

Functiebehoud sanitaire installaties bij aardbevingen in Japan

Als onderdeel van het TVVL ST-beleidsplan wordt door de Expertgroep Sanitaire Technieken deelgenomen aan het jaarlijkse CIB-W062 symposium. CIB staat voor International Council for Research and Innovation in Building and Construction. Het congres dient om wereldwijd kennis uit te wisselen op het gebied van sanitaire installaties. In augustus 2016 organiseerde de universiteit van Kosice in Slowakije het symposium. Deelnemers uit verschillende landen presenteerden de resultaten van hun onderzoek. K. Yagasaki heeft tezamen met anderen onderzocht hoe tijdens aardbevingen de schade aan leidingen van sanitaire installaties kan worden beperkt [1].

K. Yagasaki, Graduate student aan de Kogakuin universiteit, Japan
Vertaling en bewerking: W.G. (Walter) van der Schee, Croonwolter&dros te Amersfoort/
TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken en W.J.H. (Will) Scheffer, TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken

Het noorden van Nederland wordt de laatste jaren opgeschrikt door aardbevingen veroorzaakt door de jarenlange winning van aardgas uit de Groningse bodem. Deze aardbevingen leiden tot schade aan gebouwen en om de gevolgen voor de gebouwen te beperken worden de gebouwen aardbevingbestendig gemaakt. In Japan heeft men al jarenlang ervaring met aardbevingen en met het beperken van de schade aan gebouwen. Gebouwen van honderden meters hoog in Tokyo en daar buiten blijven tijdens een aardbeving overeind staan. Maar hoe gaan technici in Japan om met de risico's van en door watervoerende installaties?

FUNCTIEBEHOUD

De laatste aardbevingen in Japan veroorzaakten vrijwel geen schade aan de bouwkundige

constructie, echter de werktuigkundige installaties vertonen na afloop grote schade ten gevolge van de seismische bewegingen van de bodem. Hieruit blijkt dat de werktuigkundige installaties in de gebouwen snel door een aardbeving worden aangetast.

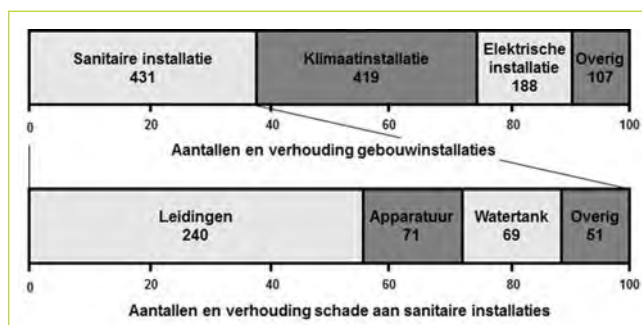
De sanitaire installaties, bestaande uit de drinkwaterinstallatie en gebouwriolerings, alsmede de sprinklerinstallatie, vervullen een belangrijke rol binnen het gebouw uit oogpunt van hygiëne en veiligheid. De onderzoekers van de Kogakuin universiteit beschouwen deze installaties anders dan de overige installaties en stellen dat sanitaire- en sprinklerinstallaties in geval van een aardbeving functiebehoud moeten tonen. In de toekomst worden zware aardbevingen verwacht in stedelijke omgeving met veel hoogbouw. Men heeft zich ten doel gesteld het seismisch risico van de gebouwen

met installaties te analyseren en de eigenschappen van installaties tijdens aardbevingen te verbeteren zodat na een aardbeving de kans dat de sanitaire installaties in hoogbouw blijven functioneren toeneemt. Uit het onderzoek komt een aantal zwakke punten in de installaties naar voren. Voor het onderzoek maakt men gebruik van een model van sanitaire installaties ontwikkeld op de Shinjuku campus van de Kogakuin Universiteit.

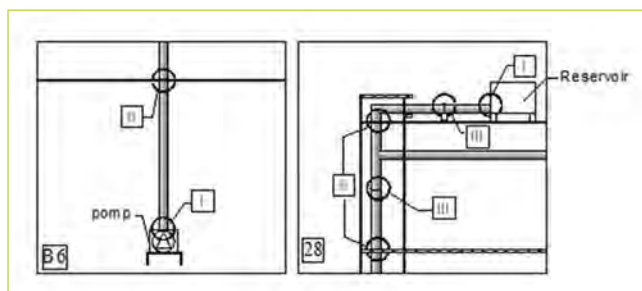
OOST JAPAN AARDBEVING

Op 11 maart 2011 schudt de bodem voor de noordoostkust van Japan langdurig en hevig. Een beving met een moment-magnitude van 8.9 zet de zeebodem en daarmee ook het water dat er bovenop ligt in beweging. Op ruim 370 kilometer afstand voelt men in Tokyo een stevige beving. Sendai in het noordoosten is

het meest beschadigd, al valt de schade door de beving zelf mee. Deze aardbeving is aanleiding voor een onderzoek naar functiebehoud van installaties in gebouwen. Figuur 1 toont de gerapporteerde schades aan gebouwinstallaties met een onderverdeling naar sanitaire installaties (inclusief sprinklerinstallatie), klimaatinstallaties en elektrotechnische installaties. De sanitaire installaties zijn verantwoordelijk voor de grootste schade. En binnen de sanitaire installaties blijken leidingssystemen de zwakste schakel, wat de gevoeligheid van de watertoevoer aangeeft. Het aandeel van schades veroorzaakt door de sanitaire installaties bedraagt 56% in verhouding tot de andere installaties. Dat is de reden dat het ontwerpen van een aardbevingbestendig leidingnet voor drink- en bluswater aandacht behoeft om de betrouwbaarheid na een aardbeving te verbeteren.



-Figuur 1- Schades ten gevolge van gebouwinstallaties in aantallen en naar verhouding



-Figuur 2- Montagepunten van de sprinklerleidingen in het computermodel

GEVOLGEN AARDBEVING

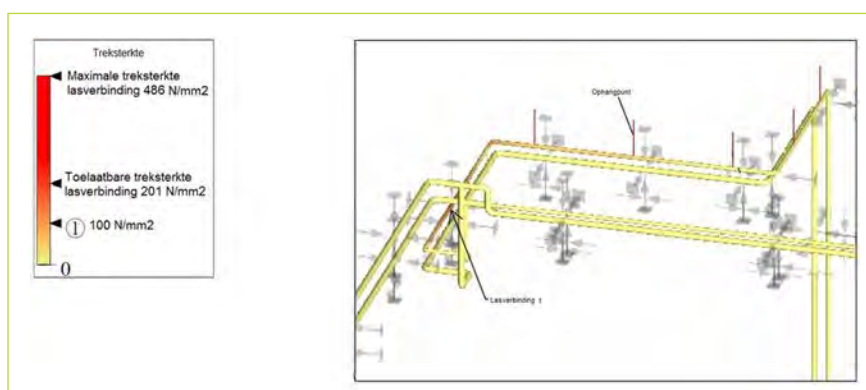
Beschrijving sanitaire installaties

Voor het onderzoek gebruikt men een gebouw met 29 bouwlagen bovengronds en 6 bouwlagen ondergronds (kelder). De watertoevoer is ontworpen als zwaartekracht systeem met een reservoir op het dak. Pompen in de kelder transporteren het water naar drie verschillende reservoirs op de hooggelegen verdiepingen. Vanaf de reservoirs stroomt het water naar de tappunten op lager gelegen bouwlagen. Voor het leidingnet zijn twee materialen gebruikt; roestvast staal en stalen buis voorzien van PVC binnenlaag.

Het afvalwater van de bovengrondse bouwlagen stroomt door de zwaartekracht naar het openbaar riool en het afvalwater in de kelders wordt via een pompput onder druk op het openbaar riool geloosd. De afvoerleidingen zijn van roestvast staal. De sprinklerinstallatie bestaat uit pompen in de kelder en op de 16e bovengrondse bouwlaag en op het dak bevindt zich een reservoir. De brandblusleidingen zijn van standaard staal.

Analyse van de seismische beweging

Voor de simulatie van de aardbevingsgolf gebruiken de onderzoekers een trilling die overeenkomt met de trilling van de Oost Japan Aardbeving. De maximale optredende versnelling is groter dan de versnelling die standaard gebruikt wordt om de bouwkundige constructie van het gebouw te ontwerpen. Om de aardbevingsbestendigheid van de sanitaire installaties te analyseren maakt men gebruik van het software pakket AutoPIPE van Bentley Systems. Dit software pakket biedt de mogelijkheid de treksterkte in leidingen en verbindingen van leidingssystemen te berekenen. Voor de numerieke analyse is een aantal



-Figuur 3- Treksterkte in de drinkwaterleiding op het dak bij het reservoir

randvoorwaarden vastgesteld gebaseerd op de werkelijke leidingaanleg in het gebouw, zie figuur 2. Bij de pompstelling in kelder 6 heeft de verticale leiding vaste punten bij de pomp (I) en de vloerdoorvoering (II). Op de bovenste bouwlagen nabij het sprinklerreservoir heeft de leiding vaste punten bij het reservoir (I) en de vloerdoorvoeringen (II). Een standaard beugel (III) is gebruikt in de schacht en op het dak.

Voor de montage van de horizontale sprinklerleiding zijn in de numerieke analyse eveneens randvoorwaarden opgenomen. De leiding heeft vaste punten in de wanddoorvoering van het compartiment. Het draadeind van de ophanging is met een kogelscharnier flexibel gemonteerd aan de betonnen vloer en de pijpbeugel is flexibel verbonden met een ophangstrop aan de leiding.

EIGENSCHAPPEN

Drinkwaterleiding

Met de numerieke analyse is de treksterkte in de buis van het drinkwater te berekenen. Figuur 3 toont de uitkomsten uit de numerieke

analyse van een detail van het leidingwerk. De kleur van de buis in de figuur is een maat voor de treksterkte; rood geeft een hoge waarde aan en geel een lage waarde. De maximale treksterkte (100 N/mm²) treedt op in de lasverbinding van de watertoevoerleiding op het dak; deze treksterkte bedraagt circa 50% van de toelaatbare treksterkte (201 N/mm²) voor een roestvast stalen leiding met gelaste verbindingen. De numerieke analyse toont de hoge seismische eigenschappen van het leidingmateriaal. De lasverbinding in de roestvast stalen leiding weerstaat de krachten die er op worden uitgevoerd en bezwijkt niet.

Afvoerleiding

In de afvoerleiding treedt de maximale treksterkte (13 N/mm²) op in een lasverbinding op de 7e bovengrondse bouwlaag. Deze waarde blijft met 5% ruim onder de maximaal toelaatbare waarde (201 N/mm²) voor roestvast stalen buis met gelaste verbindingen. De roestvast afvoerleiding zal niet bezwijken.

Sprinklerleiding is kwetsbaar

Uit de numerieke analyse blijkt dat de grootste treksterkte (11 N/mm^2) optreedt in de verticale sprinklerleiding. De plaats is een lasverbinding bij de aftakking van de verticale naar de horizontale leiding. De treksterkte komt overeen met 10% van de toelaatbare treksterkte (112 N/mm^2) voor standaard metalen leidingen met schroefdraadverbindingen. Ten gevolge van deze lage treksterkte zal deze metalen leiding met schroefdraadverbindingen niet tot schades leiden.

De uitkomsten voor de horizontale sprinklerleidingen zijn zorgwekkender. De grootste treksterkte van 126 N/mm^2 (1) treedt op bij de schroefdraadverbinding van een aftakking, zie figuur 4. Deze treksterkte overschrijdt met 168% ruim de toelaatbare treksterkte van 75 N/mm^2 voor een schroefdraadverbinding. Op twee andere plekken in het leidingnet bedraagt de treksterkte 32 N/mm^2 (2) en 13 N/mm^2 (1). Uit de numerieke analyse blijkt dat de horizontale sprinklerleiding met schroefdraadverbindingen het meest kritische onderdeel van de onderzochte installaties is tijdens aardbevingen. Met kansberekeningen hebben de onderzoekers berekend dat met de standaard manier van monteren de kans op schade 85% bedraagt.

KANS OP SCHADE

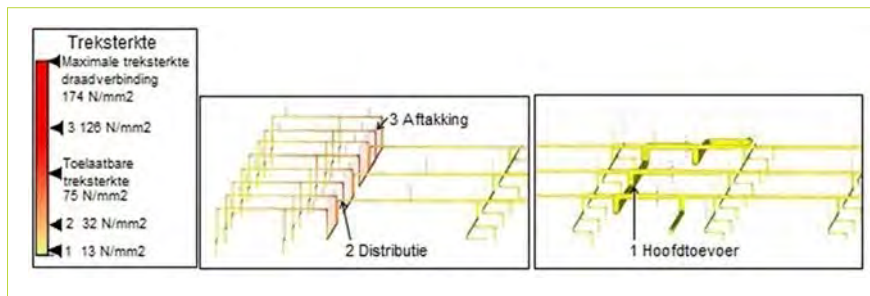
De onderzoekers hebben een verbetering bedacht voor de ophanging van de horizontale leiding. Deze is verstevigd opgehangen door de leiding naar twee zijden met draden fixeren, zie figuur 5. Hierdoor wordt bij een beweging van het gebouw uitslag van de leiding voorkomen, de leiding beweegt mee met het gebouw en ten opzichte van de leiding in de schacht neemt de optredende kracht op de verticale leiding af. Men heeft in het numerieke analysemodel acht ophangpunten op deze manier verstevigd en vervolgens de het leidingsysteem nogmaals doorgerekend met het simulatieprogramma.

Het blijkt dat de treksterkte in de verbindingen op de plaatsen 1, 2 en 3 reduceert tot waarden van respectievelijk 8, 6 en 3 N/mm^2 , dit is veel lager dan de toelaatbare waarde van 75 N/mm^2 .

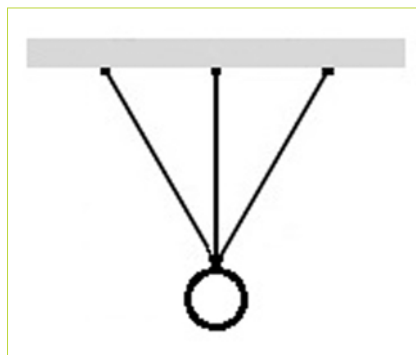
De onderzoekers hebben ook voor deze verstevigde versie van de beugel kansberekeningen voor het ontstaan van schade gemaakt, met als resultaat dat het risico 22% bedraagt, een reductie van ruim 60%.

CONCLUSIES

In Japan worden de gebouwen relatief vaak blootgesteld aan aardbevingen. Het is van essentieel belang dat primaire installaties, zoals watertoevoer, gebouwriolering, sprinkler en brandblusinstallaties, in bedrijf blijven



-Figuur 4- Treksterkte in de horizontale sprinklerleiding



-Figuur 5- Versteving van de ophanging van de leiding naar twee zijden

of dat schades aan dergelijke installaties en ten gevolge van dit soort installaties tot een minimum beperkt blijven. Het is ook van belang dat de functie van dergelijke installaties snel hersteld is.

De onderzoekers van de universiteit hebben de bestendigheid van leidingen tegen aardbevingen in de watervoerende installaties bepaald aan de hand van een model met numerieke analyse. De numerieke analyse toont aan dat binnen die installaties de sprinklerleidingen de zwakste schakel in het geheel vormen. Door de ophanging te verbeteren reduceert de kans op schade aan en ten gevolge van de sprinklerleiding van 85% naar 22%.

REFERENTIES

1. Maintaining the Function of a Plumbing System after an Earthquake; K. Yagasaki; CIB W062 2016; Kosice
2. Japanese Association of Building Mechanical and Electrical Engineers. 2011. march 11, 2011 The investigation report on the damages of building equipment caused by the Great East Japan earthquake. 1934. (translation by author)
3. Ryoichi Tanaka, Yoshiaki Hisada. 2007. Study on Earthquake Disaster Mitigation of High-Rise building of University Campus in Tokyo, Japan (Part2). Strong Motion Simulation for M7.3 Earthquake under Tokyo Metropolitan Area, Architectural Institute of Japan. Summaries of Technical Papers of Annual Meeting. 615-616
4. Kenta Shimamura, Tetsuo Yamasita, Yoshiaki Hisada, Yoe Masuzawa, Yukio Hoshi. 2009. Study on Earthquake

Response and Seismic Retrofit of High-Rise Building of University Campus (Part1). Study on dynamic analysis of high-rise building. Architectural Institute of Japan. Summaries of Technical Papers of Annual Meeting. 475-476

5. The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan. 2012. Aseismic design and construction method for building equipment. 103-105,160. (translation by author)
6. Toru Endo, Takaaki Nakamura, Keita Hagiwara, Kazumasa Ohashi, 2008. A Study of Recovery Process from Earthquake Hazard for Building Facilities Considering Damage Correlation, for the plumbing system of the high rise building. Architectural Institute of Japan. Journal of Technology and Design. 503-508



K. Yagasaki.



W.G. (Walter) van der Schee



W.J.H. (Will) Scheffer