

Tevreden met de status quo?

Onderzoek naar invloedsfactoren op constructieve veiligheid

Terwel, Karel

Publication date

2014

Document Version

Final published version

Published in

Cement: vakblad voor de betonwereld

Citation (APA)

Terwel, K. (2014). Tevreden met de status quo? Onderzoek naar invloedsfactoren op constructieve veiligheid. *Cement: vakblad voor de betonwereld*, 2014(7), 62-67.

Important note

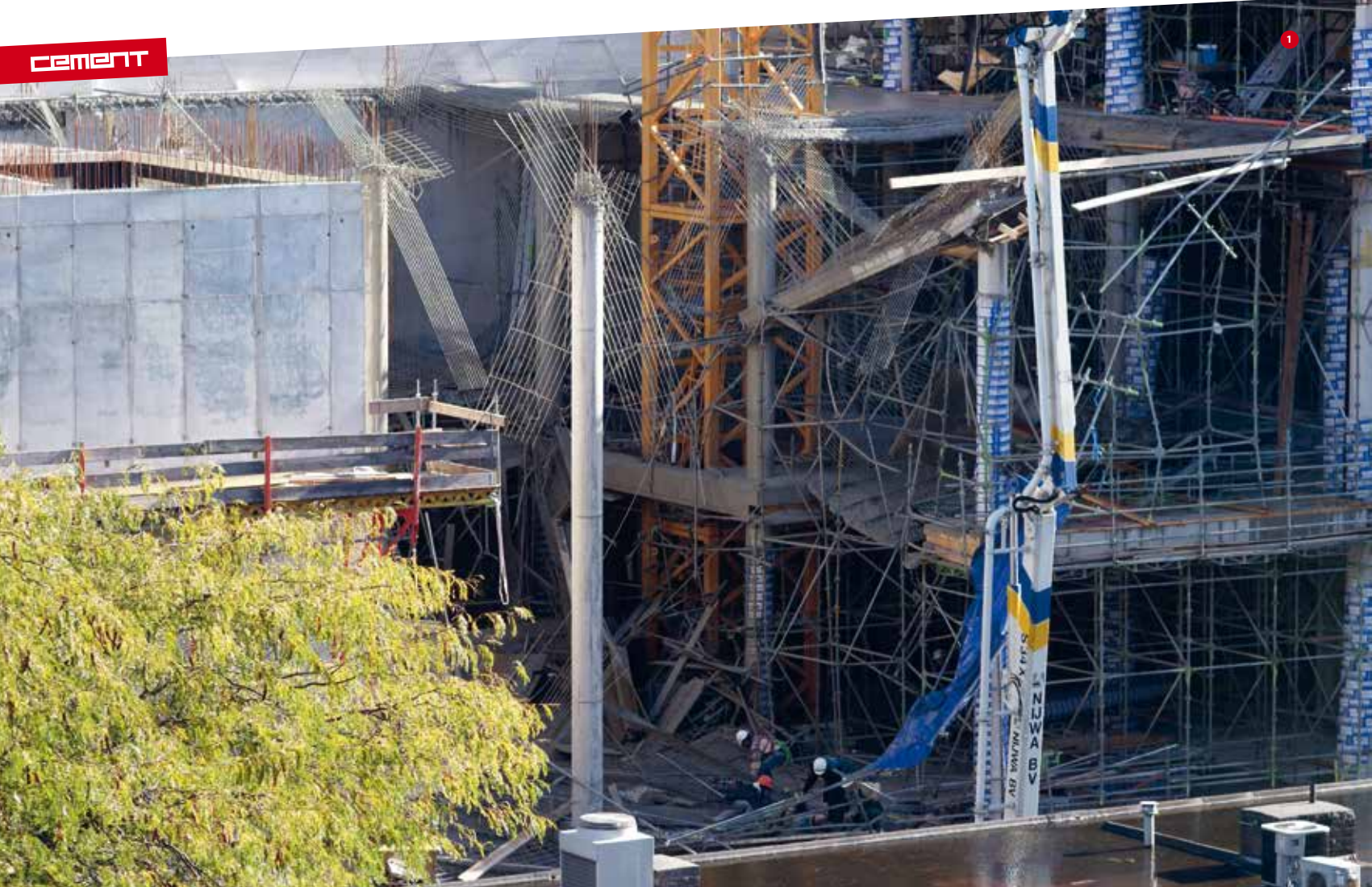
To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Onderzoek naar invloedsfactoren op constructieve veiligheid

Tevreden met de status quo?

Constructieve veiligheid is onder constructeurs een aansprekend begrip. We vinden het allemaal belangrijk en hebben er ook allemaal een mening over, zeker als er met zekere regelmaat een construc-

tie bezwijkt. In een promotieonderzoek aan de TU Delft is onderzocht wat constructieve veiligheid precies inhoudt, hoe het in Nederland hiermee is gesteld en wat de beïnvloedende factoren zijn.

dr.ir. Karel Terwel
TU Delft, fac. CITG/
Coenraedt b.v.

1 Tijdens het storten van de derde verdiepingvloer van de B-Tower in Rotterdam in 2010, bezweek de ondersteuningsconstructie
foto: Marijke Komna

2 In 2011 stortte ten gevolge van corrosie een deel van de galerij van de Antillenflat in Leeuwarden in
foto: Anton Kappers / Novum

Promotie

Karel Terwel is met zijn proefschrift 'Structural Safety: study into critical factors in the design and construction process' gepromoveerd aan de TU Delft, faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen. Hij werd begeleid door promotoren prof.dipl.-ing. J.N.J.A. Vamberský en prof.ir. A.C.W.M. Vrouwenvelder. Het proefschrift is te downloaden op repository.tudelft.nl.



2

Definitie constructieve veiligheid

Constructieve veiligheid kan worden gedefinieerd als 'de afwezigheid van onacceptabel risico door constructief falen van een constructie of een deel ervan'. Constructief falen wordt meestal geassocieerd met een situatie waarin het effect van de belastingen groter is dan de weerstand van een constructie. Risico is de kans op een bedreigende gebeurtenis (zoals falen) maal de gevolgen ervan. Volgens Eurocode 0 (o.a. art. 3.3), kan het gaan om gevolgen voor de constructie (grote schade) of voor personen (individueel risico).

De rekenregels zoals opgenomen in de Eurocode, zijn erop gericht om de kans op falen van (een deel van) de constructie tot een acceptabel niveau te beperken. Voor het individuele risico, hier beschouwd als de jaarlijkse kans op overlijden van een individu door constructief falen, stelt Eurocode zelf geen grenzen. In overige regelgeving worden wel grenzen gesteld aan individuele risico's. Zo is de grens voor het individuele risico voor externe gevaren (bijvoorbeeld transport van gevaarlijke stoffen) in Nederland gesteld op 10^{-6} per jaar. Het individuele risico geassocieerd met de gevolgen van overstromingen moet kleiner zijn dan 10^{-5} per jaar.

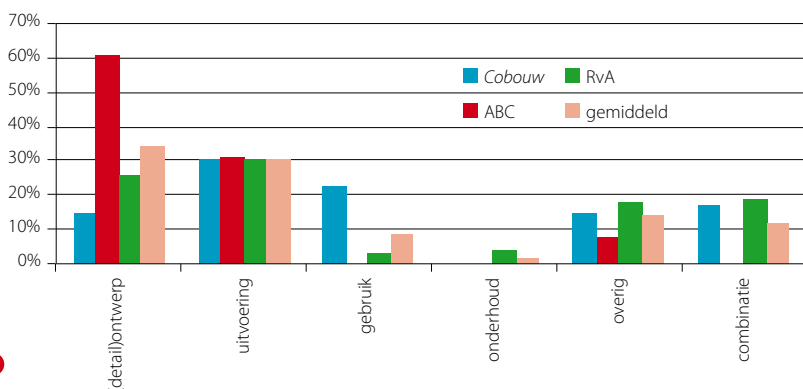
In tegenstelling tot de Eurocode, is in de basis van NEN 8700 voor bestaande constructies (met functie wonen) wel een jaarlijks geaccepteerde kans op overlijden aangehouden: 10^{-5} per jaar. Ook al is deze grens discutabel en zouden risico's op over-

lijden as low as reasonably practicable (ALARP) moeten zijn, toch is het zinvol om deze grens te hanteren. Zo kan worden bepaald of de constructieve veiligheid in Nederland op een acceptabel niveau is.

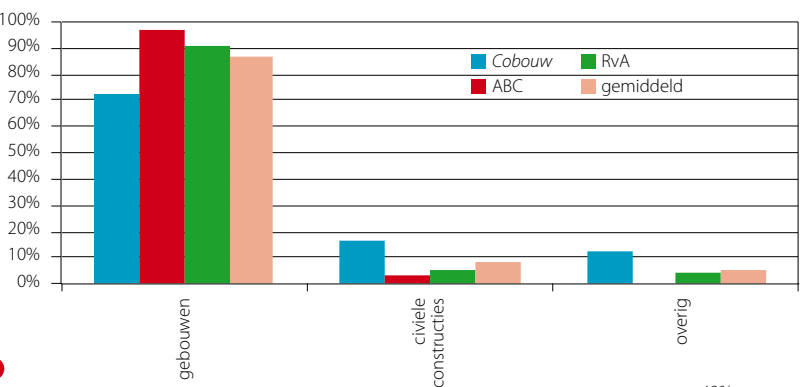
Acceptabel niveau

Nu rijst de vraag: kan worden gezegd dat er in Nederland een acceptabel niveau van constructieve veiligheid is? Dit is onderzocht door voor de periode 1993-2009 in Cobouw na te gaan hoeveel dodelijke slachtoffers door constructief falen werden gemeld. Het blijkt om drie slachtoffers onder bewoners te gaan, wat een individueel risico betekent van: 3 slachtoffers / (17 jaar · 16,1 miljoen inwoners) = $1,1 \cdot 10^{-8}$ per jaar. Dit risico valt ruim binnen de (arbitraire) grens van $1 \cdot 10^{-5}$ per jaar. Naast slachtoffers die vallen tijdens het gebruik van bouwwerken voor bewoning, kan ook worden gekeken naar werkgerelateerde slachtoffers door constructief falen. Om hier inzicht in te krijgen werd de Storybuilder database van de arbeidsinspectie geraadpleegd (www.rivm.nl). Er blijken jaarlijks circa vier personen in de bouw om te komen door constructief falen tijdens werk. Met een populatie van 493 000 werkende mensen in de bouw (CBS) geeft dat een individueel risico van $4 / 493\ 000 = 8 \cdot 10^{-6}$ per jaar. Dit getal blijft nog net onder de discutabele grens van $1 \cdot 10^{-5}$, maar in lijn met de Arboret

- 3 Fase waarin de oorzaak van het falen is gelegen
- 4 Schadegevallen naar type constructie
- 5 Schadegevallen naar materiaal
- 6 Schadegevallen naar bouwdeel



3



4

moet worden gestreefd naar een ALARP-niveau. Hier is dus verbetering mogelijk en nodig.

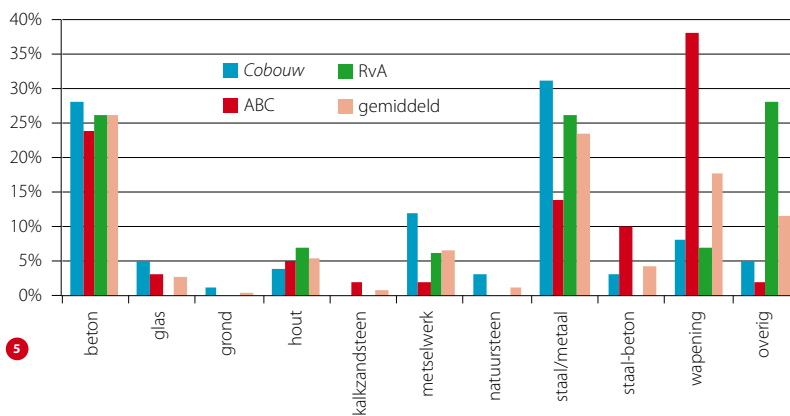
Volgens de Eurocode heeft veiligheid niet alleen te maken met de afwezigheid van gevaar, maar ook met de afwezigheid van grote schade (kosten). Er wordt ingeschat dat de jaarlijkse faalkosten in de bouw circa 10% van de bouwomzet bedragen, wat neerkomt op €5 miljard per jaar. Wanneer wordt ingeschat dat 20% hiervan met constructieve faalkosten heeft te maken dan gaat dat om €1 miljard per jaar. Een hoog bedrag, waarbij nog veel winst is te behalen.

Oorzaken

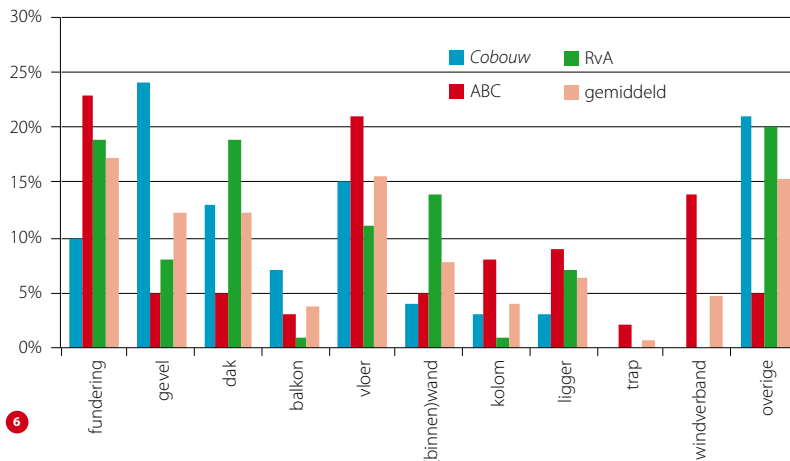
Om winst te kunnen halen met verbetering van constructieve (on)veiligheid, is het nodig te weten waar de oorzaken van schadegevallen in gelegen zijn. Hiervoor zijn in totaal 741 schadegevallen en bijna-schadegevallen (near misses) geanalyseerd in de periode van circa 1990-2010. Deze gevallen zijn gemeld bij ABC meldpunt (een vertrouwelijk meldpunt voor bouwfouten) en zijn behandeld door de Raad van Arbitrage [1] of gemeld in *Cobouw*. Uit deze analyse komen een aantal in het oog springende uitkomsten.

In de eerste plaats blijkt dat ongeveer 90% van de schadegevallen en near misses kan worden toegeschreven aan menselijke fouten, waarvan het merendeel in ontwerp en/of uitvoering. Wordt ingezoomd op de oorzaak van het falen dan blijkt dat deze ongeveer even vaak is gelegen in de ontwerpfase als in de uitvoeringsfase (fig. 3 [2]). Dit betekent dat aannemers niet kunnen volhouden dat schade altijd ontstaat doordat ingenieurs een niet-uitvoerbare constructie hebben ontworpen. Maar het betekent ook dat constructeurs niet kunnen beweren dat schade meestal optreedt doordat aannemers hebben lopen aanmodderen.

Verder blijkt uit de analyse van schadegevallen dat sommige typen constructies gevoeliger zijn voor schade dan andere (fig. 4). Het blijkt dat gebouwen gevoeliger zijn voor falen dan civieltechnische constructies, omdat 85% van de (bijna-) schadegevallen gebouwen betreft terwijl gebouwen goed zijn voor slechts 74% van de jaarlijkse bouwomzet (verwachtingen EIB voor 2012). Een mogelijke reden is dat de complexiteit van gebouwen vaak hoger is door de vele betrokken disciplines. Een andere reden kan zijn dat er bij infrastructuur slechts een beperkte hoeveelheid, merendeels professionele, opdrachtgevers is.



5



6

Daarnaast lijkt falen bij staalconstructies relatief vaker voor te komen dan bij betonconstructies, ervan uitgaande dat er meer constructies in beton worden uitgevoerd (fig. 5). Echter een ferme conclusie is op basis van de geanalyseerde schadegevallen niet mogelijk. Het is mogelijk dat betonconstructies beter in staat zijn tot herverdeling van krachten en duidelijker waarschuwen voor aankomende schade, maar dit verdient nadere studie. Ten slotte blijken horizontale elementen vaak gevoeliger voor falen dan verticale elementen, wanneer wordt aangenomen dat er ongeveer evenveel verticale als horizontale elementen in een bouwwerk aanwezig zijn (fig. 6). Waarschijnlijk komt dit doordat bij horizontale elementen de maatgevende krachten vaak bestaan uit momenten en niet uit normaalkrachten die rechtstreeks naar de fundering gaan.

Beïnvloedende factoren

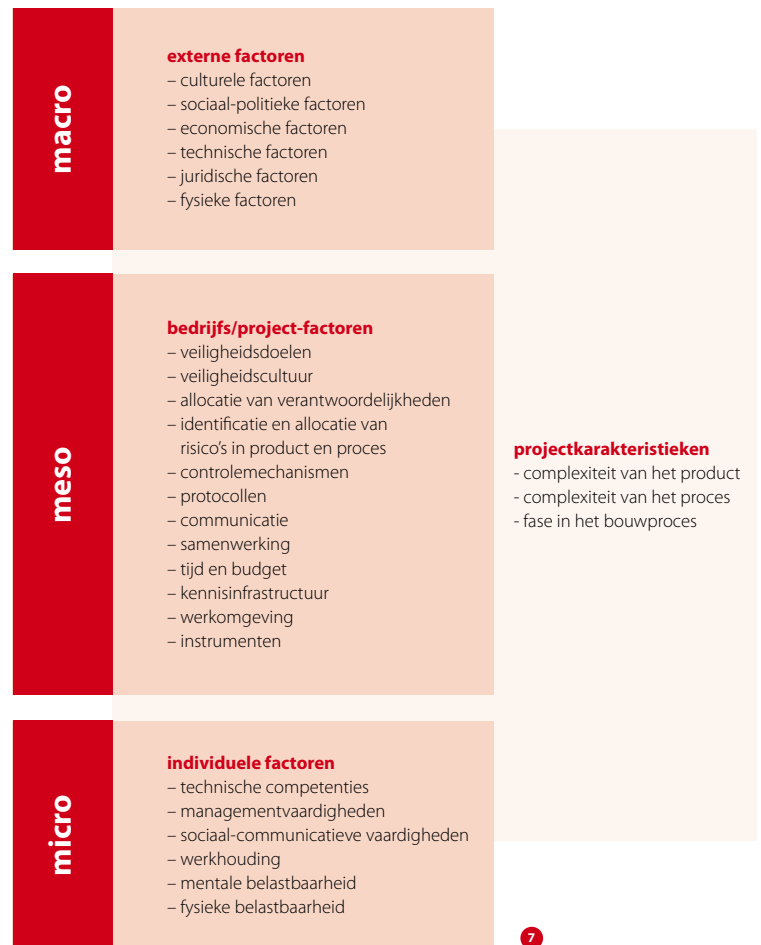
Omdat duidelijk is dat de meeste schadegevallen al in de ontwerp- en uitvoeringsfase worden veroorzaakt door menselijke fouten, is het nuttig om na te gaan welke factoren in het ontwerp- en uitvoeringsproces van invloed zijn op constructieve veiligheid.

Kennis uit organisatie- en veiligheidkunde is gebruikt om een lijst op te stellen met mogelijke factoren die constructieve veiligheid zouden kunnen beïnvloeden. Analoog aan de niveaus die al door het Platform Constructieve Veiligheid werden gebruikt [3], is een driedeling voorgesteld met factoren op macroniveau (land of sector), mesoniveau (project of bedrijfsniveau) en microniveau (individueel niveau). Daarnaast is ervan uitgegaan dat projectkarakteristieken als omvang en type van het project, van invloed kunnen zijn op de borging van veiligheid. Figuur 7 geeft het totaaloverzicht van factoren die van invloed kunnen zijn op constructieve veiligheid. De volgende vraag komt nu naar voren: op welke manier beïnvloeden deze factoren constructieve veiligheid en welke factoren zijn het meest van belang?

Macroniveau

Uit literatuurstudie blijkt dat van de in figuur 6 genoemde factoren op macroniveau, culturele, technische en juridische factoren als meest bedreigend worden beschouwd.

Bij *culturele factoren* wordt breed onderkend dat de Nederlandse focus op laagste prijs in combinatie met een krappe tijdsplanning, een risico is voor constructieve veiligheid. Daarnaast zijn er zeer veel (gespecialiseerde) partijen bij de bouw betrokken, met fragmentatie en bijbehorende coördinatieproblemen tot gevolg. Verder is een reactieve cultuur waargenomen; er wordt pas gereageerd zodra er iets is misgegaan. Met betrekking tot de *technische factoren* is gesteld dat de aansluiting van met name het hoger onderwijs op de constructeurspraktijk te wensen overlaat [4]. Daarnaast bleek uit de



analyse van diverse schadegevallen, dat de kennis die nodig was om het falen te voorkomen meestal wel bekend was binnen de sector, maar niet altijd bij de personen die bij het schadegeval waren betrokken.

Bij *juridische factoren* is genoemd dat de aansprakelijkheid van Nederlandse constructeurs laag is in vergelijking met constructeurs in andere landen. Tot voor kort werd die aansprakelijkheid meestal beperkt tot de hoogte van het honorarium. Met De Nieuwe Regeling 2011 (DNR 2011) wordt al wel de mogelijkheid gegeven deze beperking te verminderen. Maar het neemt niet weg dat constructeurs een relatief grote verantwoordelijkheid dragen/voelen zonder dat ze hier in de praktijk altijd voor aansprakelijk zijn.

De genoemde punten op macroniveau kunnen invloed hebben op alle bouwprojecten in Nederland. Verbetering hiervan vergt een cultuurverandering, die zowel van bovenaf (overheid en opdrachtgevers) als van onderaf (mensen op de werkvloer) moet plaatsvinden.

Ongeval B'Tower

Op 21 oktober 2010 werd de derde verdiepingvloer van de B'Tower in Rotterdam gestort (foto 1). Omdat er een vide zat onder deze vloer, had de onderstempelingsconstructie een hoogte van circa 11,5 m. Tijdens het storten van de vloer bezweek de ondersteuningsconstructie, waarbij vijf personen gewond raakten. De Onderzoeksraad Voor Veiligheid (OVV) achterhaalde dat de montageploeg werkte met slechts één aanzicht van de constructieve tekening van de onderstempelingsconstructie. Hierdoor ontbrak in één richting een groot deel van de stabiliteitsschoren. Ook al waren er diverse controles, deze tekortkoming werd niet opgemerkt of er werd onvoldoende gevolg gegeven aan gemaakte waarschuwingen. Tevens werd er per abuis van uitgegaan dat een laatste opleveringscheck was uitgevoerd. Als belangrijke onderliggende factoren van dit ongeval kunnen op basis van het rapport van de OVV worden genoemd: vermoedelijk onvoldoende technische competenties van de montageploeg, onduidelijke verantwoordelijkheid voor de constructie, onvoldoende risicomanagement en niet-effectieve controle. (bron: 'Instorting verdiepingvloer B'Tower Rotterdam', Onderzoeksraad Voor Veiligheid, Den Haag, 2012)

Meso- en microniveau

Voor de factoren op meso- en microniveau is voor drie goed gedocumenteerde schadegevallen nagegaan op welke manier de genoemde factoren een bijdrage kunnen hebben geleverd aan het falen. Dit waren het Bos en Lommerplein in Amsterdam, B'Tower in Rotterdam (zie kader) en het FC Twente Stadion in Enschede. Uit de analyse bleek dat circa 80-90% van de factoren van invloed kan zijn geweest.

Kritieke factoren

Het is de vraag welke factoren uit figuur 7 nu speciale aandacht behoeven om te voorkomen dat schadegevallen optreden. Deze vraag is niet alleen te beantwoorden door het analyseren van schadegevallen, want mogelijk beïnvloedende factoren zoals een krap budget of strikte tijdsplanning komen ook bij goed verlopen projecten voor.

Om te bepalen welke factoren het verschil maken tussen een succesvol en minder succesvol project qua constructieve veiligheid, is een enquête gehouden onder meer dan 200 ervaringsdeskundigen binnen de Nederlandse bouw. Gevraagd werd om wat betreft constructieve veiligheid een goed en een minder goed verlopen project in gedachten te nemen en daarvoor op

een schaal van 1-5 aan te geven in hoeverre een bepaalde meso- of microfactor aanwezig was. Er werd een verschilscore bepaald door de gemiddelde score voor een factor bij een minder succesvol project, af te trekken van de gemiddelde score voor dezelfde factor bij een succesvol verlopen project. De factoren met de grootste verschillen (verschilscore >1,0) werden beschouwd als de kritieke factoren voor veiligheid (tabel 1). Ter controle werd ook gevraagd welke drie mesofactoren volgens de deskundigen van het grootste belang waren voor de borging van constructieve veiligheid.

Uit beide analyses blijkt dat de kritieke factoren op projectniveau zijn te vinden, in de interactie tussen verschillende partijen. De kritieke factoren blijken te zijn: veiligheidscultuur, communicatie en samenwerking, allocatie van verantwoordelijkheden, risicomanagement, controle en kennisinfrastructuur.

Negen regels

Voor de borging van constructieve veiligheid is het goed om te weten welke factoren kritiek zijn. Maar waar moet nu op worden gelet bij de uitvoering van projecten? Als eerste aanzet is een lijst van negen regels opgesteld, afgeleid van de kritieke factoren die nodig zijn voor verbetering van constructieve veiligheid in projecten:

- 1 houd het simpel;
- 2 stel voldoende middelen en geschikte mensen beschikbaar in relatie tot de moeilijkheid van het project;
- 3 maak een volledige lijst van taken en verantwoordelijkheden en beleg die allemaal;
- 4 zorg voor een kundige hoofdconstructeur en maak deze bevoegd en verantwoordelijk;
- 5 streef repeterende vormen van samenwerking na;
- 6 ontwikkel veiligheidsbewustzijn;
- 7 zorg voor effectieve uitwisseling van informatie en kennis;

Tabel 1 Belangrijkste factoren voor borging constructieve veiligheid [5]

belangrijkste projectfactoren conform verschilmethode (gemiddelde verschilscore)	belangrijkste factoren conform top 3 methode (aantal stemmen)
samenwerking (1,33)	risicoanalyse (115)
communicatie (1,22)	controle (93)
controle (1,21)	verantwoordelijkheidsverdeling (89)
risicoanalyse en allocatie (1,18)	veiligheidscultuur (71)
verantwoordelijkheidsverdeling (1,14)	samenwerking (64)
veiligheidscultuur (1,13)	budget (50)
kennisinfrastructuur (1,08)	kennisinfrastructuur (42)
(wijzigings) protocollen (0,89)	tijd (38)
veiligheidsdoelen (0,77)	veiligheidsdoelen (37)
budget (0,73)	communicatie (36)
tijd (0,70)	(wijzigings)protocollen (12)
instrumenten (0,38)	instrumenten (7)
werkomgeving (0,30)	werkomgeving (1)



8 In 2006 bezweek het dak van de kunstijsbaan in Dab Reichenhall onder het gewicht van een laag sneeuw
foto: AP Photo / Dieter Endlicher

Themanummer robuustheid

Mede op basis van de in dit artikel genoemde belangrijkste projectfactoren, komt er in het voorjaar van 2015 een themanummer van *Cement* over robuustheid. Voor meer informatie over dit nummer kunt u contact opnemen met Jacques Linssen, j.linssen@aeneas.nl, 0411 650085.

8

- 8 implementeer effectief risicomanagement van proces en product en baseer daar de controle op;
- 9 ondersteun nationale initiatieven op het gebied van constructieve veiligheid en neem deze waar mogelijk contractueel op.

Dit zijn merendeels geen compleet nieuwe inzichten, al blijkt het in de praktijk lastig ze consequent toe te passen.

Discussie

Het onderzoek heeft een bevestiging gegeven van de inzichten die velen in de bouw al in hun onderbuik aanvoelden. Toch blijven er nog diverse vraagstukken over.

In de eerste plaats blijft het de vraag hoe het toch komt dat zaken mis gaan. De meeste mensen gaan niet naar hun werk om fouten te maken en toch gebeurt het. In de bouw kom je vele mensen tegen die werkelijk zijn gemotiveerd een mooi bouwwerk neer te zetten en toch gaan er zaken mis. Er kunnen twee gedachten meespelen. Allereerst is er het verhaal van de kikker in kokend water. Het schijnt dat als je een kikker in kokend heet water stopt, hij er in één keer uitspringt. Wanneer je echter de kikker in koud water stopt en dit langzaam verhit, heeft de kikker het niet door en zal hij het uiteindelijk niet overleven. Dit kan ook het geval zijn met allerlei goedwillende

personen die in de bouw gaan werken; in de loop van de tijd worden gebruiken normaal gevonden als even een bochtje afsnijden of even een controle laten zitten. Iemand wordt onderdeel van een systeem dat niet bevorderlijk is voor veiligheid.

Gedachte twee is die van de tegenstrijdige belangen. Tegenover het belang om iets goeds te maken, staat het belang van winstmaximalisatie bij zo gering mogelijke inspanning. In de katholieke kerk werd in dit verband al gesproken over de zeven hoofdzonden zoals gierigheid, luiheid en hoogmoed. Deze kunnen ook in de bouw een bedreiging vormen voor veiligheid.

In de tweede plaats blijkt uit het onderzoek dat door constructief falen de afgelopen 20 jaar – gelukkig – relatief weinig slachtoffers zijn gevallen. Het ging om circa vijf slachtoffers per jaar, terwijl naar schatting circa duizend mensen per jaar overlijden door verkeerde behandeling in ziekenhuizen. Moeten we dan al onze energie gebruiken voor betere behandeling in ziekenhuizen en het terugdringen van het aantal verkeersslachtoffers en het niveau van constructieve veiligheid in Nederland als een status quo beschouwen? Dat lijkt niet verstandig. Er zijn namelijk vele redenen om te werken aan constructieve veiligheid. Een greep daaruit:

- Door te werken aan constructieve veiligheid kunnen faalkosten worden gereduceerd en kan de winstmarge worden vergroot;
- Ongevallen zijn verschrikkelijk en het is onze verantwoordelijkheid om het risico hiervan terug te brengen tot een ALARP-niveau;
- Veel mensen willen kwaliteit leveren. Wanneer dit wordt gestimuleerd vanuit leidinggevend, kunnen mensen nog trotser zijn op hun bouwprojecten.

Het is daarom wenselijk dat constructieve veiligheid de komende jaren aandacht blijft krijgen, bijvoorbeeld door constructief risicomanagement een betere plaats te geven in de Eurocode. Het is nog geen tijd om tevreden te zijn met de status quo. ☒

● LITERATUUR

- 1 Boot, W.F., Terwel, K.C., Constructieve schade. *Cement* 2010/8.
- 2 Terwel, K.C., Boot, W.F., Nelisse, R.M.L., Structural unsafety revealed by failure databases. *Forensic Engineering*, Volume 167, Issue 1 February 2014, ICE, pp. 16-26.
- 3 Falende constructies: case-onderzoek naar structurele oorzaken van falen en maatregelen die dat tegengaan. CUR Bouw & Infra, 2010.
- 4 Hermens, M., Terwel, K.C., Aandacht voor constructieonderwijs. *Cement* 2012/8.
- 5 Terwel, K.C., Jansen S.J.T., Critical factors for structural safety in the design and construction phase. *Journal of performance of constructed facilities*, 2014, ASCE.