

Risiken of unterschätzt : Erdbeben : weiche Böden, Baustoff- und Konstruktionsprobleme

Autor(en): **Bachmann, Hugo**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Heimatschutz = Patrimoine**

Band (Jahr): **94 (1999)**

Heft 4

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-175875>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrücke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Erdbeben: Weiche Böden, Baustoff- und Konstruktionsprobleme

Risiken oft unterschätzt

von Prof. Hugo Bachmann, Institut für Baustatik und Konstruktion der ETH Zürich

Durch die schweren Erdbeben, die Mitte August die Türkei und wenig später Griechenland und Taiwan heimgesucht haben, sind Tausende von Menschen getötet und Zehntausende verletzt worden. Diese Katastrophen lassen vergessen, dass auch in der Schweiz periodisch mit grösseren Erdbeben gerechnet werden muss. Am anfälligsten dafür sind die Region Basel, die Innerschweiz, das St. Galler Rheintal, das Bündnerland und das Wallis. Vielen von uns ist zudem kaum bewusst, dass das Erschütterungsrisiko in den letzten 150 Jahren stark zugenommen hat.

Erdbeben bewirken rasche, vorwiegend horizontale Hin- und Herbewegungen des Bodens, zusammen mit etwas kleineren vertikalen Bewegungen. Bei einem Erdbeben im Wallis mit etwa einer Magnitude 6 beispielsweise liegen die maximalen horizontalen Bodenbewegungen in der Grössenordnung von 8 bis 12 Zentimetern. Ein solches Beben dauert 10 bis 20 Sekunden. Wenn sich der Boden rasch hin und her bewegt, werden die Bauten gezwungen, diese Bewegungen mitzumachen. Der obere Teil der Bauwerke aber möchte wegen seiner Massenträgheit «am liebsten dort bleiben, wo er ist». Daher treten starke Schwingungen und hohe innere Verformungen und Beanspruchungen im Tragwerk auf, die zu erheblichen Schäden und im Extremfall zum Einsturz des Gebäudes führen können.

Steigendes Schadenpotential

In der Schweiz wurde das Erdbebenrisiko bis vor kurzem stark unterschätzt. Heute weiss man, dass bei einem stär-

keren Beben mit enormen Schäden und Folgen gerechnet werden muss. Gemäss einer Studie des Bundesamtes für Zivilschutz (Katanos 1995) stellen Erdbeben sogar die bedeutendste Naturgefahr in der Schweiz dar. Das nach Ausmass des Ereignisses gewichtete Risiko ist für Erdbeben grösser als etwa für Hochwasser, Gewitter, Sturm oder Lawinen. Stärkere Erdbeben treten jedoch verhältnismässig selten auf; deshalb sind sie im Bewusstsein der Allgemeinheit nur wenig präsent.

Bis 1989 erfolgte in der Schweiz bei den normalen Bauwerken – Gebäude, Brücken, Industrieanlagen – keine angemessene Auslegung des Tragwerks für Erdbeben. Der allergrösste Teil der heute vorhandenen Bauwerke ist daher nicht oder nur nach veralteten Regeln bemessen. Diese Bauwerke haben im konkreten Fall eine nicht näher bekannte, oft aber nicht genügende Erdbebensicherheit. Aber auch bei neuen Bauwerken werden die wenig verbindlichen Erdbebenbestimmungen des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins (Norm SIA 160) unter

dem heutigen wirtschaftlichen Druck oft nicht eingehalten. Das Schadenpotential durch Erdbeben nimmt in der Schweiz deshalb weiter zu.

Brüchiger Stahl und unbewehrtes Mauerwerk

Auch in der Schweiz werden Forschungsprojekte zur Erdbebensicherung der Bauwerke durchgeführt. Die Gründe, warum nicht einfach Ergebnisse von berühmten Forschungsstätten in anderen Ländern – z.B. den USA oder Japan – übernommen werden können, sind vielfältig: So bestehen beispielsweise von Land zu Land und von Kontinent zu Kontinent wesentliche Unterschiede bezüglich der Materialeigenschaften der verwendeten Baustoffe. So weist etwa ein wesentlicher Teil der in der Schweiz verwendeten Betonbewehrungsstähle sehr ungünstige Duktilitätseigenschaften (plastisches Dehnungs- und Verfestigungsvermögen) auf. Diese Stähle brechen bei wesentlich kleineren Verformungen des Tragwerks als Bewehrungsstähle, die

Erdbeben in der Türkei. Auch uns könnte es wieder einmal treffen. (Bild Keystone)

Tremblement de terre en Turquie. En Suisse aussi, cela pourrait se produire (photo Keystone).

in den USA, Japan oder Neuseeland eingesetzt werden.

Zudem gibt es in jedem Land eine eigenständige Tradition bezüglich der verwendeten Baustoffe und der entsprechenden Konstruktionsweisen. In der Schweiz wird oder wurde wie in keinem anderen Land tragendes, unbewehrtes Mauerwerk aus Backsteinen für Gebäude mit mehreren oder gar vielen Stockwerken (teilweise bis 15) verwendet. Unbewehrtes Mauerwerk ist jedoch sehr spröde und zur Erdbebensicherung denkbar ungeeignet. Die landeseigene Forschung wirkt sich aber auch günstig auf Ausbildung und Erfahrung von Bauingenieuren aus und ist daher unabdingbar für eine fortschrittliche Entwicklung der Baupraxis. Selbstverständlich schliesst dies nicht aus, andernorts gewonnene Erkenntnisse in eigene Entwicklungen einzubauen.

Erdbeben auf Kommando

Wie sich Gebäude bei Erdbeben verhalten und wie Bauwerke erdbebensicherer gestaltet werden könnten, wird am Institut für Baustatik und Konstruktion der ETH Zürich untersucht. Zum Einsatz gelangen dabei sowohl Computersimulationen als auch experimentelle Untersuchungen. Computerprogramme erlauben die numerische Simulation des Erdbebenverhaltens ganzer Bau- und Tragwerke. Experimentelle Untersuchungen werden meist an einzelnen Tragwerksteilen und in einem Modellmassstab durchgeführt. Sie dienen dazu, die Material- und Verhaltensgesetze zu finden, mit denen die Computerprogramme geeicht werden können. Für experimentelle Untersuchungen wurde vor kurzem ein neuer Erdbebensimulator in Betrieb genommen, der ein hochwertiges Arbeitsinstrument für die Forschung darstellt.

Der Erdbebensimulator ist ein anspruchsvolles System, bei dem Mechanik, Hydraulik, Elektronik und Computer eng miteinander vernetzt sind. Der Kern des Simulators besteht aus einem

beweglichen Tisch von 2 x 1 Meter Grösse, einer Hydrauliksteuerung, einem Reaktionsbock und Pufferelement sowie der Steuerungselektronik. Der bewegliche Tisch wird auch «Rütteltisch» genannt, weil er an den Versuchselementen so rüttelt wie Erdbeben an den wirklichen Bauwerken. Die Steuerung ist in der Lage, Erdbeben mit bestimmten Eigenschaften zu simulieren. Häufig wird ein «Walliser Erdbeben» erzeugt, das ähnlich ist wie das schwere Erdbeben von Visp im Jahre 1855. Dieses entspricht dem sogenannten Bemessungsbeben gemäss den Bestimmungen der Norm SIA 160, d.h. demjenigen Beben, für das Bauwerke ausgelegt werden sollten. Der Tisch kann Tragwerksteile von bis zu 6 Metern Höhe und 40 Tonnen Masse Erschütterungen aussetzen, wie sie bei realen Erdbeben auftreten.

Gebäude im Test

Kürzlich wurde mit Hilfe des Erdbebensimulators die Hälfte eines dreistöckigen Gebäudes im Massstab 1:3 auf Erdbebensicherheit hin geprüft. In der Wirklichkeit besteht das Tragwerk des Gebäudes aus unterzuglosen Stahlbetondecken, dünnen Stützen für die Schwerlasten und aus je zwei schlanken, über die ganze Gebäudehöhe reichenden Stahlbeton-Tragwänden, welche die horizontalen Erdbebenkräfte auffangen sollen. Die Wände sind im Untergeschoss eingespannt und wirken wie Kragarme. Im Versuch beschränkte man sich auf die Betrachtung von nur einer Richtung und somit auf eine eindimensionale, horizontale Erdbebenanregung.

Die Modellwand wurde auf dem Tisch des Erdbebensimulators fest eingespannt und über Gelenkstäbe mit 3 Massen aus je 12 Tonnen Stahlbarren verbunden, die sich in einer Nebenkonstruktion auf horizontal rollenden Wagen befinden. Diese sogenannten Stockwerkmassen im Versuch entsprechen je der Masse einer halben Decke mit zugehörigen Auflasten wie Zwischenwände, Bodenbeläge, Einrichtungen, Möbel usw. Bei den raschen Hin- und Herbewegungen des Tisches mit Amplituden von bis zu 100 Millimetern wirkten auf die Stahlbeton-Tragwand enorme Erdbebenkräfte. Dies führte zu grossen inneren Verformungen und Beanspruchungen. Am Fuss der Tragwand entstanden dadurch Ris-

se und plastische Verformungen durch abwechselndes Zug- und Druckfliessen in den vertikalen Bewehrungsstäben, ohne dass jedoch ein Bruch und ein entsprechender Einsturz des Gebäudes erfolgte. Die nach einer neuen Methode berechnete und bemessene Wand hielt dem Erdbeben also stand.

Sicherer nicht unbedingt teurer

Die Frage stellt sich allerdings, wie gross denn die Mehrkosten für eine angemessene Erdbebensicherung eines Bauwerks im Vergleich zu einem analogen Bauwerk ohne Erdbebensicherung sind. Dazu muss zwischen bestehenden und neuen Bauwerken unterschieden werden. Während nachträgliche Eingriffe in die Tragstruktur bei bestehenden Bauwerken recht aufwändig sind und Kosten von bis zu einigen Prozenten des Gebäudewertes erfordern können, bewirkt die erdbebensichere Gestaltung neuer Bauwerke im allgemeinen keine oder keine nennenswerten Mehrkosten. Voraussetzung ist allerdings, dass der Bauingenieur bei der Planung und Dimensionierung neuartige Methoden anwendet, die zu einer grossen Duktilität der Tragwerke führen (sogenannte Kapazitätsbemessung). Gleichzeitig können die potentiellen Erdbebenschäden stark reduziert werden, wenn Architekten und Bauingenieure moderne Erkenntnisse bezüglich der Verträglichkeit der Verformungen von Tragwerk und nichttragenden Elementen konsequent beachten.

Jedes fünfte Haus unsicher

Kürzlich hat die ETH Zürich im Rahmen einer Studie zur Erdbebensicherheit von Gebäuden im Kanton Aargau 130 Gebäulichkeiten (Spitäler, Verwaltungshäuser, Schulen) untersucht und festgestellt, dass 16 von ihnen einem Erdbeben, wie es in dieser Gegend auftreten könnte, nicht standhalten würden. Weil der Kanton Aargau nicht zu den besonders erdbebengefährdeten Gebieten der Schweiz zählt, schätzen die Autoren, dass in der Schweiz jedes fünfte Gebäude gegen Erdbeben ungenügend gesichert ist.

Les Suisses sous-estiment les risques sismiques

par le Professeur Hugo Bachmann, Institut de statique et des constructions de l'EPF de Zurich (résumé)

Les tremblements de terre impriment des oscillations rapides, principalement latérales, du terrain en même temps que quelques mouvements verticaux d'intensité plus faible. Pour une secousse sismique d'une magnitude de 6 en Valais par exemple, on évalue entre 8 et 12 centimètres les mouvements latéraux du sol qui durent entre 10 et 20 secondes. Lors de ces oscillations rapides, il importe que les constructions suivent ces mouvements. La partie supérieure d'un ouvrage ou d'un bâtiment a toutefois tendance à rester «là où elle se trouve» en raison de son inertie. La structure portante doit supporter d'énormes vibrations et des déformations et torsions internes qui peuvent entraîner des dégâts considérables, voire, dans des cas extrêmes, la destruction du bâtiment.

Risque accru

Jusqu'à ces derniers temps, le risque de tremblement de terre a été largement sous-estimé en Suisse. Aujourd'hui, on sait qu'une forte secousse pourrait avoir des conséquences graves et provoquer des dégâts énormes. Selon une étude de l'Office fédéral de la protection civile, les tremblements de terre constitueraient même le principal danger naturel en Suisse. Jusqu'en 1989, on n'a pas tenu compte de la sécurité parasismique pour construire les ouvrages normaux. La grande majorité des ouvrages existants a donc été conçue selon des normes aujourd'hui désuètes. Ainsi, la sécurité parasismique de ces ouvrages n'est pas précisément connue et, de surcroît, insuffisante. Par ailleurs, les normes peu contraignantes de la SIA (norme 160) n'ont pas forcément été respectées pour la construction des nouveaux ouvrages. Les risques de dégâts s'en trouvent par conséquent augmentés. Les

Des milliers de personnes ont perdu la vie et des dizaines de milliers ont été blessées au cours des terribles tremblements de terre qui se sont produits au mois d'août en Turquie, puis en Grèce, à Taiwan et au Mexique. Ces catastrophes nous font oublier que la Suisse, elle aussi, doit se préparer à des tremblements de terre importants. Les régions les plus fréquemment touchées par des séismes sont celles de Bâle, de la Suisse centrale, de la vallée du Rhin dans le canton de St-Gall, des Grisons et du Valais. Peu d'entre nous savent que les risques de secousses sismiques ont fortement augmenté ces 150 dernières années.

projets de recherche ont montré qu'une partie importante des métaux utilisés dans ce pays pour l'armature du béton présentaient une ductilité (propriété d'un métal qui peut être allongé, étendu ou étiré sans se rompre) insuffisante. En cas de déformation importante, ces aciers se rompent plus vite que ceux qui sont utilisés aux USA, au Japon ou en Nouvelle Zélande. En Suisse, certains bâtiments de plusieurs étages (jusqu'à 15 étages) sont ou ont été construits en briques, sans aucune armature. Ils sont donc peu solides et vulnérables aux séismes.

Sécurité ne veut pas dire plus cher

L'Institut de statique et des constructions de l'Ecole polytechnique de Zurich étudie grâce à des simulations sur ordinateurs et, depuis peu, grâce à un simulateur de tremblements de terre, la réaction des bâtiments en cas de séismes ainsi que la façon d'augmenter la sécurité parasismique des ouvrages. Il s'agit également de déterminer le surcroît de dépenses occasionnées pour assurer la sécurité parasismique d'un ouvrage. Alors que les modifications apportées a posteriori sur l'armature d'un ouvrage existant coûtent cher – leur coût peut représenter un pourcentage non négligeable de la valeur

du bâtiment –, la prise en compte de la sécurité parasismique dans la conception des nouveaux ouvrages n'entraîne en général pas ou pour ainsi dire pas de frais supplémentaires. Cela suppose toutefois que l'architecte utilise, pour établir ses plans, des méthodes de calcul prévoyant une grande ductilité de la structure portante et qu'il respecte les nouvelles données concernant la compatibilité des déformations de la structure portante et des éléments non porteurs.

