

Sonderprobleme bei der Erdbebenbemessung von Brückentragwerken

Special Problems in the Seismic Design of Bridge Structures

Empelmann, Martin

Abstract

In the seismic design of bridges normally the modern capacity design method is applied resulting - together with a feasible structural reinforcement arrangement - into safe and economic structures. However, there are some interesting questions concerning the viaduct irregularity, the behaviour at active faults and the ductility requirements of plastic hinges in order to secure a safe operation of those structures during their intended life time.

1. Einführung

Die meisten Erdbeben ereignen sich an den Rändern der tektonischen Platten. Durch deren gegenseitige Bewegung bauen sich im Gestein Scher- und Reibungsspannungen auf, die sich bei Überschreiten der Bruchfestigkeit des Gesteins ruckartig als Erdbeben entladen. Die gespeicherte Formänderungsenergie wird dann in Form von Erdbebenwellen freigesetzt (Bild 1) und regt beim Auftreffen auf die Erdoberfläche die Bauwerke zu Schwingungen an.

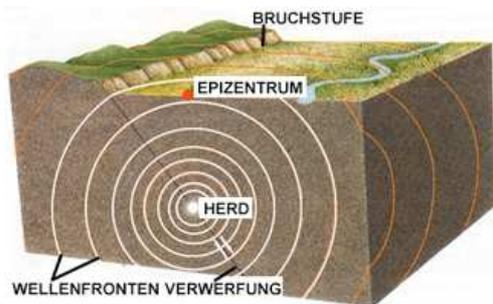


BILD 1 Schematische Darstellung der Entstehung von tektonischen Erdbeben

Ein weiteres Kennzeichen der ruckartigen Entladung der gespeicherten Formänderungsenergie ist die Ausbildung einer Bruchfläche, die als geologische Störung bis an die Erdoberfläche reichen kann (Bild 2). Als Folge treten dort große, bleibende Bodenverschiebungen auf, die ein erhebliches Risiko für Bauwerke darstellen, die oberhalb dieser geologischen Störung erstellt wurden. Bei so ge-

nannten „Life-Lines“, d. h. wenn die Verkehrsverbindungen nach einem Erdbebenereignis als Rettungs- und Versorgungswege genutzt werden, muss die Funktionsfähigkeit in jedem Fall aufrechterhalten werden, d. h. auch in der Nähe von geologischen Störungen.

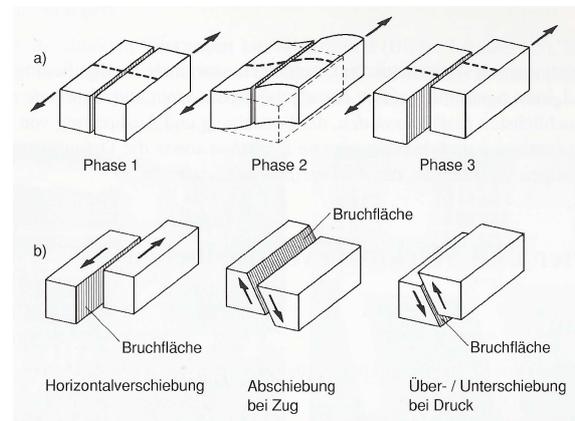


BILD 2 Arten von geologischen Störungen

Am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Fachgebiet Massivbau, der TU Braunschweig wurden Untersuchungen zum Verhalten von Brückenbauwerken bei besonderen Erdbebenbeanspruchung angestellt.

2. Irreguläre Hohlkastenbrücken unter Erdbebeneinwirkung

Bei so genannten irregulären Brückenstrukturen ist die Berücksichtigung der Verwindung einer Hohlkastenbrücke äußerst wichtig für deren wirtschaftliche Auslegung. Bild 3 zeigt eine derartige Struktur, die im Erdbebenfall unter Umständen durch erhebliche Torsionsmomente beansprucht werden kann. Im Rahmen einer vollständigen dynamischen Analyse mit einem 3-dimensionalen Faltnetzmodell (Bild 4) konnte gezeigt werden, dass sich durch die Torsionsverformungen aus der St. Venant Torsion, aber insbesondere durch die Wölbkrafttorsion, die Bemessungsmomente deutlich reduzieren lassen. Derartige Berechnungen erfordern – trotz heutiger leistungsfähiger Rechner – noch einen hohen Rechenaufwand, so dass ein vereinfachtes „Balken Modell“ entwi-

ckelt wurde, welches über eine Ersatzsteifigkeit mit der Antwort-Spektren-Methode berechnet werden kann /1/.



BILD 3 Erste Eigenform einer typischen „regulären“ (oben) und „irregulären“ (unten) Brücke

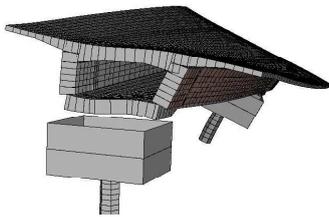


BILD 4: Numerische Simulation des Verformungsverhaltens eines Hohlkastens

3. Bemessung bei geologischen Störungen

In Gebieten mit hoher Seismizität müssen - neben der allgemeinen Erdbebenbemessung nach dem so genannten „Two-Level-Design“ - an geologischen Störungen weitergehende Betrachtungen (Bild 5) im Hinblick auf den „Near-Fault“ Effekt und möglichen großen plastischen Bodenverschiebungen angestellt werden.



BILD 5 Brückeneinsturz an geologischer Verwerfung

Die bleibenden Bodenverschiebungen sind nach ingenieurmäßigen Gesichtspunkten – im Wesentlichen größere Auflagerlängen und spezielle Lagerkonstruktionen – und in der konstruktiven Durchbildung der unmittelbar betroffenen Brückentragwerke zu berücksichtigen.

Der „Near-Fault“ Effekt berücksichtigt, dass die dynamischen Wirkungen der Erdbebenwellen aufgrund der Bruchbildung eine andere Charakteristik haben als in den ungestörten Bereichen und durch den Bruch an der geologischen Störung eine erhöhte dynamische Beanspruchung freigesetzt wird, die z. B. mit entsprechenden Erhöhungsfaktoren berücksichtigt werden kann. Hier sind besondere Nachweise erforderlich /2/.

4. Aufgeständerte Brückenkonstruktionen

In der Erdbebenbemessung von aufgeständerten Brückenkonstruktionen sind die Anordnung der plastischen Gelenke, deren Bemessung und konstruktive Durchbildung sowie deren Rotationsvermögen (Duktilität) von großer Bedeutung. In diesem Zusammenhang kommen dem Verformungsverhalten des umschnürten Betons und dem Tension-Stiffening-Effekt im plastischen Verformungsbereich der Bewehrung eine große Bedeutung zu. Bild 6 zeigt exemplarisch die Ergebnisse numerischer Verformungsberechnungen und den Vergleich mit verschiedenen internationalen Normen /3/.

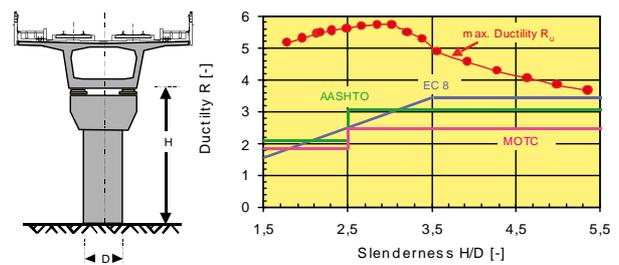


BILD 6 Duktilitätsuntersuchungen an einem typischen Brückenpfeiler

5. Literatur

- /1/ Empelmann, M.; Girmscheid, M.; Nowak, D.: Realistic Modelling of the Deformation of Box Girder Bridges under Seismic Actions, First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland, Paper No. 1446, 2006
- /2/ Empelmann, M.; Whittaker, D.; Los, E.; Dorgarten, H.-W.: Taiwan High Speed Rail Project – Seismic Design of Bridges across the Tuntzuchiaio Active Fault, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, 2004.
- /3/ Empelmann, M.: Seismic Design of Elevated Traffic Systems, IABSE Symposium 2007, Weimar, Paper ID 95.