

A universal analysis and design tool

Steel fiber reinforced concrete components

Ein universelles Berechnungs- und Bemessungstool

Stahlfaserbetonbauteile

A comprehensive analysis and design tool for rectangular cross-sections consisting of steel fiber reinforced concrete with or without conventional rebar was developed using spreadsheet analysis and optimization methods. The tool is based upon the officially introduced DAfStb guideline on steel fiber reinforced concrete as well as DIN EN 1992-1-1 (Eurocode 2) for conventional concrete structures, such as in building construction.

It computes internal forces according to the yield line theory and/or the DBV Guide to Good Practice on “Steel fiber reinforced industrial concrete floors” for bedded slabs under various point or area load scenarios. Only by using such non-linear methods of determining internal forces it is possible to identify cost-effective designs with integrated fibers [2]. The actual cross-sectional design includes the usual dimensioning for the ultimate limit state (bending, combined bending and axial load, shear load) and for the serviceability limit state (crack control, limitation of stresses) as well as a check of relevant minimum reinforcement ratios.

Furthermore, the design tool facilitates reverse computations determining fiber classes for loads or constraining forces and a preassigned amount of reinforcement. These computations are supported by options for optimizing fiber classes. Results are visualized at cross-sections along with degrees of utilization and contrasted quantitatively with conventionally reinforced concrete solutions. Gradient methods (GRG) are applied to solve the non-linear equations of equilibrium; stress integrals are solved analytically [3]. To ensure numerical stability automatically repeated iterative loops with varying starting values are implemented [1]. Starting at the boundary values of permissible strains the solution space is sub-divided iteratively for the following steps. Standard computers require only a few seconds to complete this computation.

Auf Basis von Tabellenkalkulationen und Optimierungsverfahren wurde ein umfassendes Berechnungs- und Bemessungsprogramm für Rechteckquerschnitte aus Stahlfaserbeton oder stahlfaserverstärktem Stahlbeton entwickelt. Grundlagen sind die Regelungen der bauaufsichtlich eingeführten Richtlinie „Stahlfaserbeton“ des DAfStb und der DIN EN 1992-1-1 (Eurocode 2) für übliche Betonbauwerke etwa des Hochbaus.

Das Programm enthält zunächst die Schnittgrößenermittlung nach der Bruchlinientheorie beziehungsweise dem DBV-Merkblatt „Industrieböden aus Stahlfaserbeton“ für gebettete Platten unter verschiedenen punktierten oder flächigen Lastkonfigurationen. Nur mit solch nichtlinearen Schnittgrößenverfahren gelingen hier wirtschaftliche Auslegungen mit Fasern [2]. Die eigentliche Querschnittsbemessung sieht zu einem die klassisch vorwärts gerichtete Dimensionierung in den Grenzzuständen von Tragfähigkeit (Biegung, Biegung mit Längskraft, Querkraft) und der Gebrauchstauglichkeit (Rissbreitenbeschränkung, Spannungsbegrenzung) vor. Die jeweiligen Mindestbewehrungsmengen werden kontrolliert. Zum anderen sind auch umkehrende Berechnungen wie die Ermittlung erforderlicher Faserklassen bei gewünschten Bewehrungsmengen aus Zwang oder Last möglich. Sie werden unterstützt durch Optionen zur Optimierung der Leistungsklassen. Die Ergebnisse werden im Querschnitt und in den Ausnutzungsgraden visualisiert und quantitativ reinen Stahlbetonvarianten gegenübergestellt.

Zur Gleichungslösung werden Gradientenverfahren (GRG) verwendet und die Spannungsintegrale analytisch gelöst [3]. Aus Stabilitätsgründen sind sich automatisch wiederholende, iterative Schleifen mit verschiedenen Startwerten implementiert [1]. Sie beginnen an den Definitionsrändern der zulässigen Dehnungen und unterteilen den möglichen Lösungsraum der Dehnungen für die Wiederholungen. Übliche Computer benötigen nur wenige Sekunden für die Berechnung.



Katharina Look, M. Sc.;
Ruhr-Universität Bochum
katharina.look@rub.de



Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Mark;
Ruhr-Universität Bochum
peter.mark@rub.de

REFERENCES/LITERATUR

- [1] Heek, P.; Ahrens, M. A.; Mark, P.: Incremental-iterative model for time-variant analysis of SFRC subjected to flexural fatigue, *Materials and Structures* 50:62, 2017, DOI 10.1617/s11527-016-0928-z.
- [2] Gödde, L., Strack, M., Mark, P.: Bauteile aus Stahlfaserbeton und stahlfaserverstärktem Stahlbeton – Hilfsmittel für Bemessung und Verformungsabschätzung nach DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“, *Beton- und Stahlbetonbau* 105(2), 2010.
- [3] Mark, P.: Optimierungsmethoden zur Biegebemessung von Stahlbetonquerschnitten, *Beton- und Stahlbetonbau* 98(9), 2003, S. 511-519.