

Projekt Geotechnik
- Erdbebenbeanspruchte Gründungen von Offshore-Windenergieanlagen -

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Patrick Staubach
Betreuer: Lisa Tschirschky
Dexian Lin
Baban Bapir
Umfang: 6 ECTs
Mindestteilnehmerzahl: 2
Beginn: voraussichtlich Mai 2025

Bei Interesse bitte bei Lisa Tschirschky melden (lisa.tschirschky@uni-weimar.de).

Problemstellung

Der Ausbau erneuerbarer Energiequellen stellt einen zentralen Bestandteil der Energiewende dar. Neben Solaranlagen und Windenergieparks an Land bieten vor allem Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) großes Potential. Sie stoßen auf eine größere Akzeptanz seitens der Bevölkerung und können durch die an ihrem Standort größere Windausbeute zuverlässiger Energie erzeugen. Je nach gewähltem Standort der Anlagen müssen neben Wind und Wellengang auch außergewöhnliche Belastung wie zum Beispiel Erdbebenbeanspruchungen bei der Bemessung berücksichtigt werden.

Bei Suction Caissons handelt es sich um einen Gründungstyp für OWEA, welcher mit Hilfe von Unterdruck schallarm und schnell in den Meeresboden installiert wird. Dadurch bietet er eine umweltfreundliche Alternative zu klassischen Monopiles und gewinnt seit ca. 10 Jahren auch in der Praxis zunehmend an Beliebtheit. Da es sich damit noch um einen vergleichsweise neuen Gründungstyp für OWEA handelt, ist die Untersuchung seines Verhaltens Bestandteil zahlreicher Forschungsarbeiten.

Ein Erdbeben hat die dynamische Beanspruchung des Bodens zur Folge, welche zum Aufbau von Porenwasserüberdrücken und somit zur Abnahme der effektiven Spannungen im Boden führen kann. Da diese wiederum die Tragfähigkeit von Gründungen bestimmen, kann der Einfluss der Erdbebenbeanspruchung einen kritischen Faktor bilden. Mit Hilfe eines Rütteltischs, wie dem an der Professur Geotechnik, kann eine Erdbebenbeanspruchung durch eine zyklisch horizontale Verschiebungsauslenkung simuliert werden. Darüber hinaus bilden numerische Simulationen eine vergleichsweise unkomplizierte Möglichkeit das Bauwerk-Boden-Interaktionsverhalten tiefer gehend zu analysieren.

Aufgabenstellung

1. 3D-Druck

- Dimensionierung von mindestens zwei Gründungen für Offshore-Windenergieanlage unter Berücksichtigung der vorhandenen Größe des Versuchsaufbaus im geotechnischen Labor der Professur Geotechnik. Als Gründungsform sollen zwei Suction-Caissons oder ein Suction-Caisson und ein Monopile vorgesehen werden. Es sind realistische Geometrieparameter des Durchmessers D , der Einbindetiefe L sowie der Wandstärke t zu wählen.
- Vorbereitung des 3D-Drucks der Gründungen
 - Erstellung von dreidimensionalen Volumenmodellen der Gründungen.
 - Im Falle der Suction-Caisson Gründung ist eine realistische Modellierung der Aussteifung des Caissondeckels vorzunehmen. Darüber hinaus muss ein geeigneter Anschluss für den Schlauch der Vakuumpumpe zur realistischen Modellierung der Installation des Caissons mit Hilfe von Unterdruck vorgesehen werden. Dieser soll im Laufe der Versuche für den Anschluss von Porenwasserdruckaufnehmern genutzt werden.
- 3D-Druck der Gründungen an einem 3D-Drucker der Universität

2. Laborversuche

- Recherche zu realistischen Erdbebenbeanspruchungen für offshore Bedingungen. Planung eines sinnvollen Belastungsprogramms unter Variation von Amplitude u_{ampl} und Frequenz f des aufzubringenden Verschiebungssignals.
- Vorbereitung und Durchführung der Rütteltischversuche mit allen zuvor hergestellten Gründungen.
 - Realistische Installation der jeweiligen Gründung. Suction-Caissons sind mit Hilfe von Unterdruck und Monopiles mit Hilfe von Schlagammung zu installieren.
 - Anschluss eines Porenwasserdruckaufnehmers zur Erfassung der Porenwasserdruckentwicklung im Inneren der jeweiligen Gründung. Beim Suction-Caisson soll der Sensor an das Ventil im Deckel des Caissons angeschlossen werden.
 - Anbringen eines Beschleunigungssensors an der Gründung.
 - Aufbringen der vorbereiteten Belastungsgeschichte auf den Rütteltisch und ausführliche bildliche Dokumentation der Versuche mit Hilfe der Kameras des geotechnischen Labors.

- Deinstallation der Gründung. Erfassung der Verdichtung des Bodens infolge des Versuchs durch eine Höhenmessung des Bodens. Installation der zweiten Gründung und Wiederholung des Versuchsprogramms.
- Auswertung der Ergebnisse. Vergleich des Einflusses der aufgetragenen Belastung und des Gründungstyps.

3. Numerische Simulation

- Numerische Modellierung der Laborversuche im FE-Programm numgeo (www.numgeo.de). Die Geometrie und Vernetzung können im Programm *Salome* erstellt werden. Der wassergesättigte Boden ist hydro-mechanisch gekoppelt mit up-Elementen zu diskretisieren. Das Materialverhalten des Hostun Sandes wird mit der Hypoplastizität mit ihrer Erweiterung um die intergranulare Dehnung prognostiziert. Die benötigten Materialparameter und Anleitungen für die numerische Modellierung werden den Studierenden zur Verfügung gestellt.
- Nachrechnung der Laborversuche unter Berücksichtigung der Reihenfolge der Versuche und etwaiger Änderungen in der Lagerungsdichte des Bodens.
- Auswertung der Ergebnisse und Vergleich mit den im Labor gemessenen Größen.

Zur Vorstellung der geleisteten Arbeit und der Ergebnisse ist neben einem Projektbericht auch ein Plakat anzufertigen (eine Vorlage wird zur Verfügung gestellt, die Abgabe erfolgt digital). Abschließend wird das Projekt im Rahmen eines Vortrags vorgestellt und verteidigt.