt een parallelle aanpak voor de hand, waarbij zowel een meer toegepaste aanpak wordt gekozen, als een fundamentele aanpak via promovendi. De combinatie zorgt ervoor dat er tussentijdse resultaten kunnen worden opgeleverd waarbij de markt snel toegang krijgt tot de kennis.

	SPEERPUNT	ONDERZOEKSVRAGEN	OMVANG EN TIJD
5	Grond-constructie interactie Overdracht: gedrag van paalfunderingen in site response	<ul style="list-style-type: none"> - Welke tijdsignalen breng je op de paalfundering aan? - Hoe neem je de paalfundering mee in je site respons berekening? - Hoe kunnen de berekeningsmodellen voor site respons worden vereenvoudigd? 	<u>Stap 1: tijdsinspanning <0,5 jaar</u> - Vergelijkende site respons studies met en zonder paalfundering en onder verschillende grondcondities <u>Stap 2: tijdsinspanning 2-4 jaar</u> - vergelijkende berekeningen, komen tot best practices vanuit fundamentele mechanismen
6	Vallende objecten Criteria ontwikkelen en updaten	<ul style="list-style-type: none"> - Welke veiligheidsbenadering dient gebruikt te worden voor maximale verplaatsingen en NC criteria? - Welke criteria voor monumentale gebouwen dienen gebruikt te worden? - Hoe definieer je de capaciteit van de constructie of van het constructie-element? - Wanneer zijn no regret maatregelen vanuit het oogpunt van veiligheid wenselijk en wanneer niet (bv bij monumenten waar andere waarden ook een rol spelen)? 	<u>Stap 1: tijdsinspanning <0,5 jaar</u> - Het ontwikkelen van een beoordelingsmethode voor vallende objecten die rekening houdt met de monumentale waarde van gebouwen en de rol die vallende objecten daarin spelen ⁷ . <u>Stap 2: tijdsinspanning 2-4 jaar</u> - Methode uitbreiden met (slimme) versterkingsmaatregelen die elementen intact laat. - Bepalen van de werkelijke capaciteit van de monumentale constructie ⁸ .
7	Schadebeoordeling beoordelingsmethodiek > materiaalgedrag	<ul style="list-style-type: none"> - Is het mogelijk om toekomstige schade te voorspellen? - Wat is de oorzaak van schade? Wat is de relatie tussen waargenomen schade versus de schadeoorzaak (of oorzaken)? - Wat is de kans op schade op basis van modellen versus waarnemingen in een specifiek pand? - Wat is het (mogelijk) opgetreden trillingsniveau in een specifiek pand? 	<u>Stap 1: tijdsinspanning <0,5 jaar</u> - Ontwikkelen van voorspellingsmodellen ⁹ - Bepalen of voorspellen trillingsniveaus op basis van meetdata voor een specifiek pand ¹⁰ - Ontwikkelen objectieve methode voor het vastleggen van schade, eventueel met inzet van slimme technologie en beeldanalysemethoden. - Komen tot een methodologie om interventies in geval van monumentale gebouwen te beoordelen (matrix erfgoed

⁷ In aansluiting op activiteiten in NEN-verband via de taakgroep Vallende objecten

⁸ Hier ligt een parallelle aanpak voor de hand, waarbij zowel een meer toegepaste aanpak wordt gekozen, als een fundamentele aanpak via post-docs. De combinatie zorgt ervoor dat er tussentijdse resultaten kunnen worden opgeleverd waarbij de markt snel toegang krijgt tot de kennis.

⁹ NAM ontwikkelt een methodiek in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken.

¹⁰ De eerste stap voor een procedure wordt reeds opgepakt in het onderzoek naar het bepalen van de oorzaken van schade in de buitengebieden.

	SPEERPUNT	ONDERZOEKSVRAGEN	OMVANG EN TIJD
		<ul style="list-style-type: none"> - Wat is de (mogelijk) opgetreden (ongelijkmatige) zetting van een specifiek pand? - Hoe kunnen we snel en efficiënt schade opnames doen? - Hoe leggen we de schade eenduidig en objectief vast? - Hoe kunnen we beoordelen wat de oorzaak van de schade is en of die afkomstig is van een aardbeving? - Kun je schade voorkomen? - Wat is het effect van cumulatieve (kleine) schades? - Wat is de effectiviteit van maatregelen? Relatie tussen monitoren en modelleren. - Wat is het effect van versterkingsmethoden op verdere schade? - Welk afwegingskader inzetten bij een set van oplossingen? Zowel voor recente als historische gebouwen. - Wat zijn de criteria voor sloop? 	<p>parameters vs technische parameters, als onderlegger voor discussie tussen betrokken partijen)</p> <p><u>Stap 2: tijdsinspanning 2-4 jaar</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vaststellen en vastleggen van objectieve methode om geobserveerde schades toe te kennen aan schadeoorzaken. Het is niet ondenkbaar dat de conclusie van deze activiteit is dat de oorzaak van de schade niet eenduidig is aan te wijzen¹¹. - Vaststellen van een realistisch protocol voor de toetsing van materialen en constructies op aardbevingen (optredende niveaus, aantal cycli, verloop van de trilling in tijd, plaats en richting). - Ontwikkelen van een Decision Support Tool, enerzijds voor beoordeling best practices, anderzijds om keuzes, waarbij monumentale of esthetische waarden in het geding zijn objectief en transparant vast te leggen en beoordelen¹⁴. - Onderzoek naar gedrag van materialen en constructies bij diverse niveaus van bevingen inclusief herhaaldelijk optredende bevingen¹². - Modelleren van materiaalgedrag in FEM omgeving (niet-lineair gedrag): doorrekenen meerdere aardbevingsscenario's¹⁴. - Bepaling van restspanningen in bestaande gebouwen. Op basis daarvan schatting maken van capaciteit voor het opnemen van trillingen (en andere door gaswinning veroorzaakte belastingen)¹³. - Testwerk op laboratoriumschaal (m.b.v. triltafel/vlaktester/etc.): vergelijkend onderzoek naar bestendigheidsopties; Prototype onderzoek op bouwdeelschaal.

¹¹ De eerste stap voor een procedure wordt reeds opgepakt in het onderzoek naar het bepalen van de oorzaken van schade in de buitengebieden.

¹² Hier ligt een parallelle aanpak voor de hand, waarbij zowel een meer toegepaste aanpak wordt gekozen, als een fundamentele aanpak via promovendi. De combinatie zorgt ervoor dat er tussentijdse resultaten kunnen worden opgeleverd waarbij de markt snel toegang krijgt tot de kennis.

	SPEERPUNT	ONDERZOEKSVRAGEN	OMVANG EN TIJD
			<ul style="list-style-type: none"> - Testwerk in volle schaal in pilot woningen/gebouwen: inspecteren, gericht instrumenteren, exciteren, vervolgens weer inspecteren etc. E.e.a. in verschillende situaties (meerdere vergelijkbare woningen ieder met andere oplossingen voorzien). - Monitoring en evaluatie gerealiseerde oplossingen. Combinatie van trillingsmetingen en visueel monitoren; hierbij overwegen hoe participatie van bewoners / eigenaren te introduceren en organiseren. - Ontwikkeling van een testprotocol en rekenmethode om bestendigheidsoplossingen door te rekenen (m.b.t schade)
8	Valideren en certificeren Impact parameters > keuzes in onderzoek	<ul style="list-style-type: none"> - Hoe kunnen onzekerheden in parameters en modelkeuzes worden gereduceerd (voor zowel materialen als verbindingen)? - Wat is het effect van versterkingsmethoden op verdere schade? - Hoe kunnen best-practices worden beoordeeld? 	<p><u>Stap 1: tijdsinspanning <0,5 jaar</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Op basis van beschikbare data uit onderzoeken van afgelopen jaren een inschatting maken van de onzekerheden en op basis daarvan keuzes maken welke parameters nader onderzocht dienen te worden. <p><u>Stap 2: tijdsinspanning 2-4 jaar</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduceren onzekerheden door middel van experimenteel onderzoek naar meest relevante parameters¹³

¹³ Hier ligt een parallelle aanpak voor de hand, waarbij zowel een meer toegepaste aanpak wordt gekozen, als een fundamentele aanpak via promovendi. De combinatie zorgt ervoor dat er tussentijdse resultaten kunnen worden opgeleverd waarbij de markt snel toegang krijgt tot de kennis.

	SPEERPUNT	ONDERZOEKSVRAGEN	OMVANG EN TIJD
9	Grond-constructie interactie Overdracht: vereenvoudiging indirecte methode (veren)	<ul style="list-style-type: none"> - Hoe kun je de fundering het beste modelleren in de berekeningen? - Hoe kan op een vereenvoudigde manier (bv met veren) de fundering worden gemodelleerd? - Wat is de vervormingscapaciteit van palen voordat deze bezwijken? 	<u>Stap 1: tijdsinspanning <0,5 jaar</u> - Interactieberekeningen maken met grond én gebouw. Bepalen welke berekeningen geven het beste resultaat geven. - Vergelijking maken tussen berekeningen uitgevoerd met verschillende FEM pakketten (met verschillende grond- en paalmodellen) <u>Stap 2: tijdsinspanning 2-4 jaar</u> - toepassing van elementen en vereenvoudigingen voor het meenemen van de fundering in toetsingsberekeningen voor de bovenbouw
10	Seismische belasting Verticale component belasting	<ul style="list-style-type: none"> - Wat is de impact van de verticale belasting op de constructie en de onderdelen? - Kan de verticale component van de belastingen worden vereenvoudigd in de berekeningen middels het meenemen van een zekere factor? 	<u>Stap 1: tijdsinspanning <0,5 jaar</u> - maken van vergelijkende berekeningen met horizontale EN verticale belasting - onderzoek naar de verticale component van de belasting <u>Stap 2: tijdsinspanning 2-4 jaar</u> - nvt

Uitgevoerde activiteiten in 2017

Algemeen

Het advies voor de bestaande kennisagenda is medio 2017 definitief gemaakt en gepubliceerd op de website van NCG. Ten behoeve van de update is het allereerst van belang het overzicht van uitgevoerde activiteiten te hebben. Hieronder wordt kort ingegaan op onderzoeken voor NCG, NAM en CVW. In de volgende paragraaf wordt meer in detail ingegaan op de ontwikkelingen in het kader van de NPR 9998, zoals die tijdens de kennistafel van 12 december 2017 zijn gepresenteerd.

In juli 2017 is de groene versie van de NPR 9998;2017 [3] uitgekomen. In het kader van de ontwikkeling van deze NPR zijn meerdere onderzoeken uitgevoerd. Tijdens de kennistafel op 12 december 2017 heeft NCG een presentatie gehouden waarin aangegeven is op welke speerpunten activiteiten waren uitgevoerd. In het kader van de ontwikkeling van de NPR 9998 is onder meer onderzoek gedaan naar de rekenmethoden, verweking en vallende objecten. Daarnaast is door NCG het rapport van Antea [4] over meetinstrumentarium in Groningen aangehaald. Dit rapport bevat een inventarisatie van metingen in het veld die in Groningen worden uitgevoerd, zonder dat dit rapport specifiek een van de genoemde speerpunten uit de bestaande kennisagenda aanhaalt. Verder wordt binnen een opdracht aan de TU Delft onderzoek gedaan naar de oorzaken van schade. Hier is echter (nog) geen rapportage van gepubliceerd.

Er zijn door en in opdracht van NAM in het kader van het winningsplan onderzoeken uitgevoerd naar de effecten van aardbevingen op de ondergrond en op gebouwen. In dat kader worden onder meer triltafeltesten bij EU Centre in Pavia uitgevoerd. NAM heeft in november 2017 haar “Assessment of hazard, risk and damage” opgeleverd en gepubliceerd op haar website [5]. Dit rapport bevat referenties naar onderzoek wat gebruikt is als achtergrond bij deze rapportage. Onder meer wordt in opdracht van NAM laboratoriumonderzoek bij de TU Delft uitgevoerd, dat direct betrekking heeft op een aantal kennisvragen uit de bestaande kennisagenda. Hiervan zijn nog geen rapportages vrijgegeven.

CVW laat ook onderzoek uitvoeren in het kader van vragen die uit de versterkingsopgave voortkomen. Deze onderzoeken zijn niet vrij beschikbaar en openbaar toegankelijk.

In 2017 is de onderzoekshal van BuildinG geopend, waarmee Groningen eigen faciliteiten ter beschikking heeft voor onderzoek naar en het testen van aardbevingsbestendig bouwen. Hier zullen in 2018 en verder onderzoeken worden uitgevoerd waarvan resultaten, mits toegestaan, openbaar zullen worden gemaakt.

Ontwikkelingen in het kader van NPR 9998

Tijdens de kennistafel van 12 december 2017 is door de inleiders een overzicht gegeven van de laatste ontwikkelingen in het kader van de ontwikkeling van NPR 9998. Deze zijn hieronder samengevat:

Algemeen (gepresenteerd door Mark Lurvink)

In juni 2017 is de groene versie van NPR 9998:2017 verschenen. In deze NPR is voor de seismische belasting een tool ontwikkeld (te raadplegen via seismischekrachten.nen.nl) waarmee de seismische belasting afhankelijk van locatie is bepaald. Dit geeft invulling aan een deel van de kennisvragen van speerpunt 3 van de bestaande kennisagenda.

Naar aanleiding van de commentaarronde bij deze groene versie zijn bijna 600 commentaren verschenen met veel vragen over verweking en funderingen en rekenmodellen.

A: Rekenmodellen (gepresenteerd door Maurice Hermens)

De ontwikkelingen afgelopen jaar op het gebied van kennis en ervaring met de beschikbare rekenmodellen zijn o.a.:

- Doorzetten laboratoriumtestprogramma, o.a. woning in TU Delft met blind prediction door diverse consultants
- Diverse workshops, o.a. over rekenmethoden, kerken, etc.
- Effectuering CVW kennisdeling met een aantal consultants, betreffende o.a. de volgende onderwerpen:
 - NLPO (Niet Lineaire Push Over analyses)
 - Catalogus
 - Praktische implementatie
 - NLTH (Niet Lineaire Time History analyses)
- CVW Adviescommissie
 - Reviews objecten diverse consultants
 - Start review algemene aanpak, zoals houten vloeren en OOP toetsing

B: Schadepreventie (gepresenteerd door Mark Lurvink)

De NPR 9998 richt zich vooral op het voorkomen van de grenstoestand Near Collapse en bezwijken van niet-seismische constructieve elementen. Het ontstaan (en voorkomen) van schade is voor Groningen ook een belangrijk onderwerp, dat op dit moment niet door NPR 9998 wordt afgedekt. Door de NEN taakgroep 'Schadepreventie' is over dit onderwerp een position paper geschreven en aan NCG aangeboden¹⁴. Dit position paper [6] bevat een aantal aanbevelingen, die hier kort zijn gegeven:

- Het begrip "basisbestendigheid" zal van inhoud en betekenis moeten worden voorzien. Het gaat hierbij om wat acceptabel wordt gevonden in termen van kansen, mate van beschadiging en economische effecten.
- Er is behoefte aan het ontwikkelen van een op basisbestendigheid toegesneden beoordelingssystematiek, en daaraan gerelateerde testprotocollen. De SBR Richtlijn A en de NPR 9998 bevatten bouwstenen die nadere uitwerking behoeven.

¹⁴ Deze position paper zal in januari 2018 door de NCG worden aangeboden aan de maatschappelijke groeperingen

- Met betrekking tot de situatie in Noord Oost Nederland kunnen aanbevelingen ten aanzien van de detaillering worden opgenomen in NPR 9998.
- Een beoordelingskader voor het gebruik van geavanceerde berekeningen moet worden ontwikkeld.
- Gestimuleerd moet worden dat innovatieve concepten voor schadebeperking worden (door)ontwikkeld en van een goedkeuringscertificaat worden voorzien.
- Het verdient aanbeveling voor het uitvoeren van versterkings- en schadepreventiemaatregelen voorgestelde oplossingen (zoals details, systemen en producten) gecentraliseerd te laten beoordelen teneinde bovengenoemde ontwikkelingen te bespoedigen.

Naast het position paper is op het gebied van schade de update van SBR Richtlijn A van belang. Deze is in december in gewijzigde vorm gepubliceerd. Deze richtlijn gaat in op de relatie tussen trillingen en schade in bouwwerken.

C: Versterkingsmaatregelen (gepresenteerd door Rudi Roijackers)

Het afgelopen jaar is veel ervaring opgedaan met versterkingsadviezen voor CVW en NCG. De ingenieurbureaus hebben ongeveer 1300 versterkingsadviezen geleverd voor woningen en er zijn ook vele CC2 en CC3 gebouwen beschouwd. Daarnaast zijn 7 aannemers betrokken geweest bij de versterking van 375 corporatiewoningen.

De NCG heeft in haar meerjarenplan aangegeven dat 22.000 woningen in de kern van het aardbevingsgebied beschouwd moeten worden. De woningen die dit jaar beschouwd zijn dienen allemaal volgens de huidige inzichten versterkt te worden.

Meerdere ingenieurbureaus zijn betrokken bij diverse daadwerkelijke versterkingen. De belangrijkste leerpunten hieruit zijn tot nu toe:

- Zorg voor een zeer goede inmeting van de bestaande situatie;
- Zorg dat de versterkingen flexibel om kunnen gaan met de gevraagde toleranties;
- Iedere woning is uniek, maar er zijn versterkingsconcepten die over meerdere woningen in bepaalde typologieën uitgerold kunnen worden;
- Voor de typologie aanpak: we moeten zoeken naar meer eenvoudige repetitieve oplossingen, ook in detaillering en fabricage.
- Voor de aanpak van individuele woningen en vrijstaande gebouwen dient een versnellingsproces gevonden worden om de gewenste aantallen te halen.

Onderzoeken worden in opdracht van CVW uitgevoerd op de volgende onderwerpen:

- Wanden uit het Vlak
- Quakeshield
- Nehobo vloeren
- Stijfheid houten vloeren
- Houten oplangers

D: Verweking (gepresenteerd door Mandy Korff)

Op dit moment is het zo dat als uit NPR 9998:2017 verweking wordt voorspeld men via de NPR 9998 de invloed op het draagvermogen van de fundering bepaalt. Als de fundering

hierdoor niet voldoende rekentechnische draagkracht heeft, wordt de fundering als gefaald beschouwd en daarmee het gebouw.

De nu beschreven methode in de NPR 9998:2017 kent ten opzichte van de 2015 versie de volgende verbeteringen:

- Aging factor (voor oude t.o.v. jonge zanden) is 1,3 voor Pleistoceen zand
- Alle partiële factoren zijn 1,0; alle veiligheid zit op de belasting
- Voor paalfunderingen zijn de mogelijkheden voor toepassen van interactie berekeningen voor het axiale draagvermogen uitgebreid (voor verticale belasting). Dit zal tot minder onnodige afkeuring leiden.
- Voor gelaagde grond afzettingen wordt een factor van 1,8 op de conusweerstand toegepast om rekening te houden met de kunstmatige lage dichtheid die gevonden wordt in gelaagde grond
- Er is meer ruimte gemaakt voor het toepassen van geavanceerdere (maar ook complexere) berekeningen (effective stress bijvoorbeeld)
- Er is richting gegeven aan de waarde van de reststerkte van het zand in geval van gedeeltelijke of volledige verweking.

Op verschillende onderwerpen loopt (eind 2017) nog onderzoek om de verschillende onderdelen van de berekening nog scherper te stellen:

- A) De invloed van het aantal belastingwisselingen (door Russell Green i.o.v. NAM)
- B) De invloed van gelaagde grond en aging (bij Deltares i.o.v. NAM)
- C) Het gedrag van palen met oplangers (door CVW).

Resultaat Kennistafel in 2017

In 2017 is één kennistafel georganiseerd, met als centraal onderwerp NPR 9998. Deze kennistafel was onderverdeeld in 4 deelonderwerpen, die in (parallele) sessies zijn bediscussieerd. De deelsessies waren:

- A: Rekenmethoden
- B: Schadepreventie
- C: Versterkingsmaatregelen
- D: Verweking

Op basis van de uitkomsten van de deelsessies zijn de kennisvragen/onderwerpen geprioriteerd. De 5 hoogst geprioriteerde onderwerpen zijn nader uitgewerkt ten behoeve van de kennisagenda. Per onderwerp is hieronder samengevat wat de tijdens de kennistafel benoemde kennisvragen zijn.

Nr.	Onderwerp	Kennisvragen
1	Kalibratie en Validatie	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe goed benaderen de gebruikte rekenmodellen het werkelijke gedrag onder aardbevingsbelastingen? • Welke faalmechanismen behoren bij welke van de verschillende type woningen en gebouwen die voorkomen in Groningen? • Worden er conservatieve aannames gedaan, bij gebrek aan kennis, en in hoeverre is er sprake van stapeling van veiligheden? • Hoe kunnen verschillen ten gevolge van het gebruik van verschillende rekenmodellen worden verklaard en welke modellen zijn het meest geschikt voor welke toepassing? • Hoe kunnen we de juiste gegevens over verbindingen en materialen beschikbaar krijgen? • Welke experimenten zijn nodig om de rekenmethoden te valideren? Hoe kan reeds uitgevoerd experimenteel onderzoek, zowel nationaal als internationaal, worden ingezet om deze validatie uit te voeren? • Hoe gevoelig is het faalgedrag voor de parameterkeuze ?

Nr.	Onderwerp	Kennisvragen
2	Effecten van vervormingen	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe kunnen we vat krijgen op wat de impact is van verweking? • Hoe vertaalt verweking zich in (verschil)vervorming van de fundering? • In hoeverre is er echt sprake van bezwijken van de constructie bij vervormingen in de ondergrond? • Hoe groot moeten de vervormingen zijn, voordat sprake is van bezwijken van de constructie. • Wat is de restcapaciteit van funderingen bij optreden van verweking? • Wat is de invloed van de duur van de belasting.
3	Uniformiteit en waardering/kennisdeling van versterkingsmaatregelen	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe kan de kennis, die wordt ontwikkeld zowel bij de kennisinstututen (zoals TU Delft, TU Eindhoven, NEN, TNO en Hanzehogeschool) als bij de diverse ingenieursbureaus en het CVW, worden gedeeld en gebruikt om tot uniforme oplossingen te komen? • Op welke manier kunnen oplossingen en hun effectiviteit onafhankelijk worden beoordeeld en vastgelegd? • Hoe kunnen de theoretische regels uit NPR 9998 leiden tot geüniformeerde oplossingen, die kunnen worden vastgelegd in praktische handvatten?
4	Rekenvoorbeelden	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe wordt geborgd dat de rekenvoorbeelden breed geaccepteerd zijn, en als onafhankelijk en objectief worden vastgelegd? • Hoe dragen de rekenvoorbeelden eraan bij dat we snel en nauwkeurig grote aantallen gebouwen kunnen doorrekenen?
5	Koppeling geotechniek en bovenbouw	<ul style="list-style-type: none"> • Welke vervormingen ontstaan er door het effect van zettingen en verweking in de fundering en hoe werkt dit door in het gedrag van de constructie?

In het kader van de kennistafel zijn de kennisvragen geadresseerd. Er zijn geen voorstellen gedaan over uit te voeren onderzoeken op korte en langere termijn. Ook is tijdens de

kennistafel geen vergelijking gemaakt met de bestaande kennisagenda, en zijn de nieuwe kennisvragen niet geprioriteerd ten opzichte van de reeds bestaande kennisvragen.

Geconstateerd wordt dat er een zekere mate van overlap is tussen de bestaande en nieuwe kennisvragen:

Onderwerp 1: Kalibratie en Validatie

Dit was ook als speerpunt 2 en 8 benoemd in de bestaande kennisagenda. BuildinG stelt voor deze speerpunten 2 en 8 te integreren met het onderwerp 1, waarbij aanvullende kennisvragen zijn benoemd die worden toegevoegd aan het speerpunt. Dit geüpdate speerpunt wordt als belangrijkste speerpunt benoemd in de update van de kennisagenda.

Onderwerp 2: Effecten van Vervormingen en

Onderwerp 5: Koppeling geotechniek en bovenbouw

Deze zijn blijkens de gestelde kennisvragen nauw met elkaar verwant. Dit onderwerp was in de vorige kennisagenda niet als zodanig benoemd. Speerpunten 5 en 9 zijn gelieerd, maar omschrijven ieder toch een ander aspect. Voorgesteld wordt een speerpunt op te nemen, dat de kennisvragen omvat m.b.t. de effecten die vervormingen in de ondergrond hebben op de sterkte van de bovengrondse constructie. Dit onderwerp kan als tweede speerpunt worden neergezet in de update van de kennisagenda.

Onderwerp 3: Uniformiteit en waardering van versterkingsmaatregelen

Heeft direct betrekking op de implementatie van de rekenregels uit NPR 9998. Dit onderwerp was niet opgenomen in de bestaande kennisagenda, en voorgesteld wordt dit toe te voegen.

Onderwerp 4: Rekenvoorbeelden

Heeft direct betrekking op de toepassing van NPR 9998. Dit onderwerp was niet opgenomen in de bestaande kennisagenda. De bijbehorende kennisvragen zijn niet zozeer fundamenteel van aard (in de zin dat er nieuwe kennis nodig is), maar veel meer toegepast, en gericht op kennisdeling en -toepassing.

Op basis van de gepresenteerde ontwikkelingen in NPR 9998 en de door de deelnemers geprioriteerde kennisvragen voortkomend uit de kennistafel op dit onderwerp, volgt hierna de door Building voorgestelde update van de kennisagenda.

Advies update kennisagenda Bouwen en Versterken

Het advies van BuildinG voor de update van de kennisagenda is weergegeven in bijgaande tabel.

Speerpunt	Onderwerp	Kennisvragen
1	Rekenmethoden Valideren en kalibreren	<ul style="list-style-type: none"> - Wat is de betrouwbaarheid van de rekenmethoden uit de NPR voor typische Groningse gebouwen en grondcondities? - Wat is het toepassingsgebied van de rekenmethoden? - Kunnen we vereenvoudigde rekenmethoden inzetten die voor de praktijk beter bruikbaar zijn? - Hoe ga je om met de bestaande situatie van een gebouw (bv in geval van reeds gescheurd metselwerk) en hoe verwerk je versterkende maatregelen of herstelmaatregelen in je rekenmodellen? - Worden er conservatieve aannames gedaan, bij gebrek aan kennis, en in hoeverre is er sprake van stapeling van veiligheidsfactoren? - Hoe kunnen verschillen ten gevolge van het gebruik van verschillende rekenmodellen worden verklaard en welke modellen zijn het meest geschikt voor welke toepassing? - Hoe kunnen we de juiste gegevens over verbindingen en materialen beschikbaar krijgen? - Welke experimenten zijn nodig om de rekenmethoden te valideren? Hoe kan reeds uitgevoerd experimenteel onderzoek, zowel nationaal als internationaal, worden ingezet om deze validatie uit te voeren? - Hoe gevoelig is het faalgedrag voor de parameterkeuze? - Hoe kunnen best-practices worden beoordeeld?
2	Verweking Effecten van vervormingen in de bodem	<ul style="list-style-type: none"> - Hoe kunnen we vat krijgen op wat de impact is van verweking? - Hoe vertaalt verweking zich in (verschil)vervorming van de fundering? - In hoeverre is er echt sprake van bezwijken van de constructie bij vervormingen in de ondergrond? - Hoe groot moeten de vervormingen zijn, voordat sprake is van bezwijken van de constructie. - Wat is de restcapaciteit van funderingen bij optreden van verweking? - Wat is de invloed van de duur van de belasting.
3	Seismische weerstand Near Collapse Criteria voor gebouw en component	<ul style="list-style-type: none"> - Wat is de (vervormings)capaciteit van gebouwen en gebouwcomponenten? - Hoe definieer je near collapse limit state voor Groningse gebouwen? - Hoe gedraagt een monumentaal gebouw zich als de grenstoestand NC wordt aangehouden?

Speerpunt	Onderwerp	Kennisvragen
4	Seismische weerstand Equivalente criteria NC naar SD	<ul style="list-style-type: none"> - Wat is de relatie tussen NC en SD? - Hoe kan globaal bezwijken worden gedefinieerd met in achtname van lokale componenten? - Wat zijn de effecten van de verticale voorbelasting van het metselwerk, de detailgeometrie, etc op de maximale verplaatsingen van het gebouw? - Hoe kunnen drift limits worden afgeleid uit de NC criteria?
5	Grond-constructie interactie Overdracht: gedrag van paalfunderingen in site response	<ul style="list-style-type: none"> - Welke tijdsignalen breng je op de paalfundering aan? - Hoe neem je de paalfundering mee in je site respons berekening? - Hoe kunnen de berekeningsmodellen voor site respons worden vereenvoudigd?
6	Vallende objecten Criteria ontwikkelen en updaten	<ul style="list-style-type: none"> - Welke veiligheidsbenadering dient gebruikt te worden voor maximale verplaatsingen en NC criteria? - Welke criteria voor monumentale gebouwen dienen gebruikt te worden? - Hoe definieer je de capaciteit van de constructie of van het constructie-element? - Wanneer zijn no regret maatregelen vanuit het oogpunt van veiligheid wenselijk en wanneer niet (bv bij monumenten waar andere waarden ook een rol spelen)?

Speerpunt	Onderwerp	Kennisvragen
7	Schadebeoordeling beoordelingsmethodiek > materiaalgedrag	<ul style="list-style-type: none"> - Is het mogelijk om toekomstige schade te voorspellen? - Wat is de oorzaak van schade? Wat is de relatie tussen waargenomen schade versus de schadeoorzaak (of oorzaken)? - Wat is de kans op schade op basis van modellen versus waarnemingen in een specifiek pand? - Wat is het (mogelijk) opgetreden trillingsniveau in een specifiek pand? - Wat is de (mogelijk) opgetreden (ongelijkmatige) zetting van een specifiek pand? - Hoe kunnen we snel en efficiënt schade opnames doen? - Hoe leggen we de schade eenduidig en objectief vast? - Hoe kunnen we beoordelen wat de oorzaak van de schade is en of die afkomstig is van een aardbeving? - Kun je schade voorkomen? - Wat is het effect van cumulatieve (kleine) schades? - Wat is de effectiviteit van maatregelen? Relatie tussen monitoren en modelleren. - Wat is het effect van versterkingsmethoden op verdere schade? - Welk afwegingskader inzetten bij een set van oplossingen? Zowel voor recente als historische gebouwen. - Wat zijn de criteria voor sloop?
8	Grond-constructie interactie Overdracht: vereenvoudiging indirecte methode (veren)	<ul style="list-style-type: none"> - Hoe kun je de fundering het beste modelleren in de berekeningen? - Hoe kan op een vereenvoudigde manier (bv met veren) de fundering worden gemodelleerd? - Wat is de vervormingscapaciteit van palen voordat deze bezwijken?
9	Seismische belasting Verticale component belasting	<ul style="list-style-type: none"> - Wat is de impact van de verticale belasting op de constructie en de onderdelen? - Kan de verticale component van de belastingen worden vereenvoudigd in de berekeningen middels het meenemen van een zekere factor?

Speerpunt	Onderwerp	Kennisvragen
10 *	Versterkingsmaatregelen Uniformiteit en waardering/ kennisdeling	-Hoe kan de kennis, die wordt ontwikkeld zowel bij de kennisinstututen (zoals TU Delft, TU Eindhoven, NEN, TNO en Hanzehogeschool) als bij de diverse ingenieursbureaus en het CVW, worden gedeeld en gebruikt om tot uniforme oplossingen te komen? -Op welke manier kunnen oplossingen en hun effectiviteit onafhankelijk worden beoordeeld en vastgelegd? Hoe kunnen de theoretische regels uit NPR 9998 leiden tot geüniformeerde oplossingen, die kunnen worden vastgelegd in praktische handvatten?
11 *	Rekenmethoden Rekenvoorbeelden	-Hoe wordt geborgd dat de rekenvoorbeelden breed geaccepteerd zijn, en als onafhankelijk en objectief worden vastgelegd? -Hoe dragen de rekenvoorbeelden eraan bij dat we snel en nauwkeurig grote aantallen gebouwen kunnen doorrekenen?

(*): De speerpunten 10 en 11 zijn niet zozeer gericht op het oplossen van (fundamentele) kennisvragen, maar op deling en toepassing van kennis. Deze onderwerpen hebben een directe relatie met alle andere speerpunten. De ontwikkelde kennis van de overige speerpunten kan aan de hand van rekenvoorbeelden effectief worden gedeeld en toegepast.

Referenties

- [1] BuildinG, Advies kennisprogrammering Bouwkundig Versterken, 29-5-2017
- [2] BuildinG, Verslag Kennistafel 12-12-2017, 8 februari 2018
- [3] NEN, NPR 9998;2017, NPR 9998: richtlijn voor aardbevingsbestendig bouwen
- [4] Antea; onderzoek meetinstrumenten stap 3; verschillenanalyse, 10 juli 2017
- [5] NAM; Assessment of Hazard Building Damage and Risk for Induced Seismicity in Groningen - 2017
- [6] NEN, Position Paper December 2017, Beperking schade door aardbevingen in Noord Oost Nederland