
Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------|
| Symbolverzeichnis | XIII |
| 1 Einführung | 1 |
| 1.1 Bodendynamische Problemstellungen | 1 |
| 1.2 Unterschied zwischen Bodendynamik und klassischer Bodenmechanik | 2 |
| 1.3 Elemente bodendynamischer Untersuchungen | 4 |
| 1.4 Hinweis für den Gebrauch des Buches | 5 |
| 2 Grundlagen der Schwingungslehre | 6 |
| 2.1 Bewegungsdifferenzialgleichung | 6 |
| 2.2 Eigenschwingung | 7 |
| 2.2.1 Ungedämpfter Einmassenschwinger | 8 |
| 2.2.2 Gedämpfter Einmassenschwinger | 10 |
| 2.3 Harmonische Anregung | 11 |
| 2.3.1 Ungedämpfter Einmassenschwinger | 12 |
| 2.3.2 Gedämpfter Einmassenschwinger | 13 |
| 2.3.3 Gedämpfter Einmassenschwinger mit quadratischer Anregung | 15 |
| 2.3.4 Zusammenfassung der wichtigsten Formeln | 17 |
| 2.4 Schwingungsisolierung | 17 |
| 2.5 Stoßartige Belastung | 19 |
| 2.5.1 Rechteckförmiger Stoß | 20 |
| 2.5.2 Stoß-Antwortspektren | 21 |
| 2.6 Allgemeine Belastung | 21 |
| 2.7 Nichtlineare Systeme | 24 |
| 2.8 Dämpfungsarten | 27 |
| 3 Wellenausbreitung | 29 |
| 3.1 Eindimensionale Wellenausbreitung | 31 |
| 3.1.1 Schubträger | 31 |
| 3.1.2 Allgemeine Wellengleichung | 33 |
| 3.1.3 Anwendungsbeispiel | 37 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2 Wellenausbreitung im elastischen Raum | 40 |
| 3.2.1 Herleitung der Bewegungsgleichung | 40 |
| 3.2.2 Lösungen der dreidimensionalen Bewegungsgleichung | 42 |
| 3.3 Wellenausbreitung im elastischen Halbraum | 43 |
| 3.3.1 Rayleigh-Wellen | 43 |
| 3.3.2 Wellen im geschichteten Halbraum | 45 |
| 3.4 Wellenausbreitung in nicht idealen Verhältnissen | 45 |
| 3.4.1 Einfluss der Schichtung auf das Wellenbild | 45 |
| 3.4.2 Wellenausbreitung in Gemischen von Wasser und Festschubstanz | 46 |
| 3.4.3 Wellenausbreitung in porösen, gesättigten Materialien | 48 |
| 3.4.4 Einfluss des Grundwasserspiegels | 49 |
| 3.4.5 Wellenausbreitungsgeschwindigkeit in wichtigen Böden und Gesteinsarten | 50 |
| | |
| 4 Dynamische Bodenkennziffern | 51 |
| 4.1 Bodenmodelle | 51 |
| 4.1.1 Einflussparameter | 52 |
| 4.1.2 Elastische und elasto-plastische Bodenmodelle | 53 |
| 4.1.3 Deformationsverhalten – Bruchverhalten | 57 |
| 4.2 Linear äquivalente Bodenkennziffern | 58 |
| 4.2.1 Sand | 62 |
| 4.2.2 Kies-Sand | 67 |
| 4.2.3 Tonige Böden | 70 |
| 4.2.4 Fels | 77 |
| 4.2.5 Abschließende Bemerkungen | 78 |
| 4.3 Festigkeitseigenschaften unter dynamischer Belastung | 78 |
| 4.3.1 Übersicht | 78 |
| 4.3.2 Entwicklung von Verformungen | 79 |
| 4.4 Konzeption von Untersuchungsprogrammen | 84 |
| 4.5 Feldmethoden | 86 |
| 4.5.1 Reflexions-Seismik | 91 |
| 4.5.2 Refraktions-Seismik | 92 |
| 4.5.3 Hybridseismik | 94 |
| 4.5.4 Oberflächenwellenbasierende Methoden | 94 |
| 4.5.5 Crosshole-Seismik | 97 |
| 4.5.6 Downhole- und Uphole-Seismik | 99 |
| 4.5.7 Seismische Tomographie | 101 |
| 4.5.8 Wasserkanone (Beispiel für dyn. Plattenversuch) | 102 |
| 4.6 Laborversuche | 103 |
| 4.6.1 Resonant-Column-Versuch | 104 |
| 4.6.2 Ultraschallmessungen | 106 |
| 4.6.3 Zyklischer Scherversuch | 108 |
| 4.6.4 Zyklischer Triaxialversuch | 109 |
| 4.6.5 Zyklischer Torsionsversuch | 112 |

| | |
|---|------------|
| 4.7 Vergleich von Feld- und Labordaten | 114 |
| 4.8 Das Phänomen Bodenverflüssigung | 117 |
| 4.8.1 Übersicht und Definition | 117 |
| 4.8.2 Berechnung des Verflüssigungspotenzials | 121 |
| 4.8.3 Granulare Böden | 124 |
| 4.8.4 Tonige Böden | 129 |
| 4.8.5 Mischböden | 130 |
| 4.8.6 Feldversuche zur Bestimmung des Verflüssigungspotenzials | 131 |
| 4.8.7 Laborversuche zur Bestimmung des Verflüssigungspotenzials | 135 |
| 4.9 Zentrifugenmodellversuche zur Untersuchung des Systemverhaltens | 139 |
| 5 Erschütterungen | 142 |
| 5.1 Ausbreitung von Erschütterungen | 142 |
| 5.1.1 Erschütterungsausbreitung bei Verkehrsträgern | 144 |
| 5.1.2 Ausbreitung von Sprengerschütterungen | 151 |
| 5.1.3 Ausbreitung von Erschütterungen infolge Maschinen in Industrieanlagen | 152 |
| 5.2 Beurteilung der Erschütterungen | 153 |
| 5.2.1 Schäden an Bauwerken | 154 |
| 5.2.2 Belästigung des Menschen | 158 |
| 5.2.3 Grenzwerte für Geräte | 163 |
| 5.3 Erschütterungsreduktion | 164 |
| 5.3.1 Bauliche Maßnahmen bei der Quelle | 164 |
| 5.3.2 Bauliche Maßnahmen auf dem Übertragungsweg | 166 |
| 5.3.3 Maßnahmen beim Empfänger | 169 |
| 6 Dynamisch belastete Fundamente | 171 |
| 6.1 Maschinenfundamente | 171 |
| 6.1.1 Generelle Gesichtspunkte beim Entwurf | 171 |
| 6.1.2 Modellbildung | 172 |
| 6.1.2.1 Modellbildung für starre Fundamente | 173 |
| 6.1.3 Lösungsmethoden für Fundamente auf dem elastischen Halbraum | 175 |
| 6.1.3.1 Einmassenschwinger-Analogon | 178 |
| 6.1.3.2 Lösungsmethode mit Impedanzfunktionen | 181 |
| 6.1.3.3 Methoden zur Berechnung von Impedanzfunktionen | 185 |
| 6.1.3.4 Dynamische Berechnung eines starren Fundamentes mittels Impedanzfunktion | 186 |
| 6.1.3.5 Verfeinerte physikalische Modelle | 189 |
| 6.1.4 Diagramme für die Berechnung von Maschinenfundamenten | 191 |
| 6.1.4.1 Resonanzkurven für das Einmassenschwinger-Analogon | 191 |
| 6.1.4.2 Impedanzfunktionen | 196 |
| 6.1.5 Fundamentalschwingungen auf realem Boden | 206 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 6.1.6 | Kriterien beim Entwurf eines Maschinenfundamentes . . . | 206 |
| 6.2 | Bleibende Verformungen und Veränderungen der Tragfähigkeit . | 208 |
| 6.2.1 | Allgemeines | 208 |
| 6.2.2 | Entscheidungskriterien unabhängig von der Gründungsart | 210 |
| 6.2.3 | Akkumulation von vertikalen Verformungen bei Flachfundamenten | 212 |
| 6.2.4 | Pfahlfundationen | 216 |
| 6.2.5 | Einfluss des Porenwasserdruckes | 221 |
| 6.2.6 | Abschließende Bemerkungen | 223 |
| 7 | Geotechnisches Erdbebeningenieurwesen | 224 |
| 7.1 | Erdbeben | 224 |
| 7.1.1 | Wirkung von Erdbeben | 224 |
| 7.1.2 | Grundlagen und Begriffe | 225 |
| 7.2 | Erdbebenerschütterung am Bauwerksstandort | 236 |
| 7.2.1 | Herd- und Wellenausbreitungseinflüsse | 237 |
| 7.2.2 | Einfluss der Baugrundeigenschaften | 240 |
| 7.3 | Vorgehenskonzepte zur Ermittlung von Erdbebenbemessungs- größen | 253 |
| 7.3.1 | Seismotektonisches Modell | 254 |
| 7.3.2 | Deterministische Methoden: Konzept, Vor- und Nachteile | 257 |
| 7.3.3 | Probabilistische Methoden: Konzepte, Vor- und Nachteile | 259 |
| 7.3.4 | Ermittlung der Bemessungsgrößen a_{\max} , Antwortspektrum, Dauer der Starkbebenphase | 267 |
| 7.3.5 | Zeitverläufe für nichtlineare Berechnungen | 273 |
| 7.3.6 | Durch menschliche Aktivitäten induzierte seismische Ereignisse | 275 |
| 7.4 | Dynamische Boden-Bauwerk-Interaktion | 277 |
| 7.4.1 | Wesen und Bedeutung der Boden-Bauwerk-Interaktion . . | 277 |
| 7.4.2 | Berechnungsmethoden | 279 |
| 7.4.3 | Einfaches Modell für die Berechnung der Boden- Bauwerk-Interaktion | 281 |
| 7.5 | Erdbebenbemessung von Fundationen und Stützkörpern | 286 |
| 7.5.1 | Grundsätze zur Standortwahl | 286 |
| 7.5.2 | Flachfundationen | 287 |
| 7.5.3 | Tieffundationen | 287 |
| 7.5.4 | Erdbebenbemessung von Stützwänden und Widerlagern von Brücken | 289 |
| 7.5.5 | Einfluss des Wassers | 293 |
| 7.5.6 | Deformationsberechnungen | 293 |
| 7.6 | Baugrundverbesserungen | 293 |
| 7.7 | Böschungsstabilität unter Erdbebenlasten | 298 |
| 7.7.1 | Berechnung der bleibenden Deformationen infolge von Trägheitskräften | 299 |
| 7.8 | Erdbebensicherheit von Erd- und Steinschüttdämmen | 304 |

| | | |
|-------|---|------------|
| 7.8.1 | Einleitung | 304 |
| 7.8.2 | Erdbebenverletzlichkeit von Erd- und Steinschüttdämmen und Maßnahmen zu deren Verringerung | 306 |
| 7.8.3 | Erdbebenschäden bei Erd- und Steinschüttdämmen | 307 |
| 7.8.4 | Wahl der Berechnungsmethode | 308 |
| 7.8.5 | Untersuchung des Verflüssigungspotenzials | 309 |
| 7.8.6 | Berechnung der bleibenden Deformationen infolge von Trägheitskräften | 311 |
| 7.9 | Mikrozonierung | 311 |
| 7.9.1 | Einführung | 311 |
| 7.9.2 | Durch den Baugrund verursachte Versagensarten | 318 |
| | Literaturverzeichnis | 323 |
| | Sachverzeichnis | 337 |