

## **Numerische Simulation des nichtlinearen Verhaltens von räumlich wirkenden Stahlbeton- und Spannbeton-Stabtragwerken unter quasistatischen Last- und Zwangsprozessen bei schwacher Torsion**

Projektleiter	Univ.-Prof. i.R. Dr.-Ing. habil. H. Müller apl. Prof. Dr.-Ing. W. Graf
Mitarbeiter	Dr.-Ing. E. Stanoev

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde ein mechanisch-mathematisches Berechnungsmodell entwickelt, das zur wirklichkeitsnäheren Einschätzung des nichtlinearen Verhaltens schwach tordierter, räumlich wirkender Stahlbeton- und Spannbetontragwerken beitragen soll. Es können untersucht werden Systeme aus geraden Stäben in beliebiger Anordnung unter quasistatischen Last- und Zwangsprozessen.

Die Erfassung des nichtlinearen Stoffverhaltens als Prozeß ist notwendige Voraussetzung, um auch den Prozeßcharakter von Last- und Zwang - mit Ent- und Wiederbelastungsbereichen - wirklichkeitsnah einbeziehen zu können. Die Algorithmen zur Erfassung nichtlinearer Kinematik lassen große Verschiebungen bei Einhaltung moderater Rotationen zu.

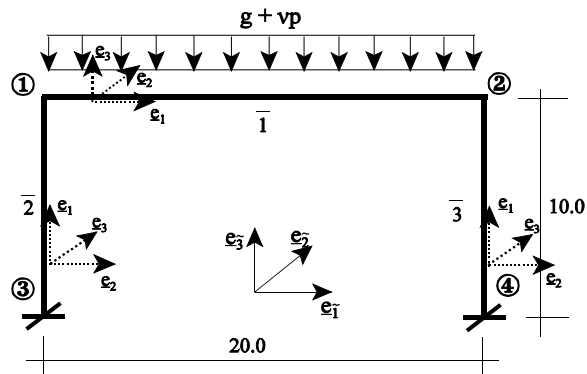
Der polygonal umrandete Stahlbetonquerschnitt kann Bewehrungseinlagen in beliebiger Anordnung enthalten, er darf längs der Stabachse schwach veränderlich sein. Jedes Spannseil wird als räumliche Kurve im Stabinnern beschrieben. Der Spannkraftverlauf wird mit Berücksichtigung der Reibungsverluste und des Keilschlupfes ermittelt. Das Systemverhalten kann sowohl während des Vorspannprozesses als auch nach dem Verankern der Spannseile mit oder ohne Verbund simuliert werden.

Die nichtlinearen Differentialgleichungen für die Wirkungsgrößen eines Stabes werden durch Inkrementierung der Wirkungsgrößen und iterative Abarbeitung in jedem Inkrement in linearisierte DGL-Systeme erster Ordnung überführt und durch numerische Runge-Kutta-Integration gelöst. Die nach der Deformationsmethode zusammengestellten, (implizit) nichtlinearen Systemgleichungen für die Knotenverschiebungsinkremente werden nach dem modifizierten NEWTON-RAPHSON-Vorgehen gelöst. Alternativ kann auf einen Pfadverfolgungsalgorithmus umgeschaltet werden.

Auch die räumliche Gleichgewichtsverzweigung ebener Stahlbetonsysteme - von einem ebenen (nach dem Verzweigungspunkt) labilen Gleichgewichtspfad in einen räumlich stabilen - kann für weitgehend beliebige quasistatische Last- und Zwangsprozesse in der Systemebene mit Erfassung der geometrischen und physikalischen Nichtlinearitäten untersucht werden.

## BEISPIEL

Vorgestellt wird die nichtlineare Verzweigungslastuntersuchung eines Stahlbeton-Rahmens und ein zyklischer Lastprozeß.



Ständige Lasten :  $g = 7.94 \text{ kN/m}$  (EG Riegel)  
 $4.5 \text{ kN/m}$  (EG Stütze)  
 Anfangsnutzlast  $p = 10 \text{ kN/m}$

Stoffgesetze nach ÖTES  
 Beton C30/36  
 Stahl B 500 B

