

03+04/11 steeldoc

Erdbebensicher Bauen

Konzeption und
Tragwerksplanung



Traditionelles Wissen und moderne Technologien

Japan, das immer wieder von heftigen Beben erschüttert wird, verfügt über grosse Erfahrung in erdbebengerechter Bauweise. Neuere Stahlbauten orientieren sich in ihren statischen Konzepten an der traditionellen Holzbauweise und greifen bei Hochhäusern auf das raffinierte System der Pagoden zurück. Bauen in Stahl gehört heute in Japan zur Selbstverständlichkeit.

Iris Mach

Die Erkenntnis, dass nicht jede Konstruktion für jede Beanspruchung gleich geeignet ist, musste Japan Ende des 19. Jahrhunderts machen, als die nach westlichem Vorbild neu errichteten Ziegelbauten zu einem großen Teil dem Nōbi-Erdbeben von 1891 in Nagoya und dem Kantō-Erdbeben von 1923 in Tokyo zum Opfer fielen. Im Gegensatz dazu hielten viele in traditioneller Holzskelettbauweise errichtete Bauten zwar den Erschütterungen stand, wurden jedoch durch Folgebrände grossflächig vernichtet. So wurde offensichtlich, dass der in Europa vorherrschende Massivbau ein gänzlich anderes Verständnis des Materialverhaltens verlangt, als der in Japan historisch weit verbreitete Holzskelettbau.

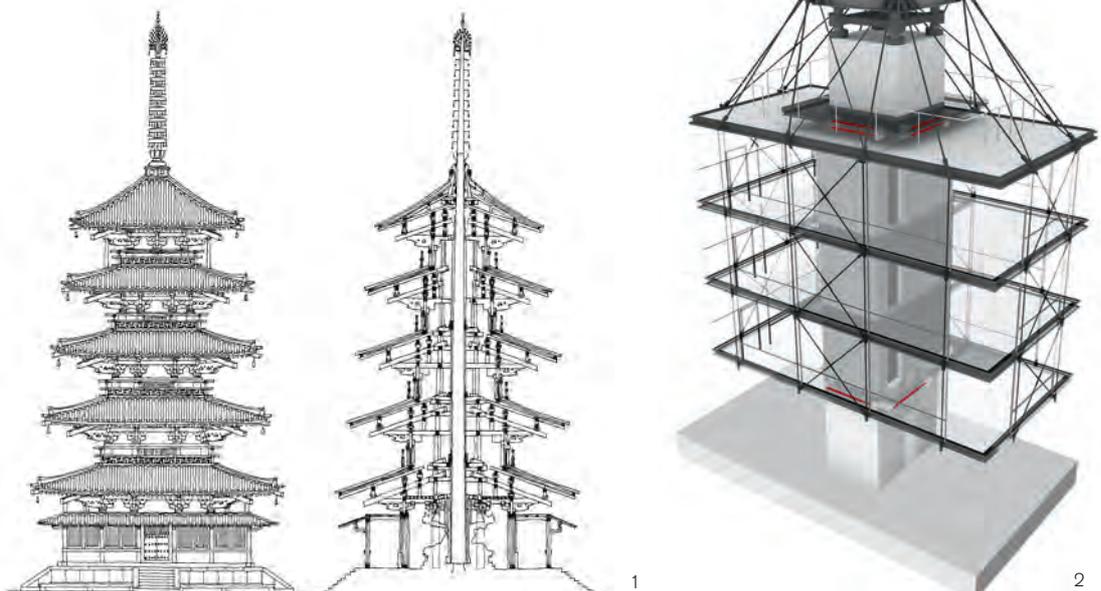
Auf Grund solcher Erfahrungen fand in Japan im 20. Jahrhundert ein grundlegendes Umdenken im Bereich der Bauwirtschaft statt. Dies löste eine Verlagerung Richtung Stahlbeton- und Stahlbau aus, hin zu Baumaterialien, die weit besser für erdbebensichere Strukturen geeignet sind. Dabei stellte vor allem der Stahlbau dank seiner Verwandtschaft zum Holzbau eine Option zur Weiterentwicklung der traditionellen Skelettbautradition dar. Die im Vergleich zu Europa wesentlich grösseren Erdbebenstärken und Bodenbe-

schleunigungen in Kombination mit einem Trend zu immer höheren und schlankeren Gebäuden begünstigten diese Entwicklung. Auf Grund zunehmend strengerer Brandschutzbestimmungen verdrängten vor allem in städtischen Gebieten die neuen Stahlkonstruktionen sukzessive die bis dahin vorherrschenden Holzbauten. Während Mitteleuropa nach wie vor mehrheitlich massiv baut (85% gegenüber ca. 5% Stahlbau und 10% Holzbau), hat Japan mittlerweile einen beachtlichen Stahlbauanteil von etwa 20%, der nur von Nordamerika mit ca. 25% übertroffen wird.¹

Den signifikantesten Entwicklungsschub durchlief die japanische Bauindustrie in den späten 1970ern und -80ern. Die schnell wachsende Wirtschaft, die hohe Investitionsbereitschaft in der Forschung und nicht zuletzt die Anlehnung an die amerikanische Technologie führten zu einem hohen Innovationsstand der japanischen Bauwirtschaft.² Dank der Zusammenarbeit mit kreativen Architekten treffen seither immer wieder traditionelles östliches Wissen und zeitgenössische westliche Technologie aufeinander und führen zu innovativen Lösungen, die als beispielhaft im Bereich des erdbebenresistenten Bauens gelten können.

1/3 Horyūji Pagode, Nara (32,45m; 7. Jh.n.Chr.). Japanische Pagodenbauten besitzen eine bemerkenswerte Erdbebenresistenz dank einer zentralen Hängesäule (shimbashira) und der Vordächer.

2 Seismic-Free System, 21st century (SFS 21). 2009 wurde das erste nach diesem Prinzip konzipierte 4-geschossige Gebäude in Tokyo





3



4

Vom Pagoden- zum Hochhausbau

Ein Grundkonzept des erdbebensicheren Bauens ist die Unterbrechung der Übertragung seismischer Schwingungen vom Erdreich auf die Tragkonstruktion. Aus diesem Grund (und auch um Holzstützen vor Bodenfeuchtigkeit zu schützen), wurden Stützen in Japan traditionell auf einem Stein gelagert, so dass in Bezug auf Horizontalkräfte keine kraftschlüssige Verbindung zwischen Fundament und Tragwerk entstehen konnte. Dieses Prinzip liegt auch der heutigen «Base Isolation» zu Grunde, die durch Metall- oder Kunststoffplatten eine Gleitschicht zwischen Fundament und darüber liegender Tragstruktur schafft. Basierend auf diesem Grundgedanken entwickelte Shimizu Corporation im Jahr 2004 das Projekt SFS21, dessen Abkürzung für «Seismic-Free System, 21st century» steht. Das Grundkonzept der Unterbrechung wird hier jedoch insofern abgewandelt, als diese nicht unmittelbar beim Fundament ansetzt, sondern erst an der Spitze des Gebäudekerns, von dem die Geschosse mittels Stahlelementen abgehängt werden (CSI: «core-suspended isolation»). Die Struktur wirkt wie ein Pendel, wobei die Abhängung durch ihre Massenträgheit die Schwingungen reduziert und in Friktionsenergie umwandelt (FPS: «friction pendulum system»). Ein weiterer Vorteil liegt in der material-spezifischen Kräfteverteilung: Während der Stahlbetonkern ausschliesslich auf Druck belastet wird, steht die Stahlkonstruktion unter dauerhafter Zugbeanspruchung, wodurch die materialspezifischen Vorzüge beim Tragverhalten optimal ausgenutzt werden können. Erst kürzlich, im Jahr 2009, wurde nach vielen Rütteltischversuchen ein erster nach dieser Methode konzipierter viergeschossiger Bau in Tokyo errichtet.⁵

Historisches Konstruktionswissen fliesst auch bei der Errichtung zeitgenössischer Hochhausbauten mit ein.

Bereits seit Jahrhunderten ist die bemerkenswerte Erdbebenfestigkeit von bis zu fünfstöckigen Pagoden bekannt. So hat zum Beispiel die 32,5 Meter hohe Pagode des Hōryūji Tempels in Nara bereits 1300 Jahre unbeschadet überstanden. Dies ist der besonderen Bauweise zu verdanken, die es erlaubt, dass sich die einzelnen Geschosse relativ frei bewegen können, während eine statisch unabhängige, mittig durchgehende Hängesäule (shimbashira) ein Auseinanderfallen der Struktur verhindert. Zudem balancieren die überhängenden Dachvorsprünge das Gewicht der einzelnen Geschosse ähnlich einem Mobile aus.⁴ Diese Bauweise wird heute intensiv erforscht und in unterschiedlichen Varianten bereits für zeitgenössische Hochhäuser adaptiert.⁵ Drei der jüngsten Hochhausbauten in Japan – der 170 Meter hohe Mode Gakuen Spiral Towers in Nagoya (2008, Konstruktion: Nikken Sekkei), der 204 Meter hohe Mode Gakuen Cocoon Tower in Tokyo (2008, Konstruktion: Arup Japan) und der 634 Meter hohe Tokyo Sky Tree (Fertigstellung Dez. 2011, Konstruktion: Nikken Sekkei) – berufen sich alle auf dieses aus dem Pagodenbau abgeleitete Prinzip.

Stamm und Äste

Im Fall des Mode Gakuen Spiral Towers besteht die konzeptuell zentrale Säule aus insgesamt zwölf betongefüllten Stahlstützen, die einen Ring um den Stahlbetonkern bilden. Rund um dieses Zentrum sind die drei namengebenden spiralförmigen Rahmen angeordnet, die über ein horizontales Fachwerk von «Ästen» (Stahlträgern) mit dem «Stamm» (zentrale Ringsäule) in Verbindung stehen und hier die durch Diagonalsstützen permanent hervorgerufenen Torsionskräfte ableiten. In Analogie zu einem Baum wurden die konstruktiven Elemente so gestaltet, dass im Falle maximaler Erdbebenlast durch Plastifizierung überschüssige

4 Mode Gakuen Cocoon Tower, Tokyo 2008, 204 m, Konstruktion Arup Japan.

5 Horyūji, Nara. Holzstützen in Japan wurden traditionell auf Steinen aufgelagert, um die Übertragung von Erdbebenkräften in die Tragkonstruktion zu reduzieren.

5





6 Mode Gakuen Spiral Towers, Nagoya 2008, 170 m, Konstruktion Nikken Sekkei Ltd.

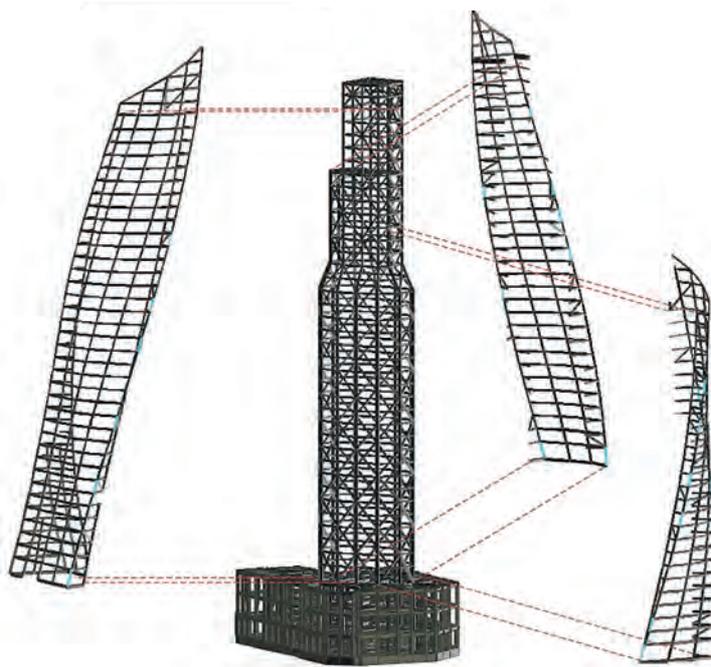
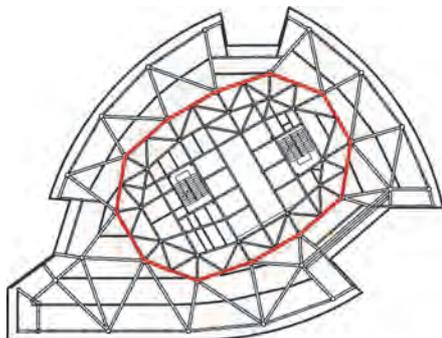
7 Tokyo Sky Tree, Tokyo 2011, 634 m, Konstruktion Nikken Sekkei Ltd.

8 Mode Gakuen Spiral Towers: Konstruktion und Tragverhalten im Erdbebenfall.



6

7



damper

AMD

expanding columns

8



9 Beim SSAWS (Spring-Summer-Autumn-Winter Ski) Skidome Tokyo (1993-2003) wurde die Konstruktion horizontal in fünf untereinander gelenkig verbundene Teile gegliedert, um erdbebenbedingte Spannungen zu reduzieren.

10/11 Das Crystal Brick House (2004) wurde als dreidimensionales erdbebenresistentes Gitterwerk aus Flachstahl konstruiert, dessen Zwischenräume mit Glasziegeln aufgefüllt wurden.

9

Energie abgebaut werden kann. Diese tritt zuerst in den «Zweigen», dann in den «Ästen» und erst zum Schluss im «Stamm» auf, sodass die Tragfähigkeit bis zuletzt trotz zunehmender Verformungen erhalten werden kann.⁶ Eine weitere Sicherheitsmassnahme ist durch einen beweglichen Massendämpfer im Kopfbereich des Gebäudes gegeben, der durch seine Trägheit im Erdbebenfall die Gebäudeschwingung verringert. Durch diesen und weitere strategisch verteilte Dämpfer kann eine Reduktion von bis zu 22% der Deformationen im Erdbebenfall erzielt werden.

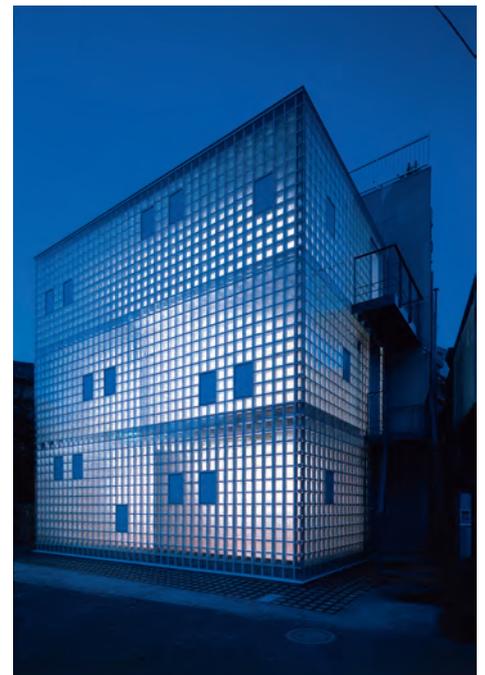
Der Mode Gakuen Cocoon Tower baut auf einem ähnlichen System auf. Wiederum dient eine zentrale ringförmige Säule aus zwölf betongefüllten Stahlstützen der Stabilisierung des Gesamtgebäudes gegen Horizontalkräfte, umringt von drei Schalenkonstruktionen (Diagrid frames). Diese sind allerdings nur an der Spitze starr miteinander verbunden. Die in den übrigen Geschossen potentiell auftretenden Verformungen werden im Erdbebenfall durch Flüssigkeitsdämpfer absorbiert.⁷

Das jüngste und bei weitem höchste Mitglied des japanischen Hochhaus-Dschungels ist der Sendemast des Tokyo Sky Tree mit einer Höhe von 634 Metern. Bei diesem Projekt wurde ebenfalls mit einer zentralen ringförmigen Säule gearbeitet, auf Grund der grösseren Höhe wird er aber als massive Stahlbetonkonstruktion ausgeführt. Die umgebenden Stahlrahmen sind im unteren Bereich (bis ca. 125 m) starr mit der Ringsäule verbunden, darüber (bis 375 m) über Öldämpfer. Dieses Prinzip wurde in Anlehnung an das Vorbild historischer Pagoden als «Shimbashira Seishin» bzw. «Center Column Vibration Control» bezeichnet.⁸ Der Fusspunkt ist als Dreieck ausgeführt, das sich nach oben zu einem kreisförmigen Grundriss verjüngt. Das Fundament reicht dabei bis zu 50 Meter unter die Erde, wobei die als Wurzeln zu begreifenden Fundamentstützen durch knötchenförmige Verdickungen die Reibung mit dem umgebenden Erdreich verstärken und somit die Stabilität der Verankerung erhöhen.

10



11





12



13



14

12–14 Das Tomihiro Art Museum (Azuma 2006) besteht in Analogie zu Seifenblasen aus 33 zylindrischen Räumen, die Erdbebenkräfte gleichmässig über das gesamte Gebäude verteilen.

Gitter und Blasen

Das Konzept der Duktilität findet jedoch nicht nur bei Hochhausbauten Anwendung, auch bei Gebäuden mit primär horizontaler Orientierung ist die Berücksichtigung möglicher Verformungen des Tragwerks im Erdbebenfall wesentlich. Ein prägnantes Beispiel dafür bildet der sogenannte SSAWS LalaPort Skidome in Tokyo (1993-2005), der mit etwa 100 Meter Höhe und 500 Meter Länge die zu seiner Zeit weltweit grösste Indoor-Skihalle darstellte. Um zu verhindern, dass die Tragkonstruktion der Skirampe im Falle eines Erdbebens durch unterschiedliches Schwingungsverhalten zu Schaden kommt, wurde das Gebäude von Kajima Corporation in fünf Teile gegliedert, von denen sich jeder unabhängig von den anderen mit unterschiedlicher Frequenz bewegen kann.

Im Falle kleinerer Bauten, bei denen keine grossen geometrischen Differenzen innerhalb des Baukörpers auftreten, sind auch rigidere Konstruktionen anwendbar. So wurde beispielsweise das sogenannte «Crystal Brick» Haus (Tokyo, 2004) vom Architekten Yasuhiro Yamashita in Kooperation mit dem Statiker Jun Sato als dreidimensionales erdbebenresistentes Gitterwerk aus Flachstahl konzipiert, dessen Zwischenräume mit Glasziegeln aufgefüllt wurden.⁹

Das statische und baodynamische Konzept für das Tomihiro Art Museum in Azuma (Gunma-Präfektur, 2006) wurde vom Architekten Makoto Yokomizo gemeinsam mit ARUP Japan entwickelt. Innerhalb eines Quadrates von 52 Metern Seitenlänge sind insgesamt 33 zylindrische Räume wie Seifenblasen dicht aneinandergepackt, die sich gegenseitig aussteifen und

die auftretenden Horizontalkräfte gleichmässig über das ganze Gebäude verteilen. Drei davon sind in Stahlbeton ausgeführt, die anderen besitzen Wände aus neun Millimeter-Stahlplatten. Die Deckenkonstruktionen sind ebenfalls aus Stahl und sorgen durch ihre rundsymmetrische bzw. fächerförmige Anordnung für zusätzliche Steifigkeit.¹⁰

Neuralgische Verbindungen

Wesentlich bei allen Projekten ist neben dem baodynamischen Gesamtkonzept auch die Detailausführung. Da der Stahl selbst eine sehr hohe Druck- und Zugfestigkeit besitzt, stellen die Verbindungselemente den kritischen Punkt im Erdbebenfall dar: Eine mangelhaft ausgeführte Schweißnaht oder eine unbedacht ausgeführte Anschlussplatte kann die Tragfähigkeit des gesamten Gebäudes gefährden. Es gilt somit, die Krafteinwirkung möglichst aus diesen heiklen Bereichen abzuleiten. Dies geschieht in der Regel durch die Einführung von so genannten «dog bone»-Konstruktionen, bei denen der Trägerquerschnitt knapp vor einem Anschlussdetail verjüngt wird. Damit wird an Stelle eines potenziellen Bruchs im Anschlussdetail eine Verformung des Stahlträgers erzwungen, der die auftretenden Horizontal- und Torsionskräfte dissipiert.¹¹

Obwohl die Verformung von Vorteil ist, da sie von einem weit problematischeren Angriffspunkt ablenkt, ist die verhältnismässig leichte Deformierbarkeit des Stahls nicht immer unproblematisch. Vor allem das Knicken um die schwächere Achse bzw. die signifikante Verminderung des Tragverhaltens unter Hitzeeinwirkung stellen Schwachstellen dar. In diesem



15

Kontext ist interessant, dass gerade der vermeintlich schwächere Holzbau eine Lösung anzubieten vermag. Eine Arbeitsgruppe japanischer Forscher¹² hat eine Holz-Stahl-Hybridkonstruktion entwickelt, von der beide Materialien profitieren. Dabei werden Stahlträger mit Holz ummantelt bzw. Holzträger mit Stahl verstärkt («reinforced wood»), wodurch einerseits der Holzquerschnitt vermindert und andererseits das Knickverhalten des Stahlträgers erheblich verbessert wird. Zusätzlich dient der Holzmantel paradoxerweise als Brandschutz für den Stahl, indem er durch die beim Abbrand entstehende Kohleschicht eine Dämmwirkung entfaltet, die als Hitzeschild fungiert. Ein beispielhaftes fünfstöckiges Gebäude (M-Building, Kanazawa) wurde 2005 errichtet und dient als Vorreiter für eine Wiedereinführung des traditionellen mehrgeschossigen Holzbaus.

Ähnliche Strategien werden zum Teil auch in Europa verfolgt. So hat beispielsweise die Bergische Universität Wuppertal unter der Leitung des Bauinformatikers Prof. Pegels durch Untersuchungen und Tests nachgewiesen, dass die traditionelle Konstruktionsweise von Fachwerkhäusern auf Grund ihrer diagonalen Holzverstrebungen eine hohe Erdbebenresistenz aufweist. In einem gemeinsamen Projekt mit der Technischen Universität Isfahan wurde im Jahr 2007 an der Universität Wuppertal ein Musterhaus errichtet, wobei – ähnlich wie in Japan – der traditionelle Baustoff Holz durch widerstandsfähigeren Stahl ersetzt wurde. Dieser auf eine maximale Erdbebenstärke von 8,0 ausgelegte Prototyp soll nun im Iran als sichere und dennoch verhältnismässig günstige Alternative zum herkömmlichen reinen Massivbau eingeführt werden.

- 15 M-Building, Kanazawa (2005): Eine Hybridkonstruktion aus Holz und Stahl verbindet die Vorteile beider Baustoffe und ermöglicht eine Rückkehr zu traditionellen mehrgeschossigen Holztragwerken unter Einhaltung zeitgenössischer Bauvorschriften.
- 16 Die sogenannte «dog bone» Konstruktion verlagert durch eine Flanscheinfräsung den Angriffspunkt für Horizontalkräfte vor die Anschlussverbindung zwischen Träger und Stütze. Dadurch wird statt eines potentiellen Bruchs eine Deformation des Trägers eingeleitet, die Erdbebenkräfte dissipiert.

All diese Beispiele zeigen, dass durch die Symbiose von traditionellem Wissen und moderner Technologie nicht nur Neues entwickelt, sondern auch Altbewährtes erfolgreich wiederbelebt werden kann. Es bleibt nun zu hoffen, dass dank solcher Konzepte Architektur im Erdbebenfall vermehrt Schutz bietet und nicht zur Gefahrenquelle wird, um die Anzahl der durch bauliche Mängel hervorgerufenen Opfer in Zukunft zu reduzieren.

- ¹ Angaben gemäss Prof. Wolfgang Winter, Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau, Technische Universität Wien.
- ² An deren Spitze finden sich international agierende Firmen wie Takenaka, Shimizu, Kajima, Taisei und Obayashi Corporation, die alle unter den Top 25 Bauunternehmen weltweit rangieren. Angaben gemäss Engineering News Record (2008).
- ³ Yutaka Nakamura, Masaaki Saruta, Akira Wada, Toru Takeuchi, Shigeru Hikone and Teiichi Takahashi: Development of the core-suspended isolation system, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Volume 40, Issue 4, 10 April 2011, S. 429–447.
- ⁴ Nipponia Nr. 33, 15. Juni 2005
- ⁵ Fujita K., Hanazato T., Sakamoto: Earthquake response monitoring and seismic performance of five-storied timber pagoda, 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada August 1-6, 2004, Paper No. 54.
- ⁶ Katsuhiko Yamawaki, Toru Kobori (Structural Engineering Dpt Nikken Sekkei Ltd.): Mode Gakuen Spiral Towers – An Approach to Structural Design for Realizing Advanced Structural Configurations in Earthquake-prone Countries, in: *Steel Construction Today & Tomorrow*, No. 25, Tokyo, December 2008, S. 5–10.
- ⁷ Masako Minami (Senior Structural Engineer, Arup Japan): Mode Gakuen Cocoon Tower – An Iconic High-rise Campus in a Dense City, in: *Steel Construction Today & Tomorrow*, No. 25, Tokyo, December 2008, S. 11-14.
- ⁸ Siehe dazu: <http://www.nikken.co.jp/ensk/skytree/structure/09.07.2011>
- ⁹ Siehe dazu: www.tekuto.com/works/2004/075/info.html, 09.07.2011.
- ¹⁰ Siehe dazu: <http://www.aatplus.com/css/top.html>, 09.07.2011.
- ¹¹ Wenk, Thomas: Erdbebengerechter Entwurf von Hochbauten, ETH Zürich, 2009.
- ¹² Mikio Koshihara, Hiroshi Isoda, Shuitsu Yusa: The Design and Installation of a Five-story New Timber Building in Japan, Tokyo, 2005

Bildnachweis

1, 3, 5, 7, 9 zur Verfügung gestellt; 2 Shimizu Corporation; 4 Arup Japan, Fotograf Koji Horiuchi; 6 Nikken Sekkei Ltd., Fotograf Ken'ichi Suzuki; 8 Nikken Sekkei Ltd.; 10, 11 Tekuto, Fotograf Makoto Yoshida; 12, 13, 14 aat + Makoto Yokomizo architects Inc., Fotografen Shigeru Ohno, Makoto Yokomizo; 15 Atsuko Tani, 16 Thomas Wenk, ETHZ



16

Impressum

Literatur und Quellen Schweiz

SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich:

Norm SIA 260 (2003): Grundlagen der Projektierung von Tragwerken. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich.

Norm SIA 260.801 (2004) EN 1998-1: Eurocode 8 – Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1, Grundlagen, Erdbebenwirkungen und Regeln für Hochbauten.

Norm SIA 261 (2003): Einwirkungen auf Tragwerke

Norm SIA 263 (2003): Stahlbau

Merkblatt SIA 2018 (2004): Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben

Dokumentation SIA D 0180 (2004): Fachausdrücke der Tragwerksnormen – Terminologie und Definitionen.

Dokumentation SIA D 0181 (2003): Grundlagen der Projektierung von Tragwerken – Einwirkungen auf Tragwerke – Einführung in die Normen SIA 260 und 261.

Weitere:

Bachmann H. (2002): Erdbebengerechter Entwurf von Hochbauten – Grundsätze für Ingenieure, Architekten, Bauherren und Behörden. Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, Bern.

Bachmann H. (2002): Erdbebensicherung von Bauwerken. Birkhäuser Verlag, Basel.

Paulay T., Bachmann H., Moser K. (1990): Erdbebenbemessung von Stahlbetonhochbauten. Birkhäuser Verlag, Basel.

Smit P. (2004): Entstehung und Auswirkungen von Erdbeben. Forum 4/2004. Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Bern.

Wenk T., Lestuzzi P. (2003): Erdbeben. In: Dokumentation SIA D 0181, Grundlagen der Projektierung von Tragwerken – Einwirkungen auf Tragwerke – Einführung in die Normen SIA 260 und 261. S. 59–66. SIA Zürich

Wenk T. (2005): Erdbebeneinwirkung. In: Dokumentation SIA D 0211, Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben – Einführung in das Merkblatt SIA 2018. S. 9–16, SIA Zürich

Weidmann M. (2002): Erdbeben in der Schweiz. Verlag Desertina, Chur.

Lignum, Holzwirtschaft Schweiz: Erdbebengerechte mehrgeschossige Holzbauten. Technische Dokumentation der Lignum, Zürich, 2010

Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen sowie Bundesamt für Wasser und Geologie BWG (2005): Erdbebensicheres Bauen in der Schweiz – Worauf es ankommt und warum. Zürich.

Schweizerischer Erdbebendienst SED (2002): Swiss Hazard Map. (<http://www.earthquake.ethz.ch>)

Bundesamt für Umwelt BAFU (2004): Erdbebengefährdung der Schweiz, Geologische Standorteffekte (Mikrozonierung). (<http://www.bafu.admin.ch>)

übrige Quellen siehe Artikel/Bibliographien und Nachweise

Impressum

steeldoc 03+04/11, erschienen Mai 2012
Erdbebensicher Bauen - Konzeption und Tragwerksplanung

Herausgeber:
SZS Stahlbau Zentrum Schweiz, Zürich
Evelyn C. Frisch, Direktorin

Redaktion:
Evelyn C. Frisch (verantwortlich)
Mitarbeit: Ann Schumacher, Virginia Rabitsch, Sascha Roesler.
Critical Review: Kerstin Pfyl-Lang, Zürich; Michel Crisinel, Lausanne unter Mitwirkung der Autoren

Layout:
Evelyn C. Frisch und Virginia Rabitsch, SZS
Pläne und Grafiken teilweise überarbeitet von circa drei, München

Fotos und Pläne:
Titel: Yves André, St-Aubin-Sauges
Editorial: Raffaele Landolfo, Neapel
Interview: Fotos: Katja Jug; Abbildungen: Erdbeben von Basel: Erdbeben und Kulturgüter, S. 13
Tragwerksplanung und Bemessung: Raffaele Landolfo, Universität Federico II, Neapel u.a. (zvg. aeob), Quellen siehe Artikel
Erdbebengerechter Entwurf: siehe Artikel
Ecole de la Maladière: Yves André, St-Aubin-Sauges S. 16, 17, 21; Ingeni SA, Genf S. 19, Pläne und Schemas: Planungsbüros
Bestehende Gebäude: siehe Artikel
Produktionsgebäude K90: Fotos und Pläne zur Verfügung gestellt von Gruner AG und Flubacher-Nyfelner+Partner Architekten
Erdbebensicher Bauen in Japan: siehe Artikel
Mediathek in Sendai: siehe Artikel

Designkonzept: Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zürich

Administration, Versand: Giesshübel-Office, Zürich
Druckvorstufe und Druck: Kalt-Zehnder-Druck AG, Zug

ISSN 0255-3104

Jahresabonnement Inland CHF 48.– / Ausland CHF 60.–
Einzelexemplar CHF 15.– / Doppelnummer CHF 25.–
Preisänderungen vorbehalten. Bestellung unter www.steeldoc.ch

**Steeldoc abonnieren für CHF 48.- im Jahr
(Studierende gratis) auf www.steeldoc.ch**

Bauen in Stahl / steeldoc© ist die Bautendokumentation des Stahlbau Zentrums Schweiz und erscheint viermal jährlich in deutscher und französischer Sprache. Mitglieder des SZS erhalten das Jahresabonnement und die technischen Informationen des SZS gratis.

Die Rechte der Veröffentlichung der Bauten bleiben den Architekten vorbehalten, das Copyright der Fotos liegt bei den Fotografen. Ein Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und bei deutlicher Quellenangabe gestattet.

Haftungsausschluss: Herausgeber und Autoren haften nicht für Schäden, die durch die Anwendung vorliegender Publikation entstehen könnten.