

DIPLOMARBEIT

Numerische Untersuchungen zur Kippstabilität von schlanken Stahlbetonträgern

Problemstellung

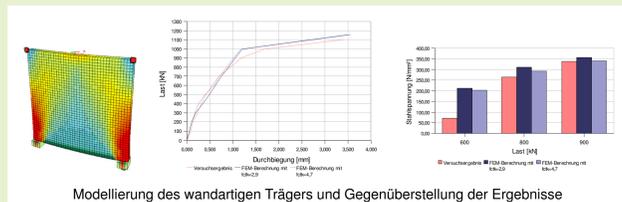
Mit zunehmender Spannweite und Schlankheit von Stahlbetonträgern spielt die Kippstabilität der Träger eine immer größere Rolle. In der DIN 1045-1 steht lediglich ein Abgrenzungskriterium zur Verfügung, um die Sicherheit von parallelgurtigen Trägern gegen Kippen abzuschätzen. Zu genaueren Nachweisen werden nur allgemeine Hinweise gegeben.

Mit Hilfe von Finite-Element-Programmen können die physikalischen und geometrischen nichtlinearen Eigenschaften von Stahlbetonträgern wirklichkeitsnah erfasst werden, und damit auch Stabilitätsprobleme wie das Kippen von Trägern mit einer beliebigen Geometrie untersucht werden.

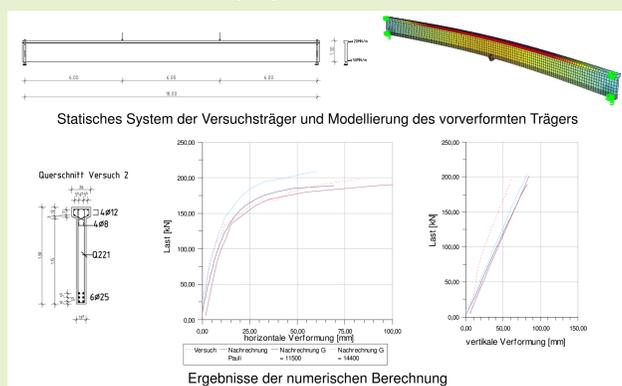
Die Modellierung und Berechnung von kippgefährdeten Trägern erfolgte in dieser Arbeit mit dem Programmsystem SOFiSTiK unter Verwendung von nichtlinearen Schalenelementen. Die Eignung der verwendeten Elemente für nichtlineare Berechnungen wird anhand von Versuchen überprüft. Auf Grundlage der Versuche zur Kippstabilität wurden verschiedene Einflussgrößen auf die Stabilität der Träger untersucht. Die Ergebnisse aus den Voruntersuchungen werden dann auf ein Beispiel aus der Praxis übertragen.

Voruntersuchungen

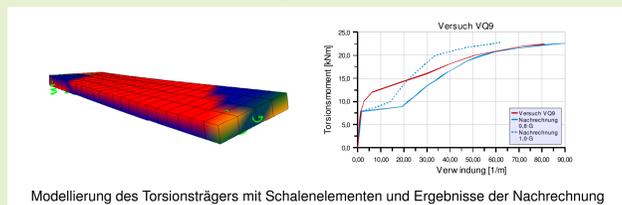
Die Eignung der verwendeten Schalenelemente und die Erfassung des nichtlinearen Materialverhaltens wurden anhand von wandartigen Trägern untersucht.



Um die wirklichkeitsnahe Simulation des Stabilitätsverhaltens von Stahlbetonträgern zu überprüfen, wurden Versuche zur Kippstabilität nachgerechnet. Dabei wurden die Materialparameter und die an den Versuchsträgern gemessenen Vorverformungen berücksichtigt. Zur Berücksichtigung der Mikrorissbildung wird die Torsionssteifigkeit im Zustand I auf 80% reduziert. Die Berechnung lieferte sowohl bezüglich der Traglast, als auch bezüglich der horizontalen und vertikalen Verformungen gute Resultate.

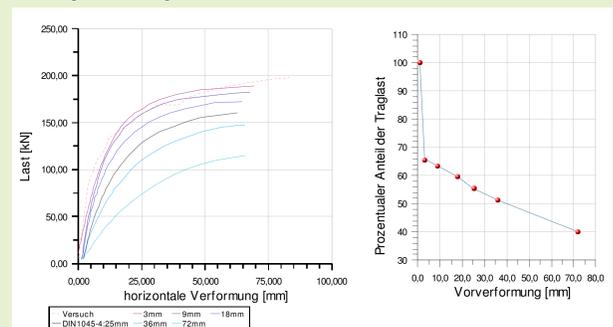


Des Weiteren wurden Versuche an torsionsbeanspruchten Balken nachgerechnet, um den Ansatz der Torsionssteifigkeit zu untersuchen. Unter reiner Torsionsbeanspruchung muss die Torsionssteifigkeit im Zustand I auf 80% reduziert werden, um den Einfluss der Mikrorissbildung zu berücksichtigen. Bei vorwiegend auf Biegung beanspruchten Trägern bleibt diese besser erhalten und kann unter Umständen voll angesetzt werden.



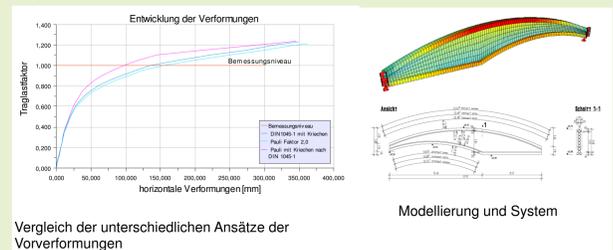
Ergebnisse

Auf Grundlage der Versuchsnachrechnungen zur Kippstabilität wurde der Einfluss der Imperfektionen auf die Traglast und die Entwicklung der horizontalen Verformungen untersucht. Hier wurden Gabelschiefstellungen, Vorverdrehungen um die Längsachse und horizontale parabolische Vorverformungen des Trägers betrachtet.



Einfluss der Vorverformung des Trägers auf die horizontalen Vorverformungen und die Traglast. Die Untersuchung ergab, dass das System auf keine der Imperfektionen besonders empfindlich reagiert. Jedoch nimmt die Traglast im Vergleich zu einem ideal geraden Träger schon bei einer geringen Imperfektion stark ab.

In der Praxis werden häufig komplexe Trägergeometrien angetroffen, die weder durch die Norm noch durch die vorhandenen Näherungsverfahren erfasst werden können. Mit der Finite-Elemente Methode in Verbindung mit einer entsprechenden Software kann das wirklichkeitsnahe Tragverhalten der Träger simuliert werden. Durch Versuchsnachrechnungen konnten die verwendeten nichtlinearen Schalenelemente und das Materialgesetz verifiziert werden. Die Modellierung wurde auf eine komplexe Trägergeometrie übertragen.



Durch die Modellierung mit nichtlinearen Schalenelementen kann das Stabilitätsverhalten von schlanken Stahlbetonträgern sehr gut abgebildet werden. Dabei können die horizontalen Verformungen und die Traglast gut erfasst werden, wenn die Geometrie, die Materialeigenschaften und die vorhandenen Vorverformungen und Imperfektionen so wirklichkeitsnah wie möglich angegeben werden. Besonders die Vorverformungen, die einen erheblichen Einfluss auf die Stabilität besitzen, müssen sicher abgeschätzt werden.