

Einleitung

Bei der Beanspruchung dünnwandig offener Querschnitte auf Torsion stellen sich Drillverformungen ein und bei Wölbbehinderung entstehen Wölbspannungen. Um diese Spannungen bei einer FEM-Berechnung berücksichtigen zu können, muß das zu berechnende System als Schale diskretisiert werden. Eine reine Torsionsbeanspruchung ist bei einer Schale nur schwer zu idealisieren.

Ziel ist es eine Koppelung zwischen einem Balken und einer Schale zu ermöglichen, um mit Hilfe eines Torsionsmomentes die Torsion gleichmäßig in das Balkenelement einzuleiten. Der Verformungszustand muß dann vom Balkenelement auf das Schalenelement übertragen werden.

Numerische Berechnung am Balkenelement

Die für die Berechnung der Wölbspannungen nötigen Querschnittswerte können mit Hilfe einer Fortran-Programmierung bei Balkenelementen numerisch berechnet werden. So lassen sich zum Beispiel Einheitsverwölbung, Lage des Schubmittelpunktes und Wölbspannungen graphisch darstellen.

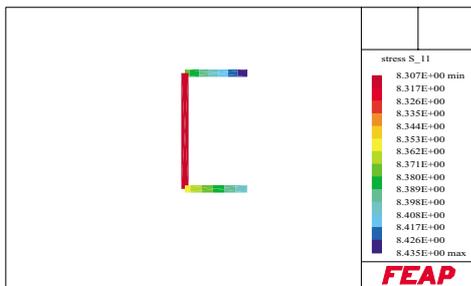


Abb.1 : Wölbspannungen am U-Profil

Torsionseinleitung in Schalen

Mit Hilfe von Querkräften kann eine Torsionsbelastung auch in eine Schale eingeleitet werden. Neben den zu erwartenden Wölbspannungen treten dann allerdings zusätzliche Störspannungen auf.

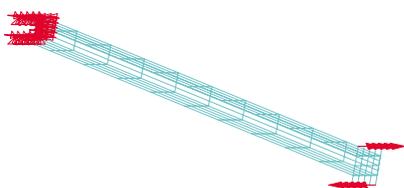


Abb.2 : Beispiel einer Torsionseinleitung in eine Schale

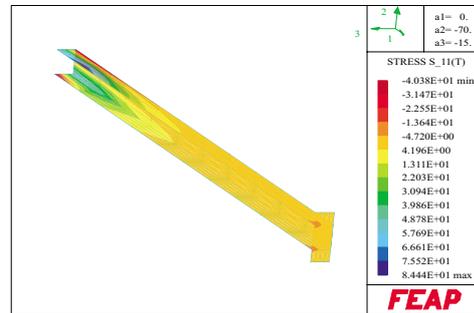


Abb.3 : Spannungsverteilung

Koppelement

Im Koppelquerschnitt treffen zwei Querschnitte zusammen, die zunächst völlig unabhängig voneinander sind. Der Koppelquerschnitt muß so konstruiert sein, daß die Kontinuität des Tragwerks erhalten bleibt, und die Kinematik übertragen wird. Der Übergang soll dabei möglichst störungsfrei erfolgen. Ein mögliches Koppelement ist das Zwei-Knoten-Element, bei dem der im Koppelquerschnitt liegende Balkenknoten mit jedem Schalenknoten verknüpft wird.

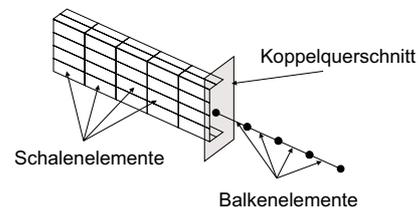


Abb.4 : Beispiel einer Koppelung

Ein solches Koppelement läßt allerdings nur Verformungen in der Koppelebene zu. Die Längsverschiebungen (Verwölbungen) können nicht übertragen werden, womit auch an der Koppelstelle Wölbspannungen entstehen.

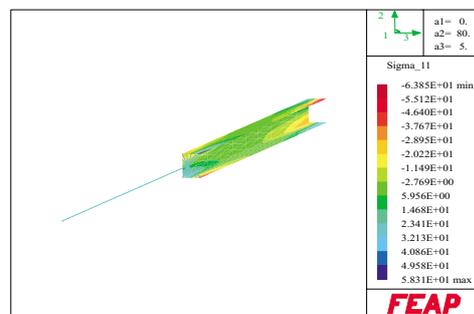


Abb.5 : Spannungsbild bei einer Koppelung