HSLU Hochschule Luzern

Technik & Architektur
Civil Engineering

Masterthesis Bauingenieurwesen

Räumliche Pushoveranalysen von Stahlbetontragwandsystemen

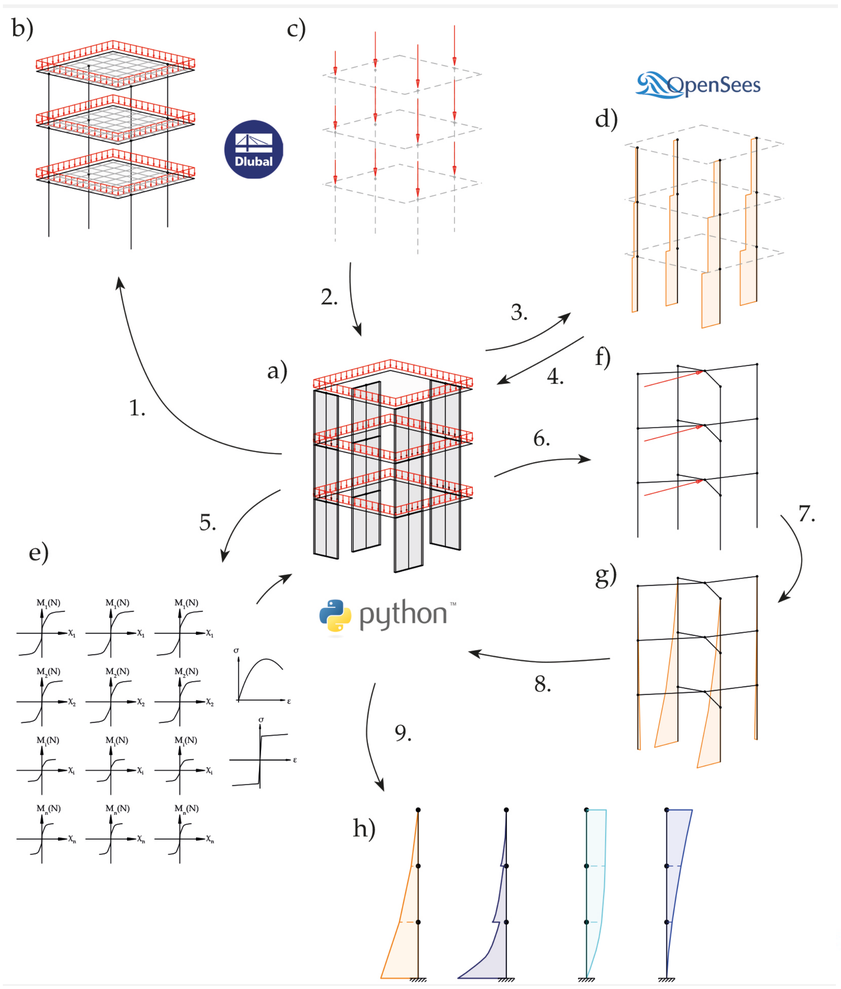

Abb. 1: Grundsätzliches Vorgehen:
a) Skriptbasierte Modellbildung in Python
b) & c) Übergabe in RFEM und Analyse des vertikalen Lastabtrags
d) Übergabe an OpenSees und elastische Bestimmung der Normalkräfte
e) Eruierung der nichtlinearen Biege-steifigkeiten in Python
f) Pushoveranalyse in OpenSees
g) & h) Auswertung und Kontrolle in Python

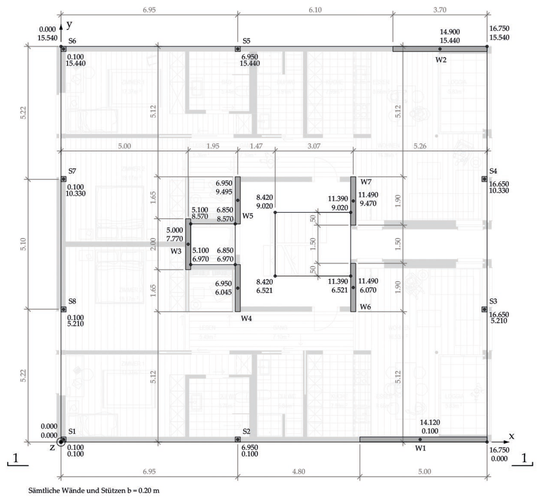

Abb. 2: Beispielgrundriss

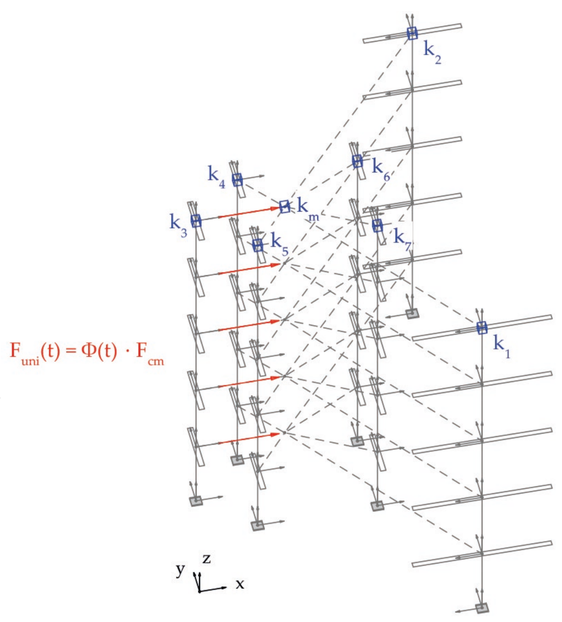

Abb. 3: Abbildung als Stabmodell in OpenSees, Pushoveranalyse mit uniformen Lastvektor und Kontrollknoten am Gebäudekopf

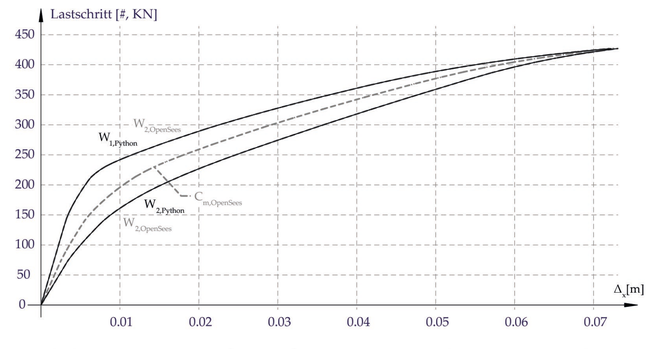

Abb. 4: Kopfverformung der Wände

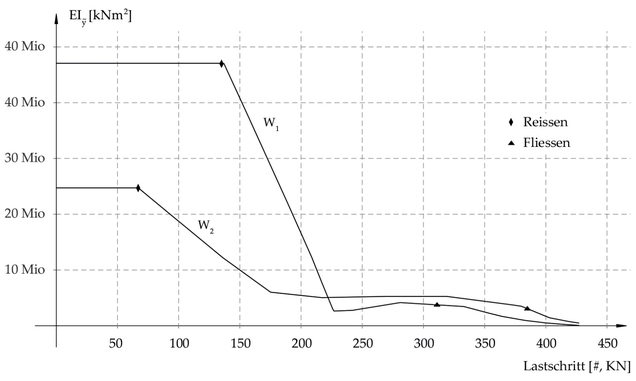

Abb. 5: Verlauf der Biegesteifigkeiten bei den Wandfüsse pro Lastschritt

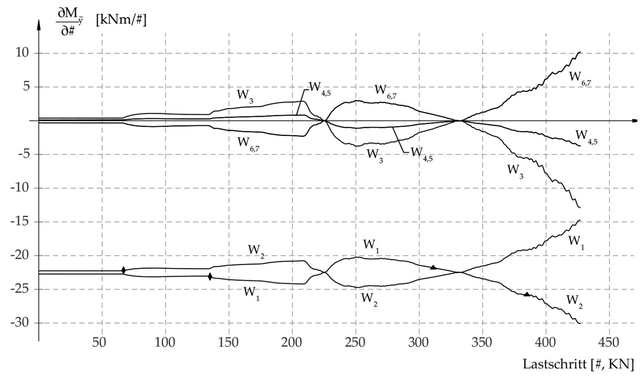

Abb. 6: Änderungen der Wandfuss-momente pro Lastschritt

Problemstellung

Aufgrund der schweren Plausibilisierbarkeit von Pushoveranalysen, die mit Hilfe kommerzieller Statiksoftware durchgeführt werden, soll hier ein Gratistool in Python entwickelt werden, dass die Interpretation der Ergebnisse unterstützen soll. Das Tool soll das räumliche Lastumlagerungs-verhalten von räumlichen statisch unbestimmten Stabsystemen simulierbar machen und Pushoverkurven als mögliche Eingangsgrösse für die Kapazitäts-spektrummethode bereitstellen.

Die Berechnungen sollen möglichst allgemein formuliert werden, um eine Analyse von beliebigen Gebäude-geometrien und Werkstoffgesetzen zu ermöglichen. Die Lösungsverfahren von nicht-linearen Gleichungssystemen sollen durch eine externe öffentliche plattformübergreifende Software effizient durchgeführt werden.

An einem Beispiel soll die Last-umlagerungsgeschichte eines Massivbaus aufgezeigt und plausibilisiert werden.

Lösungskonzept

Für einzelne Berechnungs- und Kontrollschritte werden Schnittstellen zwischen Python, RFEM und OpenSees verwendet. Es wird eine auf verhältnismässig wenige Parameter reduzierte skriptbasierte Modellbildung in Python ermöglicht. Der Anwender besitzt die Kontrolle über die Werkstoffgesetze, die beliebig erweiterbar sind.

Ergebnisse

Es stellte sich heraus, dass in OpenSees eine effiziente geeignete Open-Source Software gefunden wurde, welche die inelastische Tragwerksanalyse durchführen kann.

Durch die einfache Modellbildung dieser Arbeit, lassen sich die Zustandslinien der Schnittgrössen gut interpretieren. Das Ersatzkraftverfahren wurde effizient implementiert und gibt im Berechnungsbeispel gute Hinweise auf das inelastische Verhalten des Gebäudes.

Am Berechnungsbeispiel wird aufgezeigt, dass die Querschnittsanalysen einen Flaschenhals in der Berechnungsdauer darstellen. Die Momenten-Krümmungs-beziehungen sollten zwischen dem Beton-reissen und Stahlfliessen numerisch genauer abgebildet werden. Die räumlichen Umlagerungseffekte können anschaulich aufgezeigt werden.

Lucas Maul

Advisor
Prof. FH, Dr. Daniel Heinzmann
Dr. Christian Spathelf

Experte
Dr. Thomas M. Weber