



Doctoral Thesis

Erdbebentauglichkeit von Stahlbetonhochbauten

Author(s):

Moser, Konrad

Publication Date:

1993

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000916017> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 10351

Erdbebentauglichkeit VON Stahlbetonhochbauten

ABHANDLUNG
Zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Konrad Moser
dipl. Bauing. ETH

geboren am 7. Oktober 1951
von Benken / ZH

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Hugo Bachmann, Referent
Prof. Jörg Schneider, Korreferent

1993

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die Erdbebentauglichkeit von Stahlbetonhochbauten auf Grund des Gebäudeschadenrisikos beurteilt.

Auf die Einleitung folgen einige historische Ansätze zur Erdbebensicherung. Darauf werden die heutigen Berechnungs- und Bemessungsmethoden kurz besprochen, hinsichtlich ihrer Eignung zur praktischen Anwendung beurteilt und mit dem üblichen Stand der Erdbebensicherung bei Stahlbetonhochbauten in Mitteleuropa verglichen. Neben dem erdbebengerechten Entwurf wird neu die Beurteilung der Erdbebentauglichkeit anhand des Gebäudeschadenrisikos gefordert.

Im dritten Kapitel wird ein Modell zur Beurteilung der Erdbebentauglichkeit dargestellt. Dazu sind Schadenfunktionen aufzustellen, welche den Gebäudeschaden in Funktion der Erdbebenstärke zeigen. Diese werden bei den Tragelementen definiert durch Schadenschwelle, Abbruchgrenze, Schaden beim Erreichen der Abbruchgrenze, sowie maximalen Schaden. Diese Grössen werden von einem Schädigungsmodell ausgehend ermittelt.

Die Schadenfunktionen der nichttragenden Elemente werden mit Hilfe von Stockwerk-Schadenschwellen und Stockwerk-Zerstörungsgrenzen ermittelt. Dabei wird zwischen drei typischen Schadenfunktionen für direkt, indirekt und sowohl direkt als auch indirekt geschädigte Elemente unterschieden.

Die Schadenfunktionen von Bauwerken für die beiden Achsrichtungen ergeben sich aus denjenigen der Elemente. Mit den erweiterten Beziehungen der Erdbebenstärke ($I_{MSK} = V$ bis X) zur Eintretenswahrscheinlichkeit werden die standortabhängigen Schadenwahrscheinlichkeitsfunktionen der Bauwerke ermittelt. Diese zeigen den Gebäudeschaden in Funktion der Eintretenswahrscheinlichkeit. Das Integral über alle Eintretenswahrscheinlichkeiten ergibt das vorhandene Gebäudeschadenrisiko. Ein Mittelwert des Gebäudeschadenrisikos über alle Einwirkungsrichtungen wird mit den akzeptierten Gebäudeschadenrisiken verglichen. Diese werden für die Bauwerksklassen und Erdbebenzonen der Schweiz ausgehend von den zur Norm [SIA 160] gehörenden Schadenbildern ermittelt.

Das vierte Kapitel enthält die Ermittlung der Schadenfunktionen der Tragelemente sowie Vereinfachungen zu Abschätzung ihres Verschiebungsverhaltens.

Das fünfte Kapitel beschreibt die Ermittlung der Schadenfunktionen der nichttragenden Elemente, welche für die verbreiteten Bauweisen hergeleitet werden.

Im sechsten Kapitel finden sich drei Anwendungsbeispiele für die Beurteilung der Erdbebentauglichkeit mit dem vorgeschlagenen Modell. Das vorhandene Gebäudeschadenrisiko wird für verschiedene Varianten eines sechsgeschossigen Stahlbetonskelettbaues berechnet und mit den akzeptierten Gebäudeschadenrisiken verglichen. Das Kapitel schliesst mit der Diskussion der Resultate.

Das siebte Kapitel enthält die Folgerungen aus den Überlegungen in den vorangehenden Kapiteln und aus den Resultaten der Anwendungsbeispiele sowie einen Ausblick. Im Anhang findet sich ein Begriffsverzeichnis.

Schlüsselwörter: Erdbeben, Stahlbeton, Hochbau, Schaden, Tragelemente, nichttragende Elemente, Risiko, Wahrscheinlichkeit, vorhandenes Gebäudeschadenrisiko, akzeptiertes Gebäudeschadenrisiko.

Summary

This thesis evaluates the fitness of reinforced concrete buildings to withstand earthquake action comparing existing risks due to building damage to accepted risks.

The introduction is followed by a short overview of historical earthquake-resistant designs. Today's methods of earthquake analysis and design are then reviewed with regard to their practical application to building design and compared to the state of the art of earthquake-resistant design in Europe. Emphasis is placed upon a suitable design for the structural elements and a check of fitness for earthquake action based on the present risk due to building damage.

In chapter three an approach to quantify the fitness for earthquake action is presented. Firstly, building damage as a function of the maximum effective ground acceleration is evaluated along the two axes of the given building. For structural elements the damage functions are defined by the threshold of damage, the failure limit, the damage at the failure limit and the maximum possible damage. These values can be determined using a damage model. The maximum possible damage is defined as the cost of demolishing the building and erecting a new identical one when damage is beyond repair.

The damage functions for nonstructural elements are defined by the threshold of damage and the failure limit on a given floor level. From these the respective ground accelerations can be determined. Three typical damage functions are defined: direct, indirect and combinations thereof. The damage function of the entire building is evaluated by summing up the damage functions of all structural and non-structural elements of the building.

Replacing ground acceleration by its probability of occurrence, the damage functions yield damage-probability functions. The relations between ground acceleration and probability of occurrence have been extended to a range of $I_{MSK} = V$ to X . They depend on the earthquake hazard of the given site, usually defined in design codes by zones. The risks due to earthquakes are calculated as the integrals of the damage-probability functions. An average risk due to building damage for all directions of earthquake attack is compared to the accepted risk. Accepted risks are determined for all types of buildings and earthquake zones based on the criteria for the accepted building damage according to the Swiss code [SIA 160].

Chapter four deals with the evaluation of the damage functions for structural elements and gives simplified rules to establish interstorey deflections and storey response-accelerations.

Chapter five describes the damage functions of the non-structural elements. Chapter six contains applications of the proposed method to three six-storey reinforced concrete buildings. Existing risks are evaluated, compared to the acceptable values, and discussed. Chapter seven is dedicated to conclusions and an outlook. Definitions can be found in the Appendix.

Key words: earthquake, damage, building damage, reinforced concrete, buildings, existing risk, accepted risk, probability of occurrence.