

Interaktionsmodell zur Bemessung von Verankerungsgräben mit Geogittern



von Felix Jacobs

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XVII
Symbolverzeichnis	XIX
Kurzfassung	XXV
Abstract	XXVII
1 Einleitung	1
2 Interaktion zwischen Geogitter und Boden und resultierender Widerstand in Verankerungsgräben	3
2.1 Boden	4
2.1.1 Scherfestigkeit	4
2.1.2 Verformungsverhalten	6
2.2 Geogitter	6
2.2.1 Allgemeines	6
2.2.2 Kraft-Dehnungsverhalten von Geogittern	7
2.2.3 Verbindungsstellen	18
2.3 Kraftübertragung zwischen Geogitter und Boden	19
2.3.1 Interaktionsversuche und Einflüsse aus Versuchsrandbedingungen	20
2.3.2 Mechanismen der Kraftübertragung und deren Modellierung	27
2.3.3 Einflussgrößen auf Kraftübertragung	34
2.3.4 Verbundbeiwert	42
2.3.5 Normative Regelungen zu Verbundbeiwert und Herausziehwiderstand	46
2.3.6 Interaktionsmodellierung	48
2.4 Verankerungsgräben und Umlenkeffekte	55
2.4.1 Experimentelle Untersuchungen von Verankerungsgräben	56
2.4.2 Beschreibung von Umlenkeffekten	60
2.4.3 Berechnungsmethoden für Widerstand von Verankerungsgräben	61
2.4.4 Bemessung nach EBGEO (2010) und vorläufigen BAM-Zulassungen	65
2.4.5 Bewertung der Berechnungsmethoden	67
2.5 Zusammenfassende Bewertung und weiterer Forschungsbedarf	68

3	Systematische Untersuchung des Interaktionsverhaltens mit Herausziehversuchen	71
3.1	Materialien	71
3.1.1	Boden.....	71
3.1.2	Geogitter.....	75
3.2	Herausziehgerät.....	77
3.3	Messinstrumentierung.....	79
3.4	Versuchseinbau und -durchführung.....	80
3.5	Versuchsprogramm	80
3.6	Versuchsergebnisse.....	81
3.6.1	Variation der Normalspannung	84
3.6.2	Variation des Bodens.....	85
3.6.3	Variation der Querschnittszuggliedanzahl.....	85
3.6.4	Variation der Einbaudichte.....	86
3.7	Zusammenfassung der Untersuchungen mit Herausziehversuchen.....	87
4	Interaktionsmodell für die horizontale Verankerung von Geogittern im Boden	89
4.1	Modellgleichungen	90
4.2	Entwicklung der Modelleingangsfunktionen.....	91
4.2.1	Kraft-Dehnungsverhalten der Geogitter und Festigkeit der Verbindungsstellen	91
4.2.2	Mobilisierung des Kontaktreibungswinkels zwischen Geogitterlängszugglied und Boden	92
4.2.3	Mobilisierte Länge der Erdwiderstandszone vor einem Querschnittszugglied	96
4.3	Programmtechnische Umsetzung.....	100
4.4	Kalibrierung mit Standardversuchen	103
4.5	Validierung mit Herausziehversuchen im Großgerät der TU Clausthal.....	107
4.5.1	Versuchsrandbedingungen und deren Modellierung.....	107
4.5.2	Modell- und Versuchsergebnisse	108
4.6	Einordnung der modellierten Querschnittszuggliedwiderstände im Vergleich zur Literatur	111
4.7	Zusammenfassung und Bewertung des entwickelten Interaktionsmodells	114
5	Modell zur Widerstandsmobilisierung in Verankerungsgräben mit integriertem Interaktionsmodell	115
5.1	Erweiterung des entwickelten Interaktionsmodells	116
5.1.1	Veränderte Randbedingungen	116
5.1.2	Ansatz zur Berücksichtigung von Umlenkeffekten.....	117

5.2	Anwendung des Modells auf relevante Versagensmechanismen von Verankerungsgräben	122
5.2.1	Gleit-/Herausziehversagen (bewehrungsparalleles Gleichgewicht)	123
5.2.2	Versagen der Böschungskrone (horizontales Gleichgewicht)	129
5.3	Validierung der modellierten Versagensmechanismen mit Modellversuchen aus der Literatur	130
5.3.1	Randbedingungen der Modellversuche und Materialien	131
5.3.2	Eingangsparameter für Modellierungen	131
5.3.3	Versuchs- und Modellierungsergebnisse	132
5.4	Validierung der modellierten Widerstandsmobilisierung mit Feldmessung in Verankerungsgräben	134
5.4.1	Randbedingungen und Materialien	134
5.4.2	Eingangsparameter für Modellierung	137
5.4.3	Feldmess- und Modellierungsergebnisse	138
5.5	Zusammenfassung und Bewertung des Gesamtmodells des Verankerungsgrabens	142
6	Überprüfung des Verankerungsansatzes der EBGEO (2010) und Definition eines Modellfaktors	143
6.1	Reduzierung der eingehenden Boden-, Geogitter-, und Verbundkenngrößen	143
6.1.1	Geogitter	144
6.1.2	Boden und Verbund	145
6.2	Vorgehensweise zur Widerstandsberechnung	146
6.2.1	Widerstandsberechnung mit Modell	146
6.2.2	Widerstandsberechnung nach EBGEO (2010)	148
6.3	Darstellung des Einflusses der Umlenkeffekte	150
6.4	Parameterstudie	152
6.4.1	Variation Böschungsneigung	153
6.4.2	Variation Geogitterneigung im Graben	153
6.4.3	Variation Bewehrungslängen	154
6.4.4	Variation Überdeckungshöhe	155
6.4.5	Variation Verbundmobilisierung und -festigkeit	156
6.4.6	Variation Geogitterdehnsteifigkeit	158
6.4.7	Variation verträgliche Verschiebung der Verbindungsstellen	159
6.5	Definition eines Modellfaktors zur sicheren Bemessung nach EBGEO (2010)	159
6.5.1	Analyse von Gleiten vs. Herausziehen	160
6.5.2	Analyse der Widerstände Gleiten/Herausziehen vs. Böschungskrone	161
6.5.3	Analyse der maßgebenden Widerstände aller Berechnungen	161
6.5.4	Definition Modellfaktor	162

6.6	Zusammenfassung des Vergleichs von Gesamtmodell und EBGeo (2010).....	167
7	Neues Bemessungsmodell für ULS und SLS von Verankerungsgräben	169
7.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)	169
7.1.1	Nachweis gegen Versagen des Verankerungsgrabens	169
7.1.2	Nachweise gegen Materialversagen	172
7.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS).....	174
7.3	Zusammenfassung des Bemessungsmodells.....	175
8	Vereinfachtes Bemessungsmodell für ULS von Verankerungsgräben	177
8.1	Vereinfachtes Gesamtmodell und Ableitung eines Modellfaktors	177
8.1.1	Modellvereinfachung.....	177
8.1.2	Vergleich mit ursprünglichem Gesamtmodell.....	178
8.1.3	Ableitung eines Modellfaktors	179
8.2	Nachweis gegen Versagen des Verankerungsgrabens.....	181
8.2.1	Gleit-/Herausziehversagen	181
8.2.2	Versagen der Böschungskrone	181
8.3	Nachweise gegen Materialversagen.....	182
8.4	Zusammenfassung des vereinfachten Bemessungsmodells.....	182
9	Zusammenfassung	183
10	Ausblick	187
	Literaturverzeichnis	189
	Vorveröffentlichungen	204
	Anlage	207