

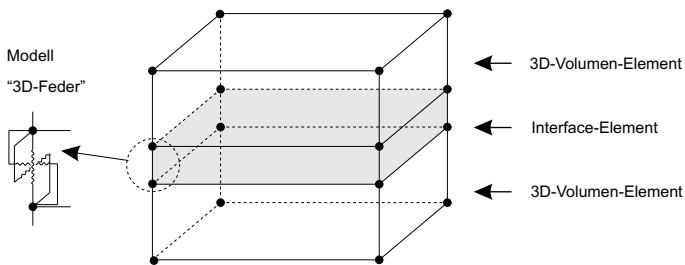


Motivation

Um die Wechselwirkung konzentrierter Verbund-Schlupf-Beziehungen im Verbundbau zu erfassen, werden im Rahmen der Finite Elemente Methode Zwischenelemente, sogenannte Interface-Elemente, implementiert. Durch diese Zwischenelemente wird das nichtlineare Verbundverhalten in der Verbundfuge modelliert. Durch die Wahl des Coulombschen Reibungsgesetzes als Modell wird dies realisiert.

Im Hinblick auf die numerische Stabilität werden zwei Elementtypen untersucht: kontinuierliche und konzentrierte Zwischenelemente.

Die kontinuierlichen Zwischenelemente (*continuous interface elements*) beschreiben diese Wechselbeziehung über ein interpoliertes Verschiebungsfeld. Die konzentrierte Zwischenelemente (*lumped interface elements*) beschränken sich auf diskrete Knoten. Sie werden durch eine Modifikation der numerischen Integrationsparameter aus den kontinuierlichen Zwischenelemente abgeleitet.



Finite Element Formulierung

Beim Interface-Element handelt es sich um ein 8-Knoten-2D-Element, das zwei Volumenelemente verbindet. Das Element selbst beschreibt die Wechselwirkung innerhalb einer Fläche, es hat somit, wie schon erwähnt, keine physikalische Höhe.

An jedem Knotenpaar des *interface*-Elementes gilt folgende konstitutive Beziehung

$$\mathbf{t} = \mathbb{C}^{el} \Delta \mathbf{u} \quad ,$$

die den Zusammenhang zwischen den zu übertragenden Kräften $\mathbf{t} = [t_r \ t_s \ t_t]^T$ und der Relativverschiebung $\Delta \mathbf{u}$ vorgibt.

COULOMBSches Reibungsgesetz

Das Fließgesetz Φ_1 des Zwischenelement in Kombination mit dem COULOMBSchen Reibungsgesetz hängt von der Norm der Scherkräfte t_{rs} in der Verbundfuge, der

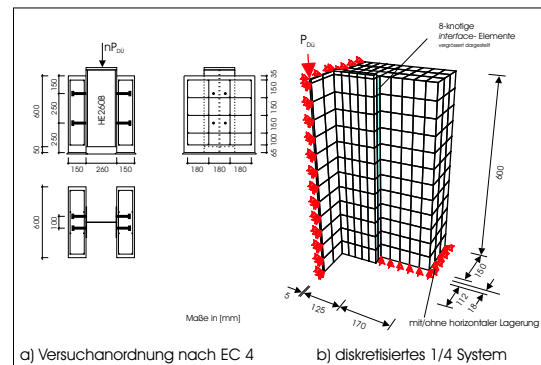
Normalkraft t_t und einer internen Variablen κ , die das nichtlineare Verhalten (isotrope Ver-/Entfestigung) beschreibt, ab.

$$\Phi_1(t_{rs}, t_t, \kappa) = |t_{rs}| + \alpha_1 t_t - k_1(\kappa)$$

$$\text{mit } t_{rs} = \sqrt{t_r^2 + t_s^2}, \quad \alpha_1 = \tan \varphi, \quad k_1(\kappa) = c(\kappa)$$

Berechnungsbeispiel: push-out-Versuch nach EC 4

Die numerische Simulation des im EC4, Abschnitt 10.2.2 angegebenen standardisierten Versuchskörpers zum Bestimmen der Traglast von Kopfbolzendübel soll zeigen, inwieweit die experimentellen Ergebnisse mit den numerischen übereinstimmen.



Es wurden 4 Berechnungen angefertigt, alternativ mit und ohne horizontalem Lager, das die Einleitung von Zugkräften in die Dübel verhindert, und je einem Reibungswinkel von 0° bzw. 30° . Die Berechnungen zeigten, dass die Last-Verschiebungskurven bei zunehmendem plastischem Verhalten sehr gut mit den experimentellen Kurven übereinstimmen.

Der Einfluß der Reibung zeigte ein Ablösen des Stahlprofils vom Betonprüfkörpers.

