

Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 60 (1990)

Artikel: Zum Tragverhalten von Verbundplatten mit nachgiebiger Schubfuge
Autor: Neulichedl, Alois
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-46453>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

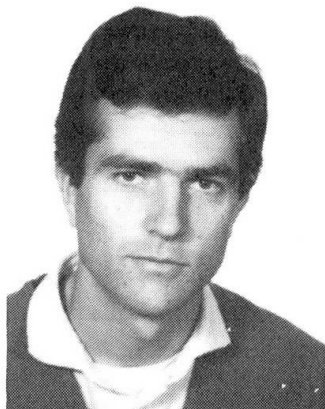
Zum Tragverhalten von Verbundplatten mit nachgiebiger Schubfuge

Behaviour of Composite Slabs with Non-Linear Horizontal Shear Slips

Comportement structural de dalles mixtes avec joint de cisaillement souple

Alois NEULICHEDL

Dipl.-Ing.
Univ. Innsbruck
Innsbruck, Österreich



Alois Neulichedl, geboren 1961, 1986 Diplom im Bauingenieurwesen an der Universität Innsbruck. 1986-1987 Statiker in einem Zivilingenieurbüro. 1987-1990 Univ. Assistent am Institut für Stahlbau und Holzbau der Universität Innsbruck mit Forschungsschwerpunkt Verbundplatten.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird ein Rechenmodell für die Berechnung von Verbundplatten aus Stahltrapezblechen und Beton vorgestellt. Damit ist es möglich, sämtliche Materialnichtlinearitäten zu berücksichtigen. Weiter wird über Versuche zur Erfassung des nichtlinearen Tragverhaltens der Schubfuge berichtet und die Ergebnisse einer Nachrechnung eines Plattenversuchs vorgestellt.

SUMMARY

This publication presents a theoretical model for the calculation of composite slabs with profiled steel sheetings and concrete. With this model it is possible to take into consideration all material non-linearities. Furthermore it reports on tests, which have the aim of analyzing the non-linear behaviour of steel concrete interfaces and it demonstrates the calculation results in relation to the test of a composite slab.

RÉSUMÉ

Cette étude présente un modèle théorique pour le calcul de dalles mixtes en béton armé de panneaux d'acier à profil trapézoïdal. Il devient ainsi possible de tenir compte de toutes les caractéristiques non linéaires des matériaux. Cet exposé informe en outre sur les essais effectués en vue d'analyser le comportement structural non linéaire du joint de cisaillement et fournit les résultats d'un second calcul sur un essai de dalle mixte.

1. EINLEITUNG

Am Institut für Stahlbau und Holzbau der Universität Innsbruck wurden vom Verfasser Verbundplatten mit unterschiedlichen Stahlblechen getestet, mit dem Ziel, das nichtlineare Verhalten der Schubfuge und dessen Einfluß auf die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit zu studieren [1].

2. MATERIALEIGENSCHAFTEN UND RECHENMODELL

Das Trag- und Verformungsverhalten von Verbundplatten wird hauptsächlich von folgenden Komponenten beeinflusst:

- Beton
- Stahlblech bzw. Stahlbewehrung
- Schubfuge.

Aus diesen drei Komponenten wird auch das Rechenmodell zusammengesetzt.

2.1. Beton

Die verwendete Betonarbeitslinie ist aus Bild 2 ersichtlich. Besonders wichtig ist dabei das Zugverhalten des Betons, das heißt die Zugfestigkeit und das Verhalten nach dem ersten Reißen (tension stiffening). Geeignete Annahmen dafür zeigt Bild 2, wobei in dieser Arbeit die Möglichkeit b. aus rechentechnischen Gründen bevorzugt wurde.

2.2. Stahlblech

Die verwendeten Stahlarbeitslinien sind aus Bild 2 ersichtlich. Für die gezogenen Teile wurde ein ideal-elastisches, ideal-plastisches Verhalten angenommen. Im Druckbereich entzieht sich das dünne Stahlblech durch Ausbeulen der Kraftaufnahme. Dies wird häufig durch eine Reduktion der mitwirkenden Breiten in Abhängigkeit der

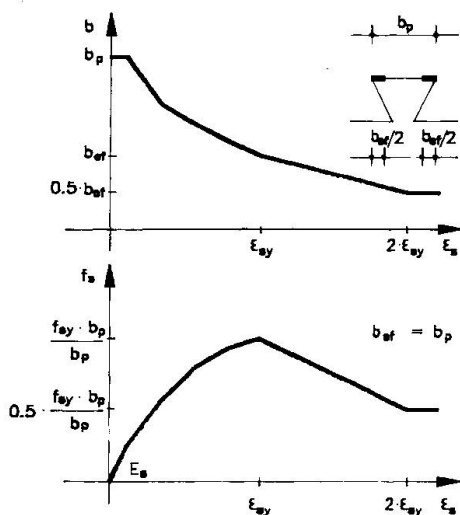
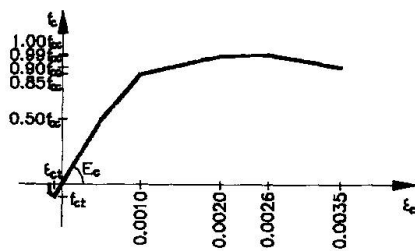


Bild 1: Stahlblech im Druckgurt

Stahldehnungen berücksichtigt [2]. Im vorliegenden Fall der Verbundplatten würde das Ausweichen des Blechs einseitig durch den Beton verhindert, aber auf der sicheren Seite liegend, werden trotzdem die mitwirkenden Breiten nach [2] berechnet. In der ECCS-Richtlinie ist das Verhalten nach dem Erreichen von ϵ_{sy} auf der Druckseite nicht mehr beschrieben. Da aber im Tragzustand der Verbundplatte die Dehnungen ϵ_{sy} überschritten werden, sind hier folgende Annahmen nach Bild 1 getroffen worden. Die mitwirkende Breite sinkt bis $2 \cdot \epsilon_{sy}$ linear auf $0,5 \cdot b_{eff}$ ab. Dieser somit erhaltene reduzierte Querschnitt kann vollständig durchplastizieren, da die Eckbereiche des Trapezblechs durch die Betonform ständig gegen Ausweichen gehalten sind.

Eine der Reduktion der mitwirkenden Breite gleichwertige Methode ist die Reduktion der aufnehmbaren Spannungen in Abhängigkeit der Dehnungen bei konstanten Gurtbreiten. Diese Möglichkeit wurde in dieser Arbeit verwendet (Bild 1).

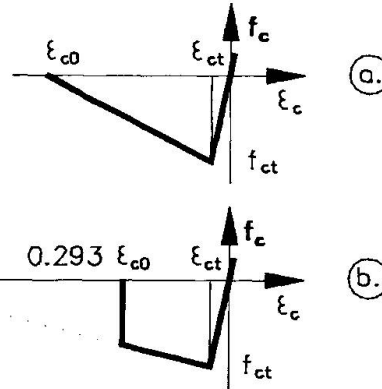
Betonarbeitslinie:



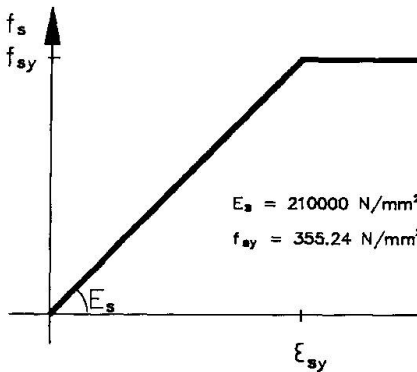
$$E_c = 28196 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c0} = 28.5 \text{ N/mm}^2$$

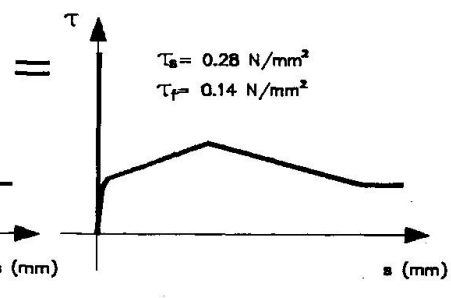
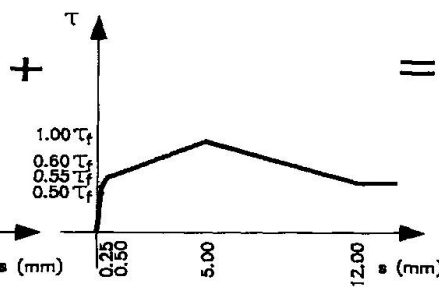
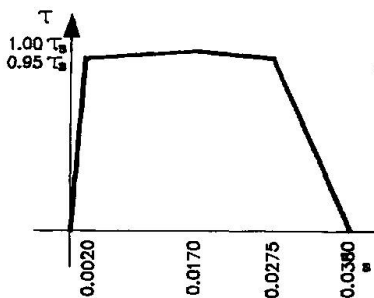
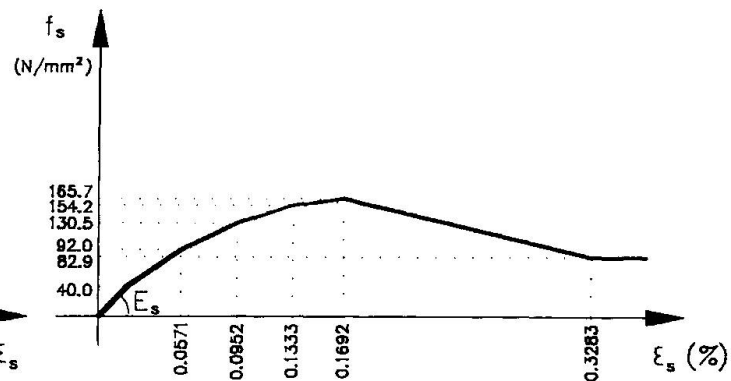
$$f_{ct} = 2.24 \text{ N/mm}^2$$



Stahlarbeitslinie:
Untergurt + Steg



Obergurt



Haftverbund

Reibverbund

Gesamte
Schub - Schlupf Beziehung

Bild 2: Materialeigenschaften

2.3. Schubfuge

Die Schubfuge weist meistens ein stark nichtlineares Verhalten auf. Das Tragverhalten kann man grundsätzlich in zwei Bereiche teilen:

- Bereich der Haftverbundfestigkeit
- Bereich der Reibverbundfestigkeit

2.3.1. Haftverbund

Der Haftverbund beruht auf chemischen und physikalischen Vorgängen in der Grenzschicht zwischen verzinkter Stahloberfläche und Beton. Besondere Bedeutung für die Güte dieses Haftverbundes dürften der Chromatgehalt des Zements [3], die Betonfestigkeit und die Zinkschicht des Blechs haben. Das Verformungsverhalten wird durch ein relativ steifes Verhalten, geringen Verformungskapazitäten und plötzlichen, spröden Versagen charakterisiert. Eine für die Rechnung gewählte Schub-Schlupf-Beziehung ist aus Bild 2 ersichtlich. Die Haftverbundfestigkeit ist eigentlich nur für die Gebrauchstaug-

lichkeit von Bedeutung und sollte nicht für den Tragsicherheitsnachweis herangezogen werden, weil dann weitere unsichere Faktoren, wie Schwinden, Kriechen, Temperaturbeanspruchungen und die Betonzugfestigkeit genauer berücksichtigt werden müßten. Die Betonzugfestigkeit ist deshalb von Bedeutung, weil in Rißnähe durch die Schubspannungsspitzen der Haftverbund zerstört wird.

2.3.2. Reibverbund

Reibverbund kann erzeugt werden durch:

- Verklebung und Verkantung des Stahlblechs mit dem Beton infolge der Imperfektionen der Stahlblechgeometrie.
- Anpreßkräfte aus Querkontraktion des Stahlblechs.
- Einfache Reibung Blech-Beton infolge Beton- und Nutzlast (angenommener Reibbeiwert $\mu \approx 0,30$).
- Flächig verteilte mechanische Verbundmittel wie Sicken, gewellte Stege, Dorne u.a.
- Endverankerungen

Das Last-Verformungsverhalten kann je nach Blechtyp sehr unterschiedlich sein und muß jeweils durch Versuche festgestellt werden. Das Verhalten ist meist duktil (Bild 2). Sowohl die Steifigkeit, als auch die Tragfähigkeit des Reibverbundes beeinflussen meist sehr stark die Eigenschaften der Gesamtplatte.

2.4. Rechenmodell

Es wurde ein einfaches Rechenmodell entwickelt, in welchem sämtliche Nichtlinearitäten berücksichtigt werden können. Dieses Modell setzt sich aus den drei beschriebenen Komponenten (Beton, Stahlblech und Schubfuge) zusammen (Bild 3). Für die numerische Durchrechnung von Beispielen wurde das FEM-Programm ABAQUS [4] verwendet. Die "Interface-Elemente" im Modell lassen nur ein Gleiten der Betonbalken über den Stahlbalken in x-Richtung zu und ermöglichen die Berücksichtigung der Reibung. Mit den zusätzlichen "Spring-Elementen" wird die nichtlineare Schub-Schlupf-Beziehung beschrieben.

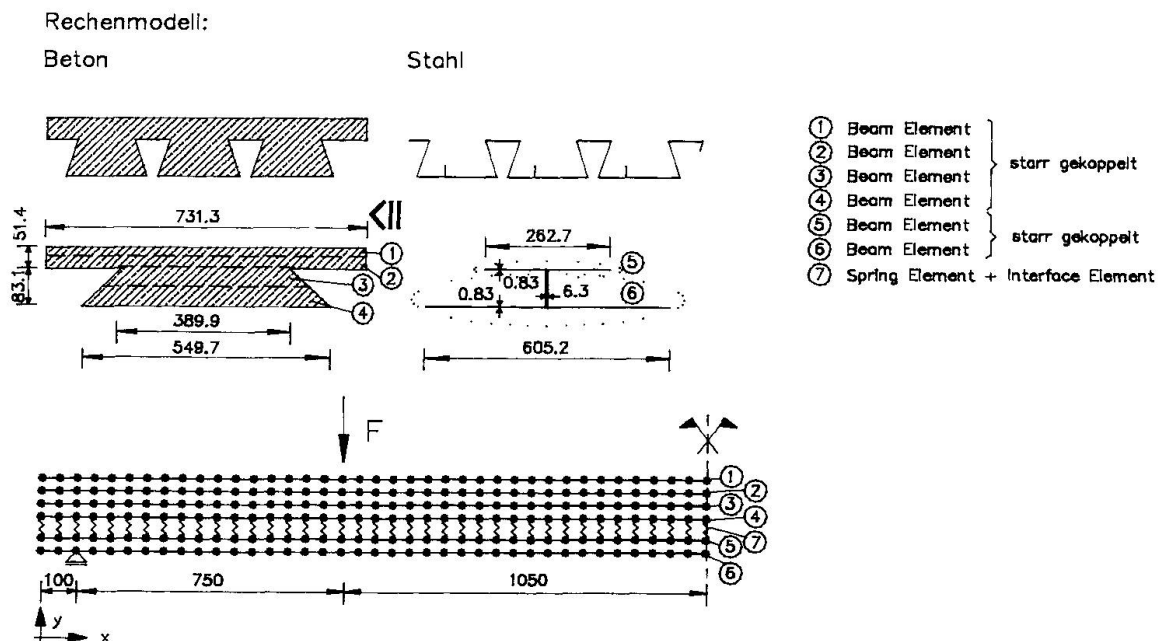


Bild 3: Rechenmodell

3. VERSUCHE UND VERSUCHSNACHRECHNUNG

Es wurden zwei Arten von Versuchen durchgeführt, um das nichtlineare Schubverhalten zu studieren.

- Pull-Out-Tests
- Plattentests

3.1. Pull-Out-Tests

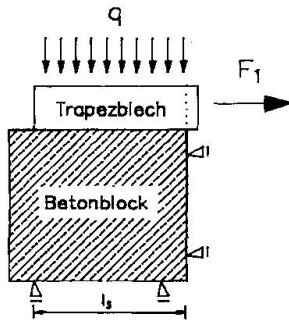


Bild 4: Pull-Out Versuch

Für die Pull-Out-Tests wird vom Verfasser eine Versuchsanordnung nach Bild 4 vorgeschlagen. Wesentlich dabei ist, daß die Zugkraft im Schwerpunkt des Stahlblechs angreift. Die Auflast q ersetzt die in der Platte wirkenden Beton- und Nutzlasten. Sie wird in Form von Gewichten aufgebracht, die mit dem Blech mitgezogen werden. Weiters wird folgendes Versuchsprogramm vorgeschlagen:

- drei Gruppen von je zwei gleichen Versuchskörpern mit unterschiedlichen Verbundlängen l_s (z.B. 7,5 cm, 15 cm und 30 cm). Die Mindestlänge sollte aber größer als der Abstand eventueller Verbundmittel sein. Als Ergebnisse erhält man die Haftverbundfestigkeit und das Verhalten des Reibverbundes bei größerem Schlupf.
- eine Gruppe von drei gleichen Versuchskörpern, wobei der Haftverbund durch Ölen der Stahlbleche ausgeschaltet wird. Weiters sollte der Erstbelastung bis ca. 0,5 der Traglast eine zyklische Belastung von 10000 Lastwechseln in den Grenzen von 0,1 ÷ 0,3 der Traglast folgen, um ein eventuelles Ausleiern der Verbindung zu berücksichtigen. Als Ergebnis erhält man das Verhalten des Reibverbundes bei kleinem Schlupf.

3.2. Plattentests

Die Versuche wurden an Plattenstreifen mit 3,60 m lichter Spannweite und einer Blechtafelbreite durchgeführt. Die Belastung wurde durch zwei Einzellasten verformungsgesteuert aufgebracht. Die Nachrechnung der Versuche mit dem beschriebenen Rechenmodell ergab sehr gute Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen. Interessant sind dabei auch besonders die Rechenergebnisse über die Entwicklung des Schubs bei bestimmten Laststufen (Bild 5). Der beschriebene Versuch stammt aus einer Versuchsserie mit einem von der Firma Katzenberger, Innsbruck neu entwickelten Blech. Sämtliche Abmessungen und spezielle Materialdaten in allen Bildern beziehen sich auf den selben Versuch.

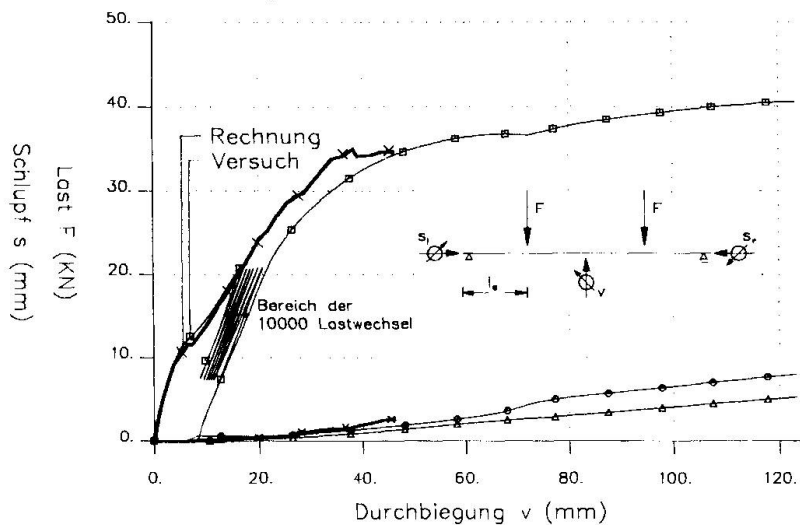
4. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Bei genauen Kenntnissen der Eigenschaften der beschriebenen Komponenten einer Verbundplatte und dem vorgestellten Rechenmodell ist das Trag- und Verformungsverhalten einer Verbundplatte beschreibbar. Für die Bestimmung des Verhaltens der Schubfuge sind ca. 10 ÷ 12 Pull-Out-Tests pro Blechtyp nötig. Für die Bestätigung des Rechenmodells würden dann 2 ÷ 3 Plattenversuche ausreichen.



PLATTEN TEST:

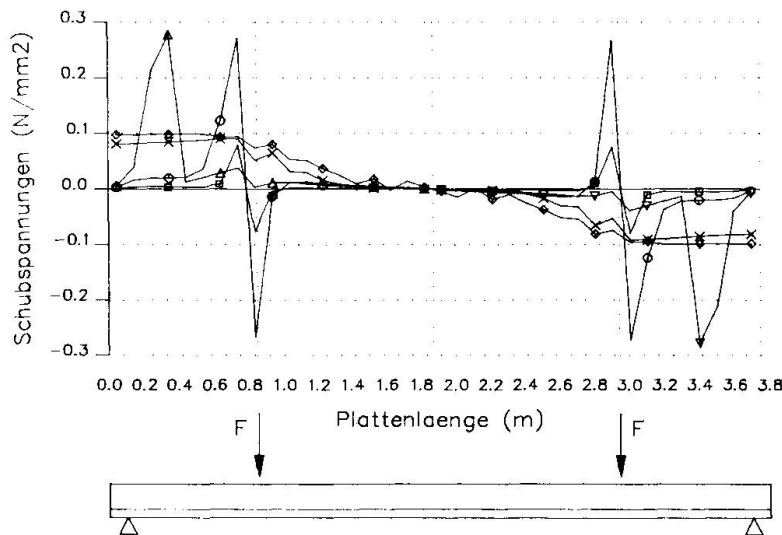
Verbundblech: KA 85 - I
 Gesamtplattendicke: 135 mm
 Schublänge l_s : 750 mm



Versuchsergebnisse:

 Δ ... s_r-v Kurve \circ ... s_l-v Kurve \square ... $F-v$ Kurve \times ... Versuchsnachrechnung

Die Kraft F ist reine Prüflast und Gewicht der Lasteinleitungsstruktur. Die Durchbiegung infolge Platteneigen-gewicht ist hier nicht aufgetragen.



Rechenergebnisse der Schubspannungen in der Verbundfuge:

 \square Eigengewicht \circ $F = 10000$ KN Δ $F = 16000$ KN \times $F = 24000$ KN \diamond $F = 35000$ KN

Die Schubspannungen beziehen sich auf die abgewinkelte Blechbreite. Die Schubkraft aus Coulomb'scher Reibung sind hier nicht aufgetragen.

Unter dem Lasteinleitungspunkt ist in der Platte ein Risseinleitungsblech eingelegt, deshalb die Schubspannungsspitzen. Der Haftverbund wird deshalb in jenen Bereichen fortlaufend zerstört, wo der Beton reißt.

Bild 5: Rechenergebnisse

LITERATUR

- [1] NEULICHEDL A.: Zum Verhalten von Verbundplatten aus Stahlprofilblechen und Stahlbeton, unter Berücksichtigung des nicht-linearen Verhaltens der Verbundfuge. Dissertation Universität Innsbruck, erscheint 1990
- [2] ECCS-T7: European recommendations for the design of profiled sheeting. April 1983
- [3] BURGRABE A.-H.: Einflußfaktoren für das Verbundverhalten glatter verzinkter Bewehrungsstäbe aus Stahl im Beton. Der Bauingenieur 46, 1971, Heft 10
- [4] HIBBIT, KARLSSON and SORENSSEN, Inc.: "Abaqus", version 4.8, 1989