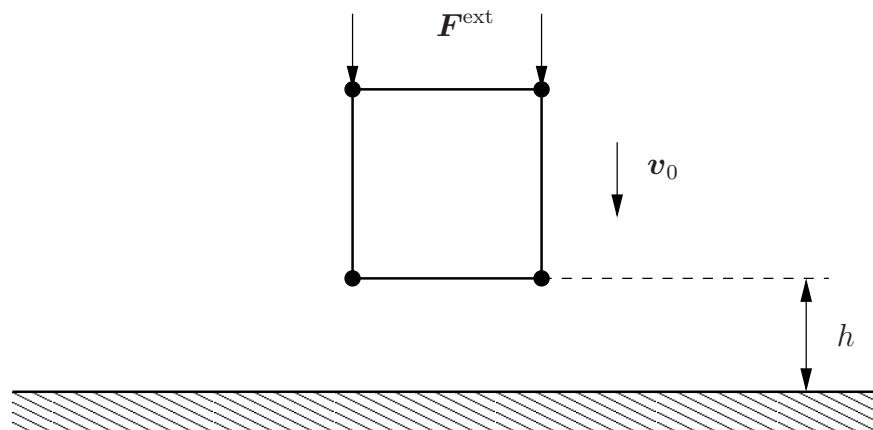


Masterarbeit: Optimalsteuerung eines Kontaktproblems

Im ersten Teil der Arbeit soll im Rahmen der Vorwärtsdynamik ein einfaches reibungsfreies Kontaktproblem simuliert werden (siehe Abbildung). Zunächst soll ein 2D-Verschiebungselement mit St.-Venant-Kirchhoff Materialgesetz auf Basis des Lehrcodes, welcher in der Veranstaltung FEM behandelt wurde, statisch nach [1] implementiert werden. Die anschließende dynamische Erweiterung soll mit Hilfe des impliziten Euler Verfahrens sowie der impliziten Mittelpunkregel durchgeführt werden (siehe [2]). Ferner soll ein reibungsfreies NTS-Kontaktelement mit Penalty-Formulierung für flexible Körper mit starrem Hindernis nach [3, 4] implementiert werden. Als Beispiel für die Simulation kann ein Element verwendet werden, welches sich mit einer Anfangsgeschwindigkeit \boldsymbol{v}_0 und/oder mit einer externen Last $\boldsymbol{F}^{\text{ext}}$ auf ein im Abstand h befindliches starres Hindernis bewegt (siehe Abbildung).



Im zweiten Teil der Arbeit soll das vorliegende System im Rahmen einer direkten Transkriptions-Methode in ein Optimalsteuerungsproblem überführt werden. Ziel ist es den Steuerungsaufwand zu minimieren, der nötig ist, um das System innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne von einem vorgegebenen Anfangszustand in einen Endzustand zu bringen. Das Optimalsteuerungsverfahren berechnet dabei den dafür notwendigen Verlauf der Steuerungskräfte.

Arbeitsplan

Im Rahmen der Masterarbeit ist folgender Arbeitsplan vorgesehen:

- Kontakt (Vorwärtsdynamik)
 - 1) Implementierung des Saint-Venant Materialgesetzes auf Basis des Lehrcodes zur Cooks-Membran.
 - 2) Dynamische Erweiterung des Problems unter Verwendung des impliziten Euler-Verfahrens und der Mittelpunkregel.
 - 3) Implementierung eines reibungsfreien Kontaktelementes eines deformierbaren Körpers mit starrem Hindernis, wobei auf eine Penalty-NTS-Formulierung nach [3, 4] zurückgegriffen werden soll.
- Optimale Steuerung

- 1) Implementierung der direkten Transkriptions-Methode anhand eines einfachen Massenpunktsystems '*Point mass on a straight line*' (siehe [5, 6]) im Rahmen der *MATLAB - Optimization Toolbox - fmincon*. Dabei soll sowohl das implizite Euler-Verfahren, als auch die Mittelpunktsregel Verwendung finden. Zudem sollen mit diesem Beispiel zwei Vorgehensweisen zur Einbindung einer Ungleichheitszwangsbedingung in das System erprobt werden:
 - Penalty Methode auf Elementebene (siehe Kontakt-Teil der Arbeit).
 - Einbau der Ungleichheitszwangsbedingung direkt über *fmincon*.
- 2) Überführung des Kontaktproblems aus dem ersten Teil in ein Optimalsteuerungsproblem auf Basis der vorherigen Schritte. Hierbei soll zunächst das implizite Euler-Verfahren als Kollokations-Methode der Wahl angewandt werden. Notwendige bereitzustellende Ableitungen können als Zwischenschritt zunächst durch die *Complex Step Differentiation* berechnet werden.

Voraussetzungen

- Vorlesung Grundlagen Finite Elemente
- Vorlesung Finite Elemente für Feld- und zeitvariante Probleme
- Programmierkenntnisse in Matlab

Ansprechpartner

Marlon Franke (Raum 206) und Christian Becker (Raum 207)

Literatur

- [1] P. Wriggers. *Nichtlineare Finite-Element-Methoden*. Springer-Verlag, 2001.
- [2] P. Betsch. Numerische Methoden in der Dynamik starrer Körper. Vorlesungsunterlagen WS 05/06, Universität Siegen.
- [3] T.A. Laursen. *Computational contact and impact mechanics*. Springer-Verlag, 2002.
- [4] P. Wriggers. *Computational contact mechanics*. John Wiley & Sons, 2002.
- [5] A.E. Bryson and Y.-C. Ho. *Applied Optimal Control*. John Wiley & Sons, 1975.
- [6] C.L. Bottasso, A. Croce, L. Ghezzi, and P. Faure. On the solution of inverse dynamics and trajectory optimization problems for multibody systems. *Multibody System Dynamics*, 11(1):1–22, 2004.