

Überprüfung des Aus-der-Ebene-Verhaltens von Mauerwerkswänden

Text: Safak Arslantürkoglu, Dr. sc. ETH Zürich, LEO Consulting | Fotos: zvg.

Frühere Erdbeben haben wiederholt gezeigt, dass Mauerwerksgebäude aufgrund des Versagens von Wänden, die quer zur Ebene beansprucht werden, ein erhebliches Sicherheitsrisiko darstellen können.

Eine häufige Ursache für Schäden in diesen Gebäuden ist das Aus-der-Ebene-Versagen (engl. Out-of-Plane, OOP) von sekundären oder tragenden Wänden, das zu Personenschäden sowie zu Teil- oder TotalEinstürzen führen kann.

Situation in der Schweiz

Ein erheblicher Teil des Schweizer Gebäudebestands besteht aus Mauerwerksbauten, die besonders anfällig für ein OOP-Versagen sind. Dies gilt vor allem für Gebäude mit flexiblen

Deckensystemen, wie Holzbalkendecken, deren geringe Steifigkeit zu einer fehlenden Diaphragmawirkung führt. Oftmals ist die Verankerung zwischen den Wänden und der Decke unzureichend, was die Gefahr eines OOP-Versagens zusätzlich verstärkt. Trotz der potenziell gravierenden Folgen eines OOP-Versagens, das einen lokalen Versagensmechanismus darstellt, wird in der Praxis häufig das Tragverhalten eines Bauwerks ausschliesslich auf Grundlage eines globalen Modells untersucht. Diese globale Betrachtungsweise ist jedoch nur zulässig, wenn



Erdbeben schädigen die Gebäude und Infrastrukturbauten grundsätzlich. Hier das Beispiel des Erdbebens in der Türkei, 2023.



Die Erdbeben können zu Teil- oder TotalEinstürzen führen. Das Foto entstand nach dem Erdbeben in der Türkei, 2023.

lokale Mechanismen wie das OOP-Versagen ausgeschlossen werden können. Daher ist es unerlässlich, diesem Verhalten – sowohl bei tragenden als auch bei sekundären Wänden – stets Beachtung zu schenken.

Behandlung des OOP-Verhaltens in Schweizer Vorschriften

Das im Jahr 2004 veröffentlichte Merkblatt 2018, das 2017 durch die SIA 269/8 ersetzt wurde, legte Grenzwerte für die Wandschlankheiten fest, um den Mindesterfüllungsfaktor $a_{\min}$ nachzuweisen, ohne explizit den Tragwiderstand rechnerisch ermitteln zu müssen. Für höhere Erfüllungsfaktoren verwies das Merkblatt die Ingenieure auf alternative Methoden, wie die Paulay & Priestley-Methode.

Im Jahr 2010 veröffentlichte der SIA die Dokumentation «D 0237 Beurteilung von Mauerwerksgebäuden bezüglich Erdbeben», um Ingenieure in der Praxis zu unterstützen. Diese Dokumentation behandelt die Paulay & Priestley-Methode im Detail und zeigt deren Anwendung anhand von Fallbeispielen aus der Schweiz. Obwohl die Methode in der Praxis breite Anerkennung findet, bleibt ihre Anwendung auf bestehende Gebäude aufgrund der hohen Sensitivität gegenüber schwer bestimmbar Baustoffparametern eine Herausforderung. Die 2017 veröffentlichte Norm «SIA 269/8 Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben» bietet ähnliche vereinfachte Ansätze über Wandschlankheiten wie das Merkblatt 2018, erweitert jedoch die Berechnung um die Berücksichtigung der Auflagerbedingungen der Wände sowie der Baugrundparameter. Auch hier kann der Mindesterfüllungsfaktor $a_{\min}$ über die Wandschlankheit nachgewiesen werden, wobei für höhere Erfüllungsfaktoren ein spezifischer Nachweis quer zur Wandebene erforderlich ist.

Grundlagen der Griffith-Methode

Für diesen Nachweis hat das Bundesamt für Umwelt im Jahr 2021 die technische Anwendungshilfe «Überprüfung des Tragwiderstands von Mauerwerkswänden quer zur Wandebene unter Erdbebeneinwirkung» publiziert, mit der das OOP-Verhalten mithilfe der Griffith-Methode untersucht werden kann. In dieser Anwendungshilfe werden die theoretischen Grundlagen der Griffith-Methode hergeleitet und ihre Anwendung anhand von Beispielen illustriert. Der grösste Vorteil dieser Methode liegt darin, dass die Baustoffparameter, die häufig mit grossen Unsicherheiten behaftet sind, eine eher untergeordnete Rolle spielen, da der Schwerpunkt auf der Stabilität der Bauteile liegt.

Somit beruht die Griffith-Methode auf der Kinematik starrer Körper und betrachtet Wandsegmente als starre Blöcke, zwischen denen kein Gleiten und innerhalb derer keine Verformung stattfindet.

Obwohl die Griffith-Methode die Untersuchung diverser Mechanismen erlaubt, ist es im Voraus nicht möglich, den kritischsten Mechanismus eindeutig zu bestimmen. Dafür werden in der Regel verschiedene Versagensmechanismen mit unterschiedlichen Wandsegmenten, Auflagerbedingungen sowie Gelenkpositionen untersucht, wobei der Mechanismus mit dem kleinsten Erfüllungsfaktor als massgebend beurteilt wird. Eine Berechnung von Hand ist daher eine zeitintensive Aufgabe, da für jeden Mechanismus das statische System sowie die einwirkenden Kräfte neu definiert werden müssen.

Überprüfung mit 3Muri

Das Zusatzmodul LM (Lokale Mechanismen) der Software 3Muri ermöglicht es Ingenieuren, beliebige lokale Mechanismen auf Basis der Griffith-Methode zu untersuchen. Nach der Erstellung eines globalen Gebäudemodells können die Benutzer Wandsegmente, deren Auflagerbedingungen und somit diverse Mechanismen grafisch definieren.



Software 3muri, Lokale Mechanismen.

Die im globalen Modell bereits definierten vertikalen Lasten, die durch das Eigengewicht der Wände oder die Lastübertragung von den Geschossdecken auf die Wände entstehen, werden automatisch in die Berechnung übernommen. Wo erforderlich, können zusätzliche Einwirkungen (z. B. Rückhalterkräfte oder Lasten oberhalb des Mechanismus) über ein Dialogfenster hinzugefügt und in der Berechnung berücksichtigt werden. Dank der intuitiven Benutzeroberfläche von 3Muri können unterschiedliche Mechanismen zeiteffizient, praktisch und zuverlässig untersucht und der Erfüllungsfaktor schnell ermittelt werden. Dies spart Ingenieuren viel Zeit und Aufwand, da sie komplexe Mechanismen schnell und zuverlässig überprüfen können. ■

Erdbebenkurs «Versagen aus der Ebene»

Dauer:

1 Tag

Datum:

7. November 2024

Kurzsort:

Zürich

Kursleiter:

Safak Arslantürkoglu, Dr. sc. ETH Zürich, LEO Consulting

Homepage:

ingware.com/erdbebenkurs



Kontakt:

Ingware AG

CH-8703 Erlenbach

www.ingware.com