

VERANKERINGEN IN AARDBEVINGSGBIED

Voor de keuze van bevestigingsmiddelen aan beton of metselwerk in aardbevingsrelevante toepassingen dient de geschiktheid van de verankering voor presteren onder seismische omstandigheden te worden beoordeeld.

Zo'n beoordeling maakt onderdeel uit van een compleet raamwerk dat bestaat uit een rekenmethode, waarin staat hoe de ankercapaciteiten dienen te worden getoetst tegen de optredende krachten¹, een beoordelingsmethode en een beoordelingsrapport per individueel anker. Om Europa-wijd een neutraal speelveld te garanderen is de rekenmethode voor heel Europa vastgelegd in de Eurocode 2 deel 4, en is ook de beoordelingsmethode centraal vastgelegd door de EOTA (European Organisation for Technical Assessment) in zogenaamde EAD's – European Assessment Documents. Voor de beoordelingen zelf wordt gebruik gemaakt van Notified Bodies die gerechtigd zijn een rapport uit te brengen van deze technische beoordeling: een European Technical Assessment document ofwel een ETA. De inhoud van deze ETA's is daarom voor producten van verschillende makelij en herkomst toch eenduidig en biedt een eerlijke weergave van de prestaties van het product.

Verankering in beton

In het geval van verankering in beton is de rekenmethode de EN1992-4, en is de technische beoordeling vastgelegd in het ETA (European Technical Assessment) rapport van het anker. In het ETA rapport worden de resultaten beschreven van de beoordeling van de technische prestaties van het anker tegen Europees vastgelegde criteria. Deze criteria liggen vast in de volgende beoordelingsrichtlijnen (EAD's – European Assessment Documents):

| | |
|--------------------|---|
| 30232-01-0601 | Mechanical fasteners for use in concrete |
| 330232-01-0601-v01 | Torque-controlled expansion fasteners for use in concrete with variable working life up to 50 years |
| 330250-00-0601 | Post-installed fasteners in concrete under fatigue cyclic loading |
| 332795-00-0601 | Bonded screw fasteners for use in concrete |
| 330499-01-0601 | Bonded fasteners for use in concrete |
| 330499-01-0601-v01 | Bonded fasteners for use in concrete - Variant for sustained tension load factor for 100 years working life |
| 330499-02-0601 | Bonded fasteners and bonded expansion fasteners for use in concrete |

In deze beoordelingsrichtlijnen is ook vastgelegd hoe het gedrag onder seismische omstandigheden dient te worden getoetst.

Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee classificeringen: C1 en C2.

In EN1992-4 is bepaald onder welke omstandigheden categorie C1 dan wel C2 dient te worden aangehouden. Over het algemeen kan worden gesteld dat Categorie C1 voor lichte bevingen en niet constructieve bevestigingen bedoeld is, terwijl in alle overige gevallen een certificatie in categorie C2 vereist is.

De beproeving die ten grondslag ligt aan de beide certificeringsklassen verschilt dan ook duidelijk. Overeenkomstig is dat men er voor beide categorieën van uitgaat, dat bij aardbeving altijd sprake is van gescheurd beton, dat de scheurwijdte groter is dan onder normale omstandigheden en dat de belasting een cyclisch karakter heeft.

Bij categorie C1 wordt echter uitgegaan van een statische scheurwijdte van 0,5mm en een in intensiteit afnemend cyclisch lastenspectrum, terwijl bij categorie C2 de scheurwijdte cyclisch met de belasting mee beweegt tussen 0,5 en 0,8 (!) mm. De belasting zwelt daarbij aan gedurende de test (elke cyclus is daarmee

¹ Voor de herkomst van de belastingen wordt verwezen naar de Eurocodes EN1990, EN1991 en voor aardbevingsgerelateerde situaties EN1998 alsmede de respectievelijke nationale bijlagen.

zwaarder dan de vorige). De eis voor reststerkte na het doorstaan van deze beproeving is voor C2 strenger dan voor C1.

Inmiddels zijn bijna alle Hilti ankertypen welke geschikt zijn voor gescheurd beton, voorzien van een C1 en/of C2 certificering voor seismische toepassing.

Voor het toetsen van de verankering in beton kan worden gebruikgemaakt van de ankerberekeningssoftware die de fabrikanten daarvoor aanbieden. Bij Hilti is dat Profis Engineering. Wordt seismische lastinvoer geselecteerd, dan worden de verankeringsmiddelen automatisch gefilterd op seismische toepasbaarheid (C1 resp. C2). De constructeur moet kiezen voor de ontwerpstrategieën volgens EN1992-4:

Optie a1) Capacity design: Maximale belasting op de verankering wordt begrensd door de capaciteit van het gemonteerde element. Bij grotere belasting vervormt het element, niet leidend tot hogere ankerbelasting. Het idee hier is dat niet het anker, maar het gemonteerde element de zwakste schakel is.

Optie a2) Elastic design: Het gemonteerde element blijft intact en geeft de aardbevingsbelasting 1-op-1 door naar de verankering.

Optie b) Ductiel design. Hiervoor moet het anker voldoende ductiliteit bieden. Dit werkt alleen voor de trek-component van de belasting en er moet worden gezorgd dat staalbezwingen nadrukkelijk het maatgevende bezwijkmechanisme is. Deze optie is alleen beschikbaar voor ankers met een C2 klassificatie en voldoende ductiliteit.

In EN1992-4 wordt onderscheid gemaakt tussen ankers mét, en zonder, gatspeling. Deze distinctie heeft uitsluitend, maar wel ingrijpende, invloed op de afschuifcapaciteit van de ankers. Wanneer er sprake is van normale gatspeling (dus een gatdiameter in de vloetplaat die voldoet aan tabel 6.1 - zie onder) kan de constructie stoten tegen de ankerstang bij het doorlopen van de gatspeling. Dit heeft een nadelig effect op de afschuifcapaciteit. Wanneer gatspeling volledig is opgeheven (bijvoorbeeld door het vullen van de gatspeling met een krimprijke mortel), treedt dit nadelige effect niet op en is de volledige C1/C2 capaciteit op afschuiving voorhanden. De reductie voor gatspeling kan oplopen tot 0,5! Reden waarom wij altijd adviseren, om aardbevingsgerelateerde verankerungen uit te voeren met een opvulset waarmee na montage van de ankers de gatspeling kan worden opgevuld.

Table 6.1 — Hole clearance

Dimensions in millimetres

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------|
| 1 | external diameter of fastener d^a or d_{nom}^b | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | > 30 |
| 2 | diameter d_t of clearance hole in the fixture | 7 | 9 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 30 | 33 | $d + 3$ or $d_{nom} + 3$ |
| ^a If bolt bears against the fixture. ^b If sleeve bears against the fixture. | | | | | | | | | | | | | | |

Vervolgens toetst de software of de ingevoerde seismische lasten kunnen worden weerstaan met de ankercapaciteiten die gelden onder seismische omstandigheden. Ten opzichte van statische belasting is daarbij de toetsing op gecombineerde belasting extra streng: de opgetelde combinatie van benutting op trek en afschuiving mag geen 1,2 bedragen zoals bij statische beoordeling, maar dient kleiner of gelijk te zijn aan 1,0.

Naast deze toetsing in UGT, vindt ook nog een toetsing in BGT plaats (of eigenlijk DLS = Damage Limitation State). Standaard wordt een verplaatsing van 3mm als toelaatbaar geacht in aardbevingsgerelateerd ontwerp, maar de constructeur kan ook handmatig een grotere of kleinere grensverplaatsing opgeven. De software toetst of de optredende verplaatsingen in BGT deze grenswaarde overtreffen.

Tot zover verankerungen in beton, waar het allemaal duidelijk en vastgelegd is.

In Groningen hebben we echter veel te maken met huizen van baksteen en kalkzandsteen, in steens of halfsteens verband. In de volgende paragraaf zullen we zien wat daarvoor is geregeld.

Verankeringen in metselwerk

Voor verankeringen in metselwerk bestaat ook een rekenmethode, welke niet is vastgelegd als deel van Eurocode 6 (Design of Masonry structures) maar in een door EOTA beheerd Techninal Report, [EOTA TR054](#). Dat is dus iets vrijblijvender. TR054 is een rekenmethode voor lijmankers en schroefankers in metselwerk ondergrond. In paragraaf 1.5 (type and direction of load) staat het volgende gespecificeerd:

„This Technical Report applies only to anchors subjected to static or quasi-static actions or seismic in tension, shear, or combined tension and shear and to anchors subject to static or quasi-static actions in bending.

Anchors featuring an ETA issued according to EAD 330076-00-0604 [1] or EAD 330076-01-0604 [6] for static and quasi-static action shall be designed according to the provisions- in section 4 or this TR. They may also be used in areas with very low seismicity as defined in EN1998-1, clause 3.2.1 [5].

*Anchors featuring an ETA issued according to **EAD 330076-01-0604-v01 [8] for seismic actions** shall be used in areas with seismicity higher than very low as defined in EN1998-1 [5]. They shall be designed according to section 6 of this TR.*

This Technical Report covers applications only where the masonry members in which the anchors are embedded are subject to static, quasi-static or seismic actions.“

Conclusie: Rekenmethode TR054 schrijft voor dat voor aardbevingsrelevante toepassingen alleen ankers mogen worden gebruikt welke zijn getoetst volgens **EAD 330076-01-0604-v01**² (Metal injection anchors for use in masonry under seismic actions).

Het Seismic design concept van TR054 gaat uit van de volgende randvoorwaarden:

- Er wordt onderscheid gemaakt tussen type A: constructieve verbindingen en type B: bevestiging van niet-dragende onderdelen aan metselwerk ondergrond.
- De toegepaste ankers zijn ook geschikt bevonden voor niet-seismische condities
- Ankerontwerp dient van een meervoudige verankering uit te gaan; enkelpunts ankerontwerp is niet toegestaan
- Alleen ankers getoetst volgens EAD 330076-01-0604-v01 zijn toegestaan.
- Het metselwerk in het gebied waar het anker is geplaatst wordt verondersteld gescheurd te zijn wanneer de seismische capaciteit wordt bepaald.
- Ankers bevinden zich niet in de kritieke gebieden van het metselwerk waar grote scheuren kunnen ontstaan tijdens een aardbeving (> 0,5mm) zoals in de diagonalen van wanden.
- Gatspeling moet worden vermeden bij aardbevingsbestendig ontwerp. Allen bij type B bevestigingen is een gatspeling vergelijkbaar aan voornoemde tabel 6.1 toelaatbaar. Reductie bij gatspeling is vergelijkbaar aan die bij verankering in beton.

Naast UGT beschouwing van de ankercapaciteit versus de optredende (rekenwaarde) belasting, vindt volgens TR054 ook een toetsing in Damage Limit State plaats, vergelijkbaar met de berekening in beton.

Hilti heeft de HIT-HY270 mortel in combinatie met ankerstangen (draadstangen) en wapeningsstaven welke is voorzien van een ETA volgens EAD 330076-01-0604-v01 ([ETA-22/395](#)). Binnen de Hilti Profis Engineering software is daarmee een seismisch design te maken en te toetsen.

² In 2023 is EAD 330076-01-0604-v01 opgenomen in een [herziene versie van EAD 330076-01-0604](#). EOTA TR054 is gepubliceerd in 2022 en derhalve nog van voor die herziening.



Conclusie

Feitelijk is dus de benaderingswijze voor verankering in beton en metselwerk dezelfde, met kleine nuanceverschillen.

Er is een rekenmethode, een beoordelingsrichtlijn en een goedkeuringsdocument (ETA) beschikbaar om de toepassing geheel mee te beschouwen.

Kleine kanttekeningen moeten daarbij wel geplaatst: Het toepassingsbereik van ETA-22/395 is beperkt. De goedkeuring is enkel geldig voor één type metselwerk. Het betreft een massieve kleibaksteen met een minimale steenafmeting van 250x120x55 en een druksterkte van 18N/mm². Voor overige ondergronden is vooralsnog geen goedkeuring voorhanden. Maar dat zal snel veranderen, is de verwachting.

We zien in ETA-22/395 voor HIT HY270 onder seismische condities grofweg een halvering van de uittrekwwaarden welke onder statische omstandigheden golden.

Het gedrag in andere typen metselwerk zal waarschijnlijk in grote lijnen vergelijkbaar zijn, al is op die aanname moeilijk een ontwerp te baseren.

Het is aan de constructeur om hier op verantwoorde wijze mee om te gaan. Hij/Zij kan ofwel een grote veiligheid in acht nemen, ofwel een ontwerp maken waarbij er van uit wordt gegaan dat het metselwerk, eenmaal gescheurd, geen capaciteit meer heeft. Bij het ontwerp moet dan een grote redundantie bestaan zodat er altijd voldoende ankers in ongescheurde zones resteren of het ontwerp moet zodanig zijn dat ankers zich niet bevinden op plaatsen waar scheurvorming wordt verwacht.

Maart 2024

Ir. C.A. Arendsen (Niels)

BIM Lead Engineer | Application consultant

Hilti Nederland BV

Leeuwenhoekstraat 4 | 2652 XL Berkel en Rodenrijs
Postbus 92 | 2650 AB Berkel en Rodenrijs

T +31(0)10 519 11 11 | M +31(0)6 461 85 081

E niels.arendsen@hilti.com

www.hilti.nl