

Rationell hergestellte Wände aus vorgespanntem großformatigen Mauerwerk mit hohem Erdbebenwiderstand

Manufactured prestressed masonry walls with high earthquake resistance

Husemann, U.; Budelmann, H.; Gunkler, E.

Abstract

Latest evolution of the standards in reference to the design of buildings in German earthquake territories postulate upper horizontal substitute encumbrances. The purpose of this research project is the examination of improved shear and deformability behaviour as a result of prestressed masonry.

1. Einleitung

Neueste Normenentwicklungen hinsichtlich der Bemessung von Bauten in deutschen Erdbebengebieten (DIN 4149: 2005-04) fordern größere horizontale Ersatzlasten und somit eine erhöhte Schubtragfähigkeit von Mauerwerksbauten. Wenn die erforderlichen Normalkräfte aus Auflasten fehlen, ist eine rechnerisch ausreichende Schubtragfähigkeit der Wände nicht gegeben.

Die kraftübertragende Kopplung von Wand und Decke ist hinsichtlich des Erdbebenwiderstandes eine bessere Bauweise als die übliche Auflagerung der Stahlbetondecken auf unbewehrte Mauerwerkswände. Spannglieder, die auch Wand und Decke kraftschlüssig verbinden, bewirken aufgrund der Vorspannkraft eine Normalkrafterhöhung in der Wand und lassen eine Steigerung der Schubtragfähigkeit und der Erdbebenresistenz von Mauerwerksbauten erwarten.

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Untersuchung der verbessernden Wirkung der Vorspannung in Mauerwerkswänden mit angekoppelter Decke hinsichtlich des Schubtrag- und Verformungsverhaltens.

2. Spannverfahren

Zusammen mit der Firma SUSPA/DSI, Langenfeld, wurde ein Spannverfahren mit koppelbaren Monolitzen (St 1570/1770, \varnothing : 0,6'', $P_{0,max} = 189$ kN) zur Vorspannung von Mauerwerk weiterentwickelt. Bild 1 zeigt den Festanker mit eingeführter Monolitze. Für den Losanker wurde zur Vermeidung schlupfbedingter Spannkraftverluste statt der sonst üblichen Keilverankerung eine Schraubverankerung konzipiert.

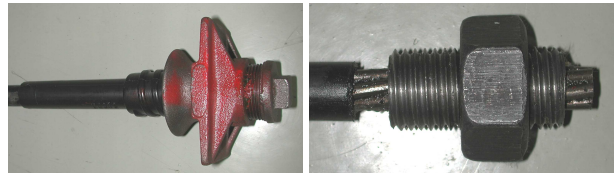


Bild 1: links Festanker mit eingestoßener Monolitze, rechts Spannanker

3. Wandversuche

Es wurden insgesamt vier Wandscheiben mit Abmessungen und Auflasten geprüft, wie sie in bis zu dreigeschossigen Wohnbauten zur Gebäudeaussteifung herangezogen werden können. Versuchstechnisch wurde die Wand des untersten Geschosses berücksichtigt. Zur Simulation des Eigengewichts darüber liegender Geschosse wurde eine normalkraftbedingte Lagerfugenpressung in der untersten Lagerfuge von $\sigma = 0,50$ N/mm² aufgebracht.

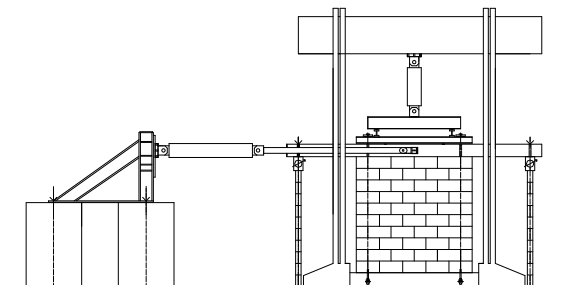


Bild 2: vollständiger Versuchsaufbau, Wandkörper W1

Alle Wände wurden mit je zwei Monolitzen vorgespannt und mit einem Kopfbalken versehen, der die verdrehungsbehindernde Wirkung der Decke über der Schubwand simulierte. Bild 2 zeigt den Wandkörper W1 im Versuchsstand. Gegenüber W1 wurde neben der Länge der Wände auch der Abstand der Spannglieder variiert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Abmessungen der Versuchswände, Vorspannkraft und aufgenommene Horizontalkräfte

	Wand 1	Wand 2	Wand 3	Wand 4
Wandhöhe	2,50 m			
Wanddicke	0,175 m			
Wandlänge	2,50 m	2,50 m	1,25 m	1,25 m
Abstand der Spannlieder	2,00 m	1,25 m	0,75 m	0,75 m
Lagerung des Kopfbalken	zweiseitig	zweiseitig	zweiseitig	einseitig
Vorspannung ($2 \cdot P_0$)	360 kN	356 kN	352 kN	274 kN
Erstrissbildung [kN]	217	223	110	101
	- 227	- 220	- 114	- 100
Horizontale Auslenkung bei Erstrissbildung [mm]	3	6	7	11
Versagen der Wand oder Erreichen des Abbruchkriteriums [kN]	109	89	60	34
	- 105	- 94	- 60	- 16
Maximale horizontale Auslenkung vor Versagen [mm]	17	23	23	20

Die Wände wurden durch eine horizontale, statisch zyklisch wirkende Kopfverschiebung beansprucht. Die Verschiebung wurde mit einer Geschwindigkeit von 0,008 Hz weggesteuert in drei Zyklen je Verformungsstufe aufgebracht. Exemplarisch für W1 zeigen Bild 3 die aufgenommenen Verschiebungs-Horizontalkraft-Hysteresen und Bild 4 das Bruchbild.

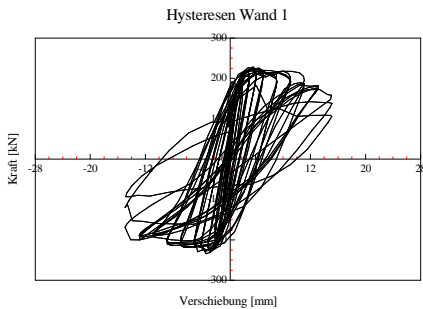


Bild 3: Darstellung der Hysteresen bei horizontaler Kopfauslenkung [mm], W1

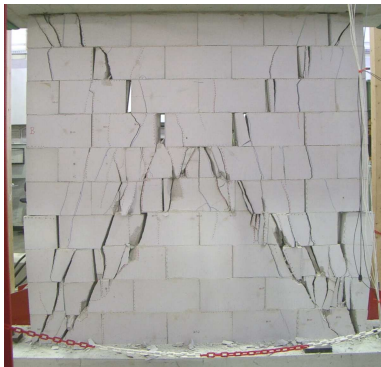


Bild 4: Bruchbild von Wand W1

4. FEM- Simulation

Die rechnerische Ermittlung der Kapazitätskurven erfolgte unter Anwendung des FEM-Programmsystems ATENA. Die Extremwerte der errechneten Einzelhysteresen zyklischer Versuche wurden zu einer Kapazitätskurve zusammengefasst, die das Schubtragverhalten der Wände wiedergeben. Exemplarisch sind diese für die

Versuchswand W1 in bei statischer und zyklischer Belastung der Versuchskurve gegenübergestellt (Bild 5).

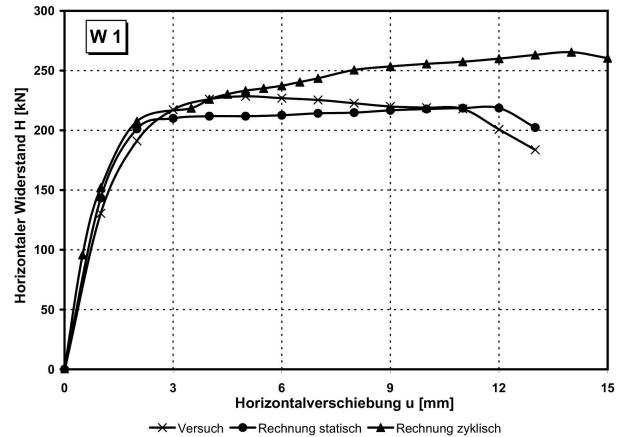


Bild 5: Vergleich der Kapazitätskurven experimentell und rechnerisch (statisch und zyklisch), W1

5. Zusammenfassung und Ausblick

Der Beitrag berichtet über die ersten Auswertungsschritte im Rahmen des Forschungsvorhabens „Rationell hergestellte Wände aus vorgespanntem großformatigen Mauerwerk mit hohem Erdbebenwiderstand“. Es wird die das Schubtrag- und Verformungsverhaltens verbessernde Wirkung der Vorspannung von Mauerwerkswänden mit angekoppelter Decke untersucht.

An vier verschiedenen vorgespannten Wandkörper $h = 2,50$ m und $d = 0,175$ m mit Längen von 2,50 m bzw. 1,25 m wurden statisch zyklische Schubversuche durchgeführt. Neben der Nachrechnung der Versuchsergebnisse mit dem FEM-Programmsystem ATENA wurde die Schubkapazität der Versuchswände bestimmt und mit nach einem Modell von Bachmann/Lang ermittelten Werten verglichen. Die ersten Nachrechnungen zeigen bereits gute Übereinstimmungen zwischen Versuch und Rechnung.

6. Literatur

- 1/ Budelmann, H.; Gunkler, E.; Husemann, U.; Becke, A.: *Rationell hergestellte Wände aus vorgespanntem großformatigem Mauerwerk mit hohem Erdbebenwiderstand* (AZ: Z 6-5.4-02.18) Zwischenberichte des IBMB der TU Braunschweig und der FH Lippe und Höxter. Juni 2003 und Januar 2004
- 2/ Budelmann, H.; Gunkler, E.; Husemann, U.; Becke, A.: *Rationell hergestellte Wände aus vorgespanntem großformatigem Mauerwerk mit hohem Erdbebenwiderstand* (AZ: Z 6-5.4-02.18). In: *Mauerwerk-Kalender 2004*. Ernst & Sohn, Berlin 2003, S. 635 - 641