

DIPLOMARBEIT

Kraftumlagerung in Dübelgruppen unter zyklischer Beanspruchung

Problemstellung

In dieser Arbeit wird das Tragverhalten von Mehrfachdübelbefestigungen, die aus Verbunddübeln M12 bestanden, unter zyklischer Axialzug- und Querkzugbeanspruchung in teilweise gerissenem Untergrund untersucht.

Ziel ist es, ein anschauliches Konzept für eine Berücksichtigung der so entstehenden Kraftumlagerung, die zwischen den Dübeln im gerissen und ungerissenen Untergrund entsteht, zu entwickeln und es auch für weitere Querschnittsgrößen (M16, M20) übertragbar zu machen.

Als Grundlage für diese Arbeit dienten sowohl durchgeführte experimentelle Versuche, die das Verformungsverhalten des Dübels im Betonuntergrund unter bestimmter Belastung zeigten, als auch FEM-Berechnungen mit einem Flächentragwerkprogramm um die Ankerplattenverformung unter bestimmter Belastung in der Gruppe mit zu berücksichtigen.

Vorgehensweise

Die Überlegung war es die Kraftumlagerung innerhalb der Dübelgruppe anhand von Kraftumlagerungsfaktoren zu beschreiben:

$$\gamma_{FN,V} = \frac{F_{ucr}}{(0,5 \cdot F)} \quad \text{mit} \quad F = F_{ucr} + F_{cr}$$

Für die Ausarbeitung des Konzepts wurden insgesamt 28 kraftge-regelte Versuche gefahren. Davon waren 18 Axialzug- und 12 unter Querkzugbeanspruchung ausgesetzt. Bei der Hälfte dieser Versuche wurde mit Rissblechen und Stahlkeilen vorher ein Riss von 0,3mm erzeugt.

Versuchsaufbau

Axialzugbeanspruchung



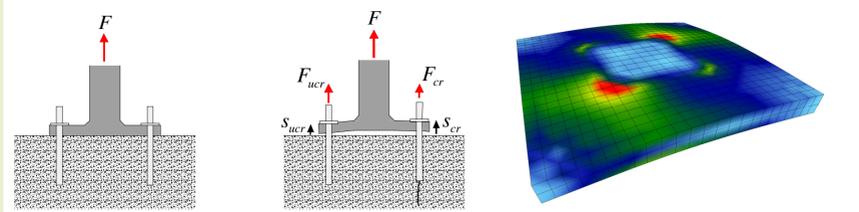
Querkzugbeanspruchung



Nach der Auswertung und Analyse der Versuchsdaten konnten diese in einem Kraft-Verformungsdiagramm gegenübergestellt und Approximationsfunktionen ermittelt werden. Mit Hilfe dieser Funktionen war es möglich die Versuchsergebnisse bei einer bestimmten Bezugsverformung auch unter Berücksichtigung einer eventuellen Ankerplattenverformung ($s_{cr} - s_{ucr}$) zu vergleichen.

Die Differenzen aus der Ankerplattenverformung wurde sowohl durch vereinfachte Kragarm- als auch FEM-Rechenmodelle berücksichtigt.

Berücksichtigung der Ankerplattenverformung mit FEM



So konnten weitere Untersuchungen zu

- der Kraftumlagerung während eines Belastungszyklusses
- dem Einfluss der Belastungsschwingbreite
- dem Einfluss der Querschnittsgröße

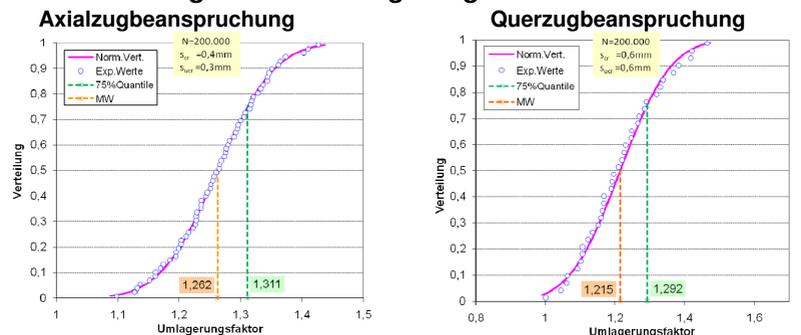
folgen und zusätzlich eine wirklichkeitsnahe Befestigungskonstruktion hinsichtlich der Kraftumlagerung berechnet werden.

Ergebnisse

Die Kraftumlagerungsfaktoren erreichen bei der Oberbelastung sowohl unter Axialzug mit Berücksichtigung der Ankerplattenverformung als auch unter Querkzug einen 75%-Quantilwert, der sich aus der Multiplikation mehrerer Zufallsvariablen des semiprobabilistischen Bemessungskonzepts ergab, von etwa 1,3.

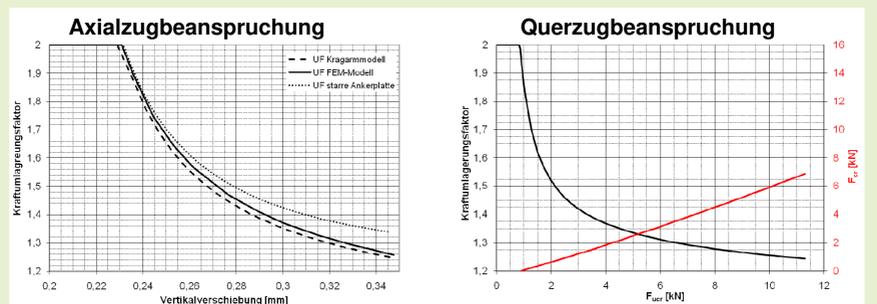
Als Modellgrundlage wurden die Ergebnisse der Versuche bei einer Schwingzahl von 200.000 gewählt.

Normalverteilung der Kraftumlagerungsfaktoren



Kraftumlagerungsverläufe während eines Belastungszyklusses:

- Absinken bei Belastungssteigerung
=> ausgeglichene Kraftverteilung in der Belastungsgruppe
- Ansteigen bei Entlastung
=> Steifigkeitsverlust und somit eine geringere Kraftaufnahme



Unter Axialzugbeanspruchung stellt sich bereits bei geringen Unterlasten und einer geringen Kraftschwingbreite schnell ein Kraftschwingbreitenumlagerungsfaktor von ca. 1,10 ein.

Bei Querkzugbeanspruchung liegt der Wert bei geringer Vorbelastung bei ca.1,25. Die Werte fallen bei Steigerung der Schwingbreite und der Vorbelastung tendenziell etwas ab. Jedoch ist an dieser Stelle zu erkennen, dass der Dübel im gerissenen Untergrund um 10 (bzw. 25)% Zuwachs auch bei der Schwingbreite erhält.

Bei größeren Dübelquerschnittsgrößen werden bei gleicher Rissbreite geringere Kraftumlagerungsfaktoren erreicht.

=> Untersuchungen an M12 auf der sicheren Seite