

**Experimentelle Bewertung der Schubtragsicherheit
von Stahlbetonbauteilen**

Experimental Evaluation of the Shear Bearing Safety
of Reinforced Concrete Members

Gregor Schacht

Kurzfassung

Um die Anwendung der Methode der experimentellen Tragsicherheitsbewertung auch für Bauteile zu ermöglichen, die eine Gefährdung eines gering duktilen Versagens, wie des Biegeschubversagens, aufweisen, wurden diese Versagensform und ihre messtechnisch erfassbare Vorankündigung ausführlich analysiert. Bisher waren solche sprödbrechgefährdeten Bauteile von einer experimentellen Untersuchung ausgeschlossen, weil keine geeigneten Kriterien zur sicheren Bestimmung der Versuchsgrenzlast existierten. Diese Wissenslücke wurde in dieser Arbeit geschlossen und Indikatoren bzw. Kriterien entwickelt, die eine sichere Bestimmung der maximal zulässigen Beanspruchung während eines Belastungsversuches an einem schubbeanspruchten und sprödbrechgefährdeten Bauteil ermöglichen.

In der Arbeit wurde ein zweigeteilter Ansatz verfolgt, bei dem zunächst durch theoretische Überlegungen die Gefahr eines spröden Schubversagens beurteilt werden kann. Dazu wurden die geschichtliche Entwicklung der Schubbemessung analysiert und eine Bewertung sowie ein Vergleich der verschiedenen Bemessungsregeln durchgeführt. Damit und aus der Analyse der maßgeblichen Einflussfaktoren auf das Schubtragverhalten von Stahlbetonbauteilen, konnten Randbedingungen formuliert werden, für die ein Schubversagen bereits im Vorfeld einer experimentellen Untersuchung ausgeschlossen werden kann.

Ist es trotzdem notwendig, die Schubtragsicherheit eines Stahlbetonbauteiles experimentell nachzuweisen, können die in dieser Arbeit formulierten Kriterien zur Beurteilung des Tragzustandes verwendet werden. Um die theoretisch entwickelten Indikatoren zu praxistauglichen Kriterien hocharbeiten zu können, wurden experimentelle Untersuchungen an Stahlbetonbalken ohne und mit geringer Schubbewehrung durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass für die Beurteilung des Schubtragverhaltens vor allem die schräge Rissentstehung und -entwicklung maßgeblich sind. Um den kritischen Rissbildungszustand beurteilen zu können, wurde zwischen lokaler und globaler Schubschädigung unterschieden. Für die messtechnische Wahrnehmung bzw. Erfassung der schrägen Rissentwicklung wurden herkömmliche Verformungsmesstechniken wie Induktive Wegaufnehmer und Dehnungsmessungstreifen mit der Nahbereichsphotogrammetrie und der Schallemissionsanalyse kombiniert eingesetzt.

In den Versuchen konnte der Übergang vom spröden Versagen infolge Querkraft hin zu duktilem Biegeversagen durch die Veränderung der Schubschlankheit und des Bügelbewehrungsgrades gezeigt werden. Bereits geringe Bügelbewehrungsmengen führten zu einem wesentlich duktileren Verformungsverhalten und einem Versagen, das eine deutliche Vorankündigung zeigt. Aus den durchgeführten theoretischen Überlegungen und experimentellen Untersuchungen wurden Empfehlungen für die Vorgehensweise bei experimentellen Tragsicherheitsbewertungen schubgefährdeter Konstruktionen abgeleitet.

Abstract

In order to allow the application of loading tests (experimental evaluation of the load bearing safety) for structural members, that are deemed to fail brittle, e. g. in shear compression, this type of failure and its measurable announcement have been studied in detail. Up till today structural members endangered of brittle failures could not be investigated experimentally, because no appropriate criteria for the determination of the ultimate test load existed. This gap in knowledge was closed in this thesis and indicators and criteria were developed, which allow the detection of the maximum allowable load during load testing of shear critical structures with the risk of a brittle failure.

In this work a two-step approach is chosen. At first theoretical considerations are presented with which the danger of a brittle shear failure can be evaluated. Therefor the historical development of the shear design was analyzed and an evaluation and comparison of the different shear design rules are given. Therewith and with the analysis of the significant influencing factors on the shear bearing behavior of reinforced concrete members, boundary conditions were proposed for which a shear failure can be excluded in advance of an experimental evaluation of the load bearing safety.

However, if it is still necessary to experimentally evaluate the shear bearing safety of a reinforced concrete structural member, the criteria given in this thesis can be utilized for the evaluation of the bearing condition. To develop the theoretically derived indicators up to practical criteria experimental investigations on reinforced concrete beams without and with low shear reinforcement have been carried out. It was shown that the formation and development of inclined cracks are the most significant indicators for a developing shear failure. For the assessment of the critical crack condition a distinction between local and global shear damage was formulated. For the perception and detection of the inclined crack development common deformation measurements as inductive displacement transducers and strain gauges were combined with close-range photogrammetry and acoustic emission analysis.

In the experimental investigations the transition from brittle shear failure to ductile bending failure was shown by varying the shear-to-depth-ratio and the amount of shear reinforcement. Already low amounts of shear reinforcement led to a significantly ductile deformation behavior and a failure with a clear advanced notice. With the theoretical considerations and the experimental investigations recommendations for experimental evaluations of the shear bearing safety were derived.