

Simulationsmodell Weichpendel-Schockvorrichtung

nach EN81-50:2014

Student



Marco Tremp

Ausgangslage: Die Firma Schindler AG, ein international führendes Unternehmen im Bereich der Aufzug- und Fahrtreppenindustrie, prüft die Aufzugstüren unter anderem mit dem Pendelschlagtest nach EN81-50:2014. Der Pendelschokkörper, ein 45kg-schwerer mit Bleikugeln gefüllter Ledersack, wird aus einer definierten Höhe auf die zu prüfenden Türen fallen gelassen. Um die Anzahl physischer Tests zu verringern und dem Nachhaltigkeitsbestreben besser gerecht zu werden, wurde von der Firma Schindler AG bereits ein erster digitaler Zwilling auf Basis der Finite-Elemente-Methode (kurz FEM) erzeugt. Der Pendelschokkörper wird dabei durch eine starre Kugel angenähert, wobei dem tatsächlichen Kraftübertragungsverhalten jedoch unzureichend Rechnung getragen wird.

Die starre Kugel soll durch ein einfach parametrierbares (Multi-)Materialmodell substituiert werden. Das Aufprallverhalten soll mit unterschiedlichen Modellierungsvarianten auf eine möglichst realitätsnahe Abbildung untersucht und mit der Rechenzeit verglichen werden.

Vorgehen: Das Aufprallverhalten wurde mit Hilfe des realen Pendelschokkörpers in eigens durchgeführten Aufpralltests untersucht. Mittels eines Mehrkomponenten-Dynamometers wurden die Aufprallkräfte ausgewertet. Weiter wurde anhand von schwarzem Papier und Magnesiumpulver diejenige Fläche, die während des Aufpralls entsteht, analysiert. High-speed-Aufnahmen erlaubten eine detaillierte Deformationsanalyse und die Validierung der definierten Aufprallgeschwindigkeiten. Ein Zugversuch mit dem Ursprungsmaterial des Ledersacks ermöglichte die Ermittlung der Materialparameter für das Leder. In einem iterativen Prozess wurde in einer transienten FEM-Simulation Parameter für selbst gewählte Materialverhalten ermittelt, wobei die Grundlage die Zielwerte aus den Aufpralltests bildeten.

Ergebnis: Für die transiente FEM-Simulation wurden zwei Geometrien definiert. Die Variante "Vereinfacht" stellt eine simplifizierte Darstellung dar, bestehend aus einer Kugel mit einer zentralen Stahlstange. Die Variante "Ausführlich" umfasst einen Ledersack mit einer Stahlstange in dessen Mitte und einer Füllung, wobei die Füllung als homogener Körper das Schüttgut der Bleikugeln repräsentiert. Für die Kugel sowie die Füllung wurden folgende zwei Materialverhalten definiert, dessen Parameter es zu finden galt:

- linear-viskoelastisches Verhalten
- bilineare isotrope Verfestigung

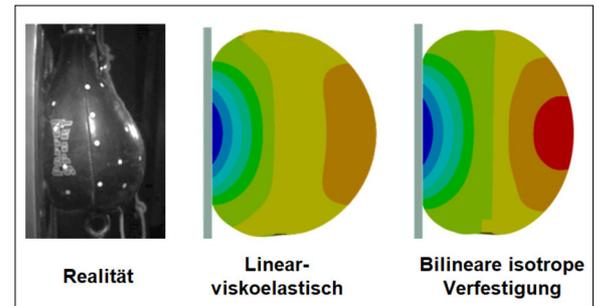
Als Zielwerte zur Bestimmung der Parameter dienen in erster Linie die Normalkraft F_z und die kreisförmige Aufprallfläche aus den Aufpralltests.

Durch die Variante "Vereinfacht" mit bilinearer isotroper Verfestigung konnte in der FEM-Simulation Abweichungen von weniger als 4.5% in der Normalkraft F_z und 0.2% in Bezug auf die Aufprallfläche realisiert

werden. Die Impactzeit weicht dabei um 8.6% von der Realität ab. Unter Verwendung der gleichen Geometrie jedoch mit dem linear-viskoelastischen Verhalten zeigten sich Abweichungen von 2.3% in der Aufprallfläche, 1.3% in der Normalkraft F_z und 2.9% in der Impactzeit.

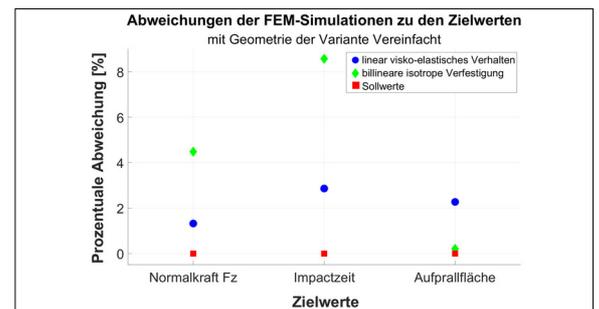
In der gegebenen Zeit konnte kein realitätsnahes Materialverhalten für die Variante "Ausführlich" ermittelt werden.

Vergleich des realen Deformationsverhaltens mit den ermittelten Materialverhalten der Variante "Vereinfacht"
Eigene Darstellung



Abweichungen der FEM-Simulation zu den Zielwerten aus den Aufpralltests

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Mario Studer

Themengebiet

Simulationstechnik

Projektpartner

Schindler AG, Ebikon, LU