

Berichte aus dem Institut für Statik und Dynamik der
Tragstrukturen

Band 8

Ingo Timmel

**Imperfektionssensitivität
schlanker stählerner Kreiszyinderschalen
unter statischer Windbelastung**

Shaker Verlag
Aachen 2004

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Leipzig, Univ., Diss., 2004

Copyright Shaker Verlag 2004

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-3046-7

ISSN 1615-8423

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

KURZFASSUNG

Der häufigen Anwendung von schlanken stählernen Kreiszyklinderschalen stehen erhebliche Kenntnislücken gegenüber, so dass diese Strukturen derzeit auf sehr unterschiedlichem Sicherheitsniveau bemessen werden. Reale Schalentragswerke sind durch ein breites Spektrum von Imperfektionen gekennzeichnet, wodurch die Tragfähigkeit gegenüber den perfekten Strukturen deutlich gemindert wird. Aufbauend auf den Erkenntnissen zum Tragverhalten *perfekter* schlanker Kreiszyklinderschalen unter Windbelastung widmet sich diese Arbeit den *imperfekten* Strukturen.

Die vorgestellten Parameterstudien erfolgen ausschließlich numerisch. Das verwendete FE-Modell berücksichtigt sowohl geometrische als auch materielle Nichtlinearitäten, welche im untersuchten Geometriebereich mit einer Schlankheit $20 \leq h/r \leq 60$ und einer Dünnwandigkeit $50 \leq r/t \leq 350$ maßgeblichen Einfluss besitzen.

Um die Einflüsse von praktisch unvermeidbaren Imperfektionen wie z.B. Vorbeulen, Unrundheiten, Exzentrizitäten, Nenndickenabweichungen oder Eigenspannungen in einer numerischen Analyse abzudecken, werden geometrische Ersatzimperfektionen eingeführt. Das Auffinden geeigneter Imperfektionsformen und die Untersuchung des Einflusses der einzelnen Imperfektionsparameter sind Kerninhalte dieser Arbeit. Außerdem bildet die Auseinandersetzung mit dem aktuellen Regelwerk zur Bemessung von Schalentragswerken einen weiteren Schwerpunkt.

Untersucht wird die freistehende Schale, die nur am Fuß gestützt ist. Dies entspräche nach der Stabtheorie einem Kragträger. Obwohl das Erscheinungsbild von schlanken Kreiszyklinderschalen stabartig anmutet, zeigen sie ein ausgeprägtes Schalentragsverhalten, welches gegenüber der Stabtheorie deutlich abweicht.

ABSTRACT

The widespread application of slender cylindrical steel shells is currently not covered by sufficient knowledge. Therefore, the design of these structures can not assure an even safety level. Real shell structures are characterised by a broad range of imperfections, through what the load bearing capacity is considerably reduced compared to the perfect structure. The load bearing capacity of *perfect* slender cylindrical steel shells under wind loading could be recently clarified. Using this knowledge this paper is about the imperfect structures.

The presented parameter studies are exclusively based on numerical analysis. The used FE-model takes geometrical as well as material non-linearity into consideration. The non-linearity has a substantial influence in the investigated geometry range with a height to radius ratio of $20 \leq h/r \leq 60$ and a radius to thickness ratio of $50 \leq r/t \leq 350$.

The shells are modelled in the numerical analysis with geometrical equivalent imperfections in order to cover real imperfections which cannot be avoided in practice, e.g. initial dimples, out-of-roundness, eccentricities, deviations from nominal thickness or residual stresses. The identification of appropriate imperfection pattern and the investigation of the influence of the several imperfection parameters are the main contents of the paper. In addition the current design regulations for shell structures are discussed.

The investigation concentrates on the free-standing shell structure, which is only supported at the bottom. This would comply with a cantilever according to beam theory. Although the slender cylindrical shell may look like a beam, it shows a distinct shell behaviour which deviates considerable from beam theory.