Alsnog aardbevingsbestendig

Als het ontwerp van de uitbreiding van het Wiebengacomplex vrijwel voltooid is, wordt besloten het schoolgebouw alsnog bevingsbestendig te maken. Overzicht van het proces – van DO naar herontwerp – tot en met de gemaakte keuzes, waaronder de introductie van de zogeheten *slender walls*.

ir. R.H.J Bruins en ing P.J. Oudshoorn RC
Rick Bruins en Peter Oudshoorn zijn senior constructeur bij ABT | Wassenaar Seismisch Advies in Haren.

Op de binnenplaats van het monumentale Wiebengacomplex (1922) heeft de Hanzehogeschool Groningen een uitbreiding voorzien. De uitbreiding bestaat uit twee bouwlagen met een oppervlak van ± 2.600 m². De plattegrond meet grofweg 16x110 m en de verdiepinghoogte is 4 m. De architect, geselecteerd via een Europese aanbesteding, koos voor dragende betonnen buitengevels met expressieve vormgeving. Door toepassing van (zeer) hogesterktebeton kan de gevelconstructie slank worden gedimensioneerd. Het constructief DO-ontwerp bestaat uit de volgende onderdelen.

- Een dakvloer van kanaalplaten (d = 320 mm) zonder druklaag met een overspanning van 14,5 m. De dakvloer is opgelegd op traditioneel gewapende Y-vormige microbetonkolommen (d ~ 300 mm). Alle kolommen zijn onderling gekoppeld.
- De verdiepingvloer is een strokenvloer van in het werk gestort beton (d = 150/300 mm) ondersteund door prefab kolommen.
- In de langsrichting wordt de stabiliteit van het dak verzorgd door de in de fundering ingeklemde Y-kolommen in de gevel. De 1e verdieping wordt in de langsrichting gestabiliseerd met een groot aantal ingeklemde kolommen.
- De stabiliteit van dak en verdieping in de dwarsrichting wordt verzorgd door een aantal betonwanden. De positionering van de wanden is afgestemd op de functies van het gebouw.

Besluitvorming

Maar bij het afsluiten van het DO-ontwerp verschijnt het Interim Advies uitgegeven in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken[1]. Na intensief overleg besluit de opdrachtgever om de nieuwbouw hier alsnog aan te laten voldoen met 'het maatschappelijk belang' als belangrijk argument. Dat besluit kan niet zomaar worden genomen. Aardbevingsbestendigheid is voor de opdrachtgever onbekende materie en het plan bevindt zich in een cruciaal stadium; de Europese aanbesteding staat gepland en in de uitvoeringsplanning zit volstrekt geen ruimte. De opdrachtgever wil van de seismisch expert dan ook snel antwoord op drie vragen.

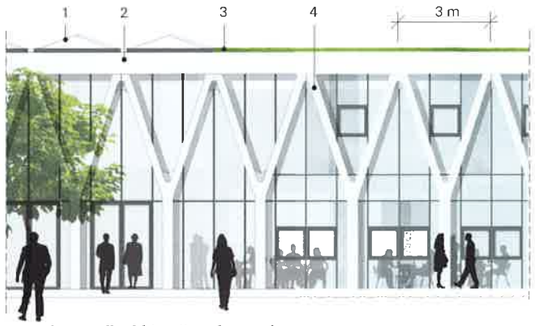
- Wat betekent dit financieel?
- Wat betekent dit voor de planning?
- Wat betekent dit voor de kwaliteit van het bouwkundig ontwerp?

Eerst is een snelle, globale inventarisatie gemaakt voor inzicht in de bevingsbestendigheid van het oorspronkelijk ontwerp. De inventarisatie bestond uit het toetsen van het bestaande ontwerp aan de algemene seismische principes (art 4.2.3 NEN-EN 1998-1[2]). Dit zijn regelmatigheid van plattegrond en doorsnede en daarbij is eveneens gebruik gemaakt van het document *Seismic Conceptual Design of Buildings*[3]. Tevens is een aantal mogelijke oplossingsrichtingen aangegeven, zonder deze in detail uit te diepen. Daardoor wist de opdrachtgever al gauw dat het geen kwestie was van een paar ondergeschikte aanpassingen die na de aanbesteding nog konden worden doorgevoerd. De opdrachtgever moest kiezen uit of doorgaan met de aanbesteding en later beslissen of het gebouw alsnog aardbevingsbestendig moest worden gemaakt of de aanbesteding voor onbepaalde tijd uitstellen. De opdrachtgever koos voor uitstel.

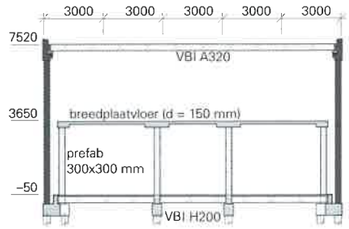
Oplossingsrichtingen

Vervolgens zijn de oplossingsrichtingen met het ontwerpteam besproken om inzicht te krijgen welke invloed de (constructieve) oplossingen zouden hebben op esthetica, installatietechniek en gebruik. Zo werd op hoofdlijnen duidelijk welke oplossingen grote weerstand opriepen en welke eventueel geaccepteerd werden. In dit stadium was er echter nog geen zekerheid of de oplossingen überhaupt zouden werken. Om die zekerheid te krijgen zouden alle mogelijkheden moeten worden doorgerekend en die tijd was er niet. De opdrachtgever moest dus kiezen uit één oplossingsrichting voor een aardbevingsbestendig ontwerp, waarbij getoetst moest worden op planning, kosten en kwaliteit. Om op basis van deze criteria later te kunnen besluiten over het doorgaan van het project.
In de volgende stap is de gekozen oplossingsrichting uitgewerkt tot een seismisch voorontwerp en doorgerekend. Pas toen was er duidelijkheid dat de oplossingen seismisch goed zouden functioneren. Parallel daaraan heeft het ontwerpteam het oorspronkelijke plan herzien en aangepast aan de bevindingen van de seismisch constructeur. Kortom, er ontstond een nieuw voorontwerp. Op basis van dit voorontwerp had de opdrachtgever antwoord op zijn drie vragen, en is besloten het project doorgang te laten vinden.

1 daklichten
2 dakrand
prefab beton
wit beton
3 grasdak
4 Y-vormige kolommen
prefab betonconstructie
wit beton
prefab binnen- en buitenblad



Om de stijfheid te laten afnemen moet het gevelbeeld ingrijpend veranderen.



Gevel en vloer zijn constructief gescheiden.

De constructies van het oude ontwerp (boven) en het nieuwe (onder).

Seismisch windverband.

Interieur van het oorspronkelijk ontwerp met de markante Y-kolommen.

Interieur herontwerp.

Projectgegevens

Locatie Eyssoniusplein 18, Groningen • *Opdracht* Hanzehogeschool Groningen • *Architectuur* DP6 architectuurstudio, Delft en Bierman Henket architecten, Esch • *Constructief advies* Wassenaar Ingenieurs, Haren • *Seismisch advies* ABT | Wassenaar Seismisch Advies, Haren • *Uitvoering* Geveke Bouw, Groningen • *Staalconstructie* Smid Staalbouw Hoogkerk, Hoogkerk • *Data* begin uitvoering: 6 september 2015; oplevering: medio 2017

Eerste ontwerp

Het moge duidelijk zijn dat het architectonisch concept met de Y-kolommen beeldbepalend was. Het oriënterend onderzoek richtte zich op geschiktheid van deze kolommen om de seismische belasting (vervorming) op te kunnen nemen. Met een vereenvoudigd 2D-raamwerkmodel, waarbij enkel één van de langsgevels is beschouwd, is dit onderzocht.
Een conclusie uit deze analyses was onder andere dat de optredende vervorming waarop gedimensioneerd dient te worden, in de orde van 100 mm lag. Hoewel de kolommen per stuk flexibel zijn en beperkte sterkte bevatten, is dit niet het geval voor het geheel. De stijfheid wordt vooral bepaald door de globale vorm van de samengestelde Y's en de sterkte door de afzonderlijke doorsnede. Die stijfheid van de samengestelde Y's neemt nauwelijks af als de doorsnede verkleint, maar hij wordt wel zwakker. Om de stijfheid substantieel te laten afnemen, moet de Y-vorm dus ingrijpend veranderen. Bijvoorbeeld door een grotere kolomafstand, of door het ontkoppelen van elkaar. Maar dat raakt ook het architectonisch beeld. Een goede balans tussen architectonische en seismische vormgeving is binnen het Y-concept niet gevonden. Dat heeft de architect ertoe gebracht om het Y-concept volledig te verlaten en de gevel opnieuw vorm te geven, zowel qua beeld als materialisering. Verdere zwakheden aan het ontwerp waren:
– het ontbreken van een continu aan druklagen op de dakvloer;
– een thermisch ontkoppeld oplegdetail voor de vloer;
– de onvoldoende sterke en stijve stabiliteitsvoorziening in dwarsrichting;
– het ontbreken van een koppeling tussen de verdieping en het dak in de langsrichting; hierdoor kunnen beide vloeren onafhankelijk van elkaar worden aangestoten en daarmee tot grote relatieve verplaatsingen leiden, met gevolgen voor de bouwkundige invulling van de verdieping.

Het totale conceptuele ontwerp was duidelijk niet aardbevingsbestendig, met een grote impact op het herontwerp tot gevolg; de gevels dienden volledig te worden herzien.

De architect heeft deze handschoen opgepakt door een gevel te ontwerpen die volledig aardbevingsbestendig is. De door de constructeur voorspelde vervorming tijdens een zware aardbeving kan door de bouwkundige gevel zonder schade worden doorstaan. Alleen op de aansluitingen met de bestaande gebouwen zijn 'kreukelzones' gemaakt die na een zware beving moeten worden vervangen.

Herontwerp

De basis van het nieuw constructief ontwerp zijn de bestaande plattegronden. Die zijn weliswaar rechthoekig maar hadden niet de gewenste verhouding van maximaal 1:4 (eis regelmatige plattegrond). Om dit te bewerkstelligen had het gebouw gedilateerd moeten worden. Deze dilataties zouden een maat van 150 mm nodig hebben. Hiervan is afgezien omdat dit functioneel en bouwkundig grote implicaties had, en daarbij is bovendien het dubbele aantal seismische voorzieningen nodig. De vloerrand van de eerste verdieping is zoveel mogelijk gelijk getrokken met het dak. In de twee hoofdrichtingen zijn per richting twee ductiele stabiliteitselementen voorzien. Deze slanke wanden (slender walls genaamd) zijn in de langsgevels geplaatst, in dwarsrichting zijn de wanden een aantal stramienen naar binnen gezet om de functionaliteit van het gebouw te waarborgen. Alle vier de elementen zijn in principe identiek. Twee opties zijn afgewogen: een betonvariant met wanden van 3000x400 mm en een staalvariant met diagonalen en kolommen h.o.h. 2.700 mm. Deze twee opties zijn sterk en naar verhouding slap. De sterkte wordt bepaald door de dimensionering van de wandwapening (momentcapaciteit), of bij de staalvariant door de afmetingen van de diagonalen (dwarskrachtcapaciteit). De stijfheid van de voorzieningen worden voor een groot deel bepaald door het element zelf. De fundering is ontworpen op het mobiliseren van een zo groot mogelijke arm. Deze arm is nodig om te zorgen dat de wanden als eerste bezwijken voordat de fundering of overig onderdelen dit doen, maar vooral om de verticale paalreacties te beperken. Bijkomend voordeel van deze oplossing is dat de rotatiestijfheid van de fundering niet van invloed is op de stijfheid van de wand.

De staalvariant is uiteindelijk gekozen omdat op detailniveau zeer hoge krachten ingeleid moeten worden. Dat blijft voor staal-betonaansluitingen een grote opgave. Bovendien zijn volledig dichte betonwanden met dergelijke afmetingen storend in het gevelbeeld. Het resterende deel van de constructie is een traditionele staalconstructie met kanaalplaatvloeren (400 mm dik). De verdieping- en dakvloer zijn voorzien van een druklaag. De begane-grondvloer is een in het werk gestorte vloer. De vloer wordt gebruikt voor het mobiliseren van de funderingspalen om de horizontale krachten in te leiden. In het ontwerp is veel aandacht besteed aan het inleiden van krachten in de verschillende constructie-onderdelen, waarbij lokaal zeer grote krachten ingeleid moeten worden.

Van meet af

Aardbevingsbestendig ontwerpen heeft een significante invloed op de wijze hoe gebouwen ontworpen dienen te worden. Het omturnen van een windontwerp in een seismische ontwerp is niet enkel het rekenen met grotere belastingen. Er is een aantal ontwerpconcepten waarmee rekening gehouden moet worden. De gevolgen kunnen zo groot zijn dat sommige ontwerpen onhaalbaar blijken. Het is daarom zaak om opdrachtgevers te informeren dat aardbevingsbestendig bouwen/ontwerpen een concept is waar vanaf het begin mee moet worden gewerkt. Deze case laat zien dat het ontwerpproces voor een groot deel opnieuw moet worden doorlopen (tijdverlies, extra kosten et cetera) als een bestaand, maar nog niet uitgevoerd ontwerp alsnog aardbevingsbestendig moet worden gemaakt. •

Literatuur

1. Interim Advies: *Voorlopige ontwerpuitgangspunten voor nieuwbouw en verbouw onder aardbevingsbelasting ten gevolge van de gaswinning in het Groningenveld*, NEN, Delft 2014.
2. *NEN-EN 1998-1* (Eurocode 8 – Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen), 2005.
3. H. Bachmann, *Seismic Conceptual Design of Buildings – Basic principles for engineers, architects, building owners, and authorities*, BWG, Biel (D) 2003.