

Schubbemessung von Ziegelmauerwerk

Einleitung

Die Schubtragfähigkeit von Ziegelmauerwerk ist vor allem für den Lastfall Wind von Interesse. In den deutschen Erdbebengebieten ist darüber hinaus die Kenntnis der Schubtragfähigkeit für eventuell erforderliche Nachweise im Katastrophenlastfall Erdbeben wichtig. Ein zusammenfassende Darstellung der aktuellen Erkenntnis zur Schubtragfähigkeit von Ziegelmauerwerk enthält /1/.

Nach der zurzeit gültigen deutschen Erdbebennorm DIN 4149 kann für übliche Wohngebäude ein rechnerischer Erdbebennachweis entfallen, wenn bestimmte konstruktive Anforderungen berücksichtigt werden.

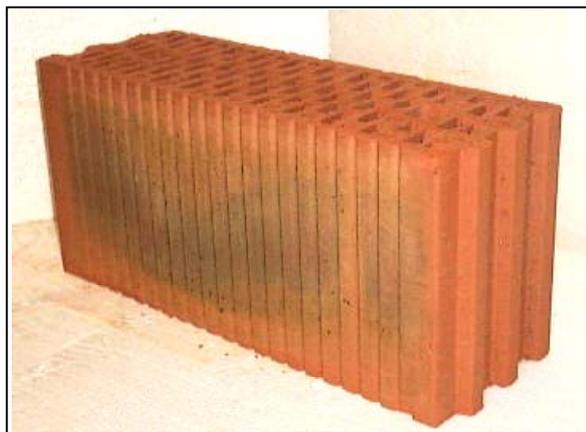
Die Anlage 2.9 zur Bauregelliste enthält ergänzend zu DIN 4149 eine Anforderung an Lochsteine bei Verwendung in den Erdbebenzonen 3 und 4. Dabei müssen entweder in Wandlängsrichtung durchgehende Innenstege vorhanden sein oder eine Mindest-Steinlängsdruckfestigkeit von 2,5 N/mm² nachgewiesen werden. Bei der Überarbeitung von DIN 4149 soll eine entsprechende Regelung für die neu definierten Erdbebenzonen 2 und 3 direkt mit in die Norm aufgenommen werden.

Hintergrund dieser Regelung ist die Vermutung, dass bei Unterschreitung dieses Wertes die rechnerischen Schubfestigkeiten nach DIN 1053-1 nicht erreicht werden könnten. Um diese Vermutung zu überprüfen, wurden im Auftrag der Arge Mauerziegel Schubversuche durchgeführt /2,3/.

Versuche und Versuchsergebnisse

Bei der QsM Essen wurde die Schubtragfähigkeit von Mauerwerk aus Ziegeln ohne in Wandlängsrichtung durchgehende Innenstege untersucht.

Bild 1: HLz B ohne in Wandlängsrichtung durchgehende Innenstege mit zusätzlichen Grifflöchern (aus /2/)



Die wichtigsten Ziegelkennwerte enthält die Tabelle 1. Für die Versuche in /2,3/ wurden gezielt Ziegel ausgewählt, bei denen die zusätzliche Anforderung der Bauregelliste, Anlage 2.9, an die Steinlängsdruckfestigkeit nicht erfüllt war. Diese Ziegel dürften daher zurzeit formal nicht in den Erdbebenzonen 3 und 4 eingesetzt werden.

Tabelle 1: Schubversuche an Ziegelmauerwerk; Materialeigenschaften

| Ziegelsorte | Rohdichte | Steindruckfestigkeit | Längsdruckfestigkeit | Haftscherfestigkeit nach prEN 1052-3 |
|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
| | kg/dm ³ | N/mm ² | | |
| HLz B 12-0,8 /2,3/ | 0,74 | 17,8 | 1,91 | 0,32 |

Bild 2: Prüfkörper im Schubprüfstand (aus /2/)

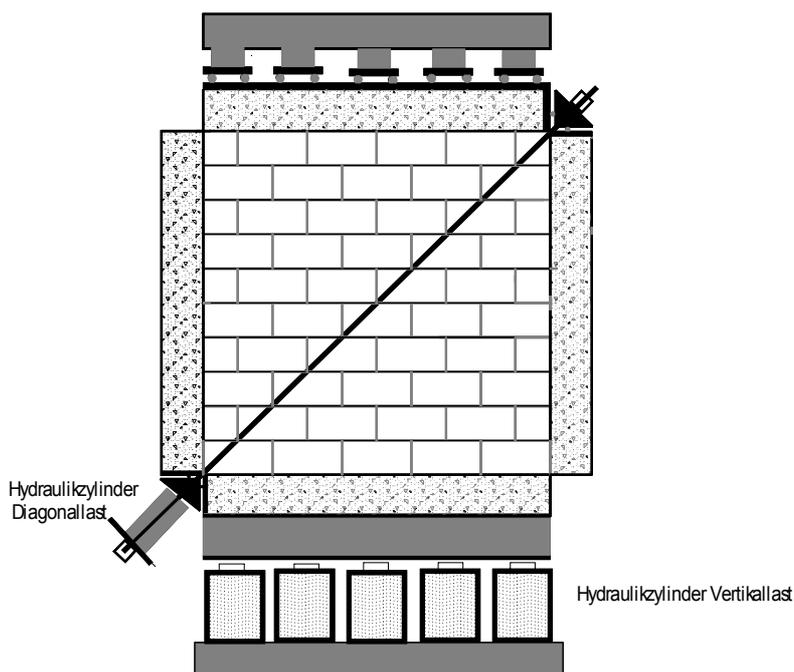


Tabelle 2: Schubversuche an Ziegelmauerwerk; Ziegelsorte, Steinlängsdruckfestigkeit $\beta_{D,Pr}$ ohne Formfaktor, Normalspannung beim Versuch, Schubfestigkeit, Hauptzugspannung

| Ziegelsorte | Längsdruckfestigkeit | Normalspannung | Schubfestigkeit | Hauptzugspannung |
|------------------|----------------------|----------------|-------------------|------------------|
| | N/mm ² | | N/mm ² | |
| HLz B 12-0,8 /2/ | 1,91 | 1,6 | 0,76 | 0,30 |
| HLz B 12-0,8 /3/ | 1,91 | 1,6 | n. b. | n. b. |

n. b.: Prüfkörper versagte durch Abreißen des vertikalen Randbalkens

Die Tabelle 2 enthält die wichtigsten Randbedingungen und Ergebnisse der Schubversuche. Versagensursache war bei dem Versuch /2/ das Überschreiten der Steinzugfestigkeit (s. Bild 3), bei Versuch /3/ das Abreißen eines vertikalen Randbalkens. Dieses Versagen ist nicht als Schubbruch zu werten, eine weitere Auswertung des Versuchs ist daher nicht möglich.

Bemessungsansätze zur Ermittlung der Schubfestigkeit von Mauerwerk

Die Schubbemessung in DIN 1053-1 beruht auf der Theorie von Mann /4/. Für die Überarbeitung des Eurocode 6 war dieser Ansatz aus politischen Gründen nicht konsensfähig. Daher wird dort ein semi-empirischer Ansatz vorgeschlagen, der die Theorie nach /4/ durch eine Linearisierung ausreichend genau annähert.

In der Tabelle 3 sind die mit verschiedenen Bemessungsansätzen ermittelten Schubtragfähigkeiten für den Versuch in /2/ zusammengestellt.

Rechnerisch maßgebend ist der Lastfall „Überschreiten der Steinzugfestigkeit“. Wie bereits in /1/ gezeigt, ist der Ansatz der Steinlängszugfestigkeit $0,033 \beta_{N,st}$ nach DIN 1053-1, Abschnitt 7.9.5, auch für Ziegel ohne in Wandlängsrichtung durchgehende Innenstege offenbar nicht zu niedrig.

Das Versuchsergebnis in /2/ ist nahezu doppelt so hoch wie die nach DIN 1053-1 berechnete Tragfähigkeit. In /1/ wird vorgeschlagen, als Baustoffkennwert für die Schubbemessung im Ansatz nach DIN 1053-1 eine „Stein-Schrägzugfestigkeit“ einzuführen, deren 5%-Quantilwert bei 5% der Nenndruckfestigkeit liegt.

Bild 3: Anordnung der Messstellen und Rissbild der Wand im Bruchzustand

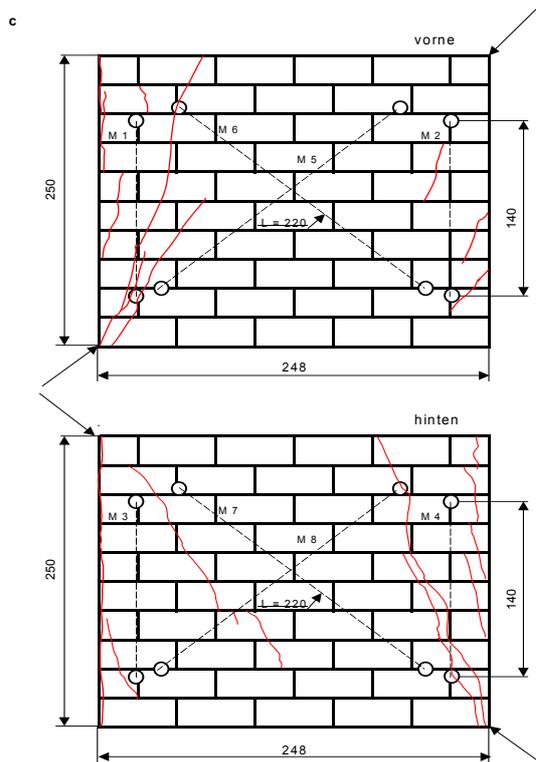


Tabelle 3: Ermittlung der rechnerischen Schubtragfähigkeit nach verschiedenen Bemessungsansätzen für den Versuch /2/, maßgebender Versagensfall „Überschreiten der Steinzugfestigkeit“

| Bemessungsformel | Regelwerk/ Quelle | Rechenwert N/mm ² | Verhältnis Rechenwert/ Versuchsergebnis |
|--|-------------------------------|---------------------------------|---|
| $\gamma \cdot \tau = 0,45 \cdot 0,033 \beta_{N,st} \sqrt{1 + \frac{\sigma}{0,033 \cdot \beta_{N,st}}}$ | DIN 1053-1 | 0,40 | 0,53 |
| $\gamma \cdot \tau = 0,45 \cdot 0,05 \beta_{N,st} \sqrt{1 + \frac{\sigma}{0,05 \cdot \beta_{N,st}}}$ | /1/ | 0,51 | 0,67 |
| $\gamma \cdot \tau = 0,45 \cdot 0,05 \beta_{D,st} \sqrt{1 + \frac{\sigma}{0,05 \cdot \beta_{D,st}}}$ | Vorschlag für DIN 1053-neu | 0,67 | 0,88 |
| $f_{vk} = 0,9 \cdot (0,14 \cdot \sigma_d + 0,034 \cdot f_b)$ | Entwurf EC 6-1999 | 0,75 | 0,98 |
| $f_{vk} = 0,15 \cdot \sigma_d + 0,03 \cdot f_b$ | Vorschlag für EC 6-neu | 0,77 | 1,02 |

Am besten ist der Versuch in /2/ durch die neuen Vorschläge für die Überarbeitung des Eurocode 6 sowie mit der Theorie nach /4/ unter Ansatz der maßgebenden Steinzugfestigkeit zu

$$\beta_{Z,st,maßgebend} = 0,05 \times \beta_{D,st}$$

nachrechenbar.

Die Mindestanforderung an die Steinlängsdruckfestigkeit von 2,5 N/mm² soll auch in die neue DIN 4149 aufgenommen werden. Zur Berücksichtigung unterschiedlicher Prüfkörper-Schlankheiten werden für Hochlochziegel der Steinfestigkeitsklassen \geq HLz 6 die Formfaktoren nach Tabelle 4 vorgeschlagen.

Tabelle 4: Formfaktoren δ zur Ermittlung der Steinlängsdruckfestigkeit

| Prüfkörperschlankheit λ | Formfaktor δ |
|---------------------------------|---------------------|
| 1 | 1,0 |
| 2 | 1,2 |
| 3 | 1,3 |

Zusammenfassung

Der Versuch in /2/ hat bestätigt, dass die Randbedingungen der Anlage 2.9 der Bauregelliste zu DIN 4149 sehr stark auf der sicheren Seite liegen. Obwohl die Längsdruckfestigkeit der verwendeten Ziegel nicht den derzeitigen Mindestanforderungen von 2,5 N/mm² genügt, ist die vorhandene Schubtragfähigkeit deutlich größer als die derzeitigen Rechenwerte nach DIN 1053-1.

Es wird daher vorgeschlagen, die Anforderung der DIN 4149 bei einer zukünftigen Überarbeitung der Norm dahingehend zu ergänzen, dass für Ziegel der Steifigkeitsklasse \geq HLz 6 ohne in Wandlängsrichtung durchgehende Innenstege die Anwendung in den Erdbebenzonen 3 und 4 (Zonen 2 und 3 neu) zulässig ist, wenn die Steinlängsdruckfestigkeit unter Berücksichtigung eines Formfaktors nach Tabelle 4 im Mittel 2,5 N/mm² beträgt.

Für die Überarbeitung der DIN 1053-neu bleibt festzuhalten, dass auch mit Ziegeln ohne in Wandlängsrichtung durchgehende Innenstege die Definition einer Stein-Schrägzugfestigkeit von 5% der Normdruckfestigkeit incl. Formfaktor offenbar zu einer sehr guten Übereinstimmung der Rechenwerte mit den Versuchsergebnissen führt.

Die Linearisierung der Bemessungsgleichung aus DIN 1053 für den Eurocode 6 ist für übliche Ziegeldruckfestigkeiten ausreichend vergleichbar, führt aber für höhere Steindruckfestigkeiten (\geq HLz 20) zu einer deutlichen Überschätzung der Schubfestigkeit.

Daher sollte bei der Überarbeitung der DIN 1053-1 am derzeitigen Bemessungskonzept festgehalten werden. Eine Neufestsetzung der maßgebenden Baustoffkennwerte ist auf der Basis der vorliegenden Ergebnisse (s. /1/) allerdings unbedingt erforderlich.

Für den Lastfall „Steinzugversagen“ sollte für Hochlochziegel als Rechenwert der maßgebenden Stein-„Schräg“zugfestigkeit 5 % der Stein-Normdruckfestigkeit incl. Formfaktor festgelegt werden.

Literatur

/1/ Schubert, P.; Meyer, U.: Druck- und Schubfestigkeit von Mauerwerk aus Hochlochziegeln. Berlin: Ernst&Sohn. In: das Mauerwerk 1/1999, S. 34 bis 41

/2/ Schubtragfähigkeit von Mauerwerk aus Ziegeln mit Stoßfugenvermörtelung. Essen: Gesellschaft für Qualitätssicherung und Materialprüfung. Prüfzeugnis Nr. 264/99/R/1

/3/ Schubtragfähigkeit von Mauerwerk aus Ziegeln ohne Stoßfugenvermörtelung. Essen: Gesellschaft für Qualitätssicherung und Materialprüfung. Prüfzeugnis Nr. 264/99/R/2

/4/ Mann, W., Müller, H.: Schubtragfähigkeit von gemauerten Wänden und Voraussetzungen für das Entfallen des Windnachweises. Berlin: Ernst & Sohn. In: Mauerwerk-Kalender 10 (1985), S. 95-114

Dr.My-GdJ AMz
April 2000