

Parameterbestimmung mittels inverser Verfahren für geotechnische Problemstellungen

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

an der Fakultät Bauingenieurwesen
der
Bauhaus-Universität Weimar

vorgelegt von
Jörg Meier
aus Freiberg / Sachsen

Weimar

Gutachter:

1. Prof. Dr.-Ing. habil. Tom Schanz
2. Prof. Dr. rer. nat. habil. Klaus Gürlebeck
3. Prof. Dr. rer. nat. habil. Michael Moser
4. Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut Bock

Inhaltsverzeichnis

1	Problem- und Zielstellung	1
1.1	Motivation.....	1
1.2	Zielsetzungen.....	3
1.3	Gliederung	3
2	Stand der Forschung	5
2.1	Optimierung und inverse Parameterbestimmung	5
2.2	Anwendungen in der Geotechnik	9
2.3	Zusammenfassung	13
3	Generelle Betrachtungen und Gesamtkonzept.....	15
3.1	Grundlagen der Optimierung.....	16
3.2	Grundlagen der inversen Parameterbestimmung.....	18
3.3	Strategien zur Definition der Zielfunktion	20
3.3.1	Zielfunktionen für eine homogene Referenzdatenserie.....	20
3.3.2	Wichtung für eine Referenzdatenserie.....	26
3.3.3	Zusammengesetzte Zielfunktionen.....	27
3.3.4	Regularisierungsterme in Zielfunktionen	29
3.3.5	Testfunktionen	32
3.4	Statistische Untersuchungen, Sensitivitäts- und Korrelationsanalysen.....	32
3.4.1	Abtastverfahren.....	33
3.4.2	Untersuchungs- und Analyseverfahren.....	35
3.5	Bekannte Ansätze zur Extremwertsuche	46
3.6	Vorstellung und Kategorisierung bekannter Verfahren der nichtlinearen Optimierung.....	49
3.6.1	Allgemeine Parameter und Eigenschaften.....	49
3.6.2	Stochastische Verfahren	57
3.6.3	Gradientenbasierte Verfahren.....	59
3.6.4	Simplex- und komplexbasierende Verfahren	67
3.6.5	Populationsbasierte Verfahren.....	69
3.6.6	Topologieersatz- und Approximationsverfahren.....	76
3.6.7	Kombinativverfahren.....	83
3.7	Visualisierung nichtlinearer Optimierungssequenzen	88

3.7.1	Sequenz-Graphen	89
3.7.2	Visualisierung von Skalarfeldwerten	90
3.8	Bewertung des Ergebnisses einer Optimierung	97
3.9	Zusammenfassung.....	99
4	Behandlung geotechnischer Aufgabenstellungen mit Verfahren zur inversen Parameterbestimmung.....	101
4.1	Charakteristika geotechnischer Probleme und Modelle.....	101
4.1.1	Generelle Charakteristika.....	101
4.1.2	Vorwärtsrechnungsabhängige Charakteristika.....	103
4.1.3	Kopplungsbedingte Charakteristika	107
4.1.4	Zusammenfassung der Charakteristika	108
4.2	Zielfunktionen für geotechnische Aufgabenstellungen	109
4.3	Anforderungen und allgemeine Betrachtungen	111
4.3.1	Anforderungen geotechnischer Aufgabenstellungen an Verfahren zur inversen Parameterbestimmung.....	111
4.3.2	Anforderungen der Verfahren zur inversen Parameterbestimmung an geotechnische Aufgabenstellungen.....	113
4.4	Analyse und Bewertung ausgewählter Optimierungsverfahren.....	114
4.4.1	Beschreibung der Analyse- und Bewertungsverfahren.....	114
4.4.2	Anwendung der Analyse- und Bewertungsverfahren	121
4.4.3	Zusammenfassender Vergleich der Ergebnisse	139
4.5	Nutzung von inversen Verfahren zur Optimierung von Messprogrammen.....	143
4.5.1	Validierung bestehender Messprogramme.....	144
4.5.2	Planungshilfen für Messprogramme	146
4.6	Ansätze zur Beschleunigung inverser Parameterbestimmungen und zur Erhöhung der Robustheit.....	152
4.6.1	Nutzung bereits existierender Daten und Informationen	152
4.6.2	Sequentielle Nutzung von Optimierungsalgorithmen	153
4.6.3	Modifikation des Verfahrens der Moving Least Squares	155
4.7	Zusammenfassung.....	166
5	Anwendung auf geotechnische Problemstellungen	167
5.1	Parameterrückrechnung für ein in der Auffahrung befindliches Tunnelbauwerk.....	167

5.1.1	Felsblock vor Tunnelortsbrust	170
5.1.2	Störungszone vor der Ortsbrust	181
5.1.3	Zusammenfassung der numerischen Experimente zur Parameterbestimmung für Tunnelauffahrungen.....	186
5.2	Behandlung gravitativ bedingter Massenbewegungen	186
5.2.1	Fußentlastung eines Hanges	188
5.2.2	Talzuschub Gradenbach (Kärnten / Österreich)	194
5.2.3	Hangrutschung nahe Corvara (Dolomiten / Italien)	217
5.2.4	Zusammenfassung der Behandlung gravitativ bedingter Massenbewegungen	231
5.3	Zusammenfassung der Anwendungen	231
6	Ergebnisse, Ausblick und Zusammenfassung	233
6.1	Zusammenfassung	233
6.2	Ergebnisse und Empfehlungen	234
6.3	Ausblick	235
Literaturverzeichnis und verwendete Normen		239
Abbildungsverzeichnis und Tabellenverzeichnis		263