
GEOTECHNISCHE ASPEKTE EINES GEO-INFORMATIONSSYSTEMS

O. PREGL, Universität für Bodenkultur, Wien

1. FÜR DIE BEMESSUNG VON KONSTRUKTIONEN ERFORDERLICHE INFORMATIONEN

Bei der Planung von bautechnischen Konstruktionen besteht ein zentraler Entwurfsschritt darin, nachzuweisen, daß die zur Ausführung vorgesehenen Konstruktionen die an sie gestellten Anforderungen erfüllen und daß an diesen Konstruktionen keinerlei Schäden (Versagensarten) auftreten werden. Solche Schäden können u.a. als unzulässig große Verformungen oder als Bruch der Konstruktion in Erscheinung treten. Die Grundüberlegung solcher Nachweise besteht darin, für eine bestimmte Konstruktionsart A_i die Versagenswahrscheinlichkeiten $P(A_i, B_j)$ für jede mögliche Versagensart B_j so klein zu machen, daß sie toleriert werden kann. Im einfachsten Fall kann man mit der Betrachtung von zwei Klassen auskommen, nämlich mit der Klasse B_1 : "Kein Schaden" und der Klasse B_2 : "Schaden". Es darf $P(A_i, B_1)$ immer nur wenig kleiner als 1 und damit $\sum_{j=2}^n P(A_i, B_j)$ immer nur wenig größer als 0 sein. Um ausreichend kleine Versagenswahrscheinlichkeiten $P(A_i, B_j)$ für $j > 1$ zu erreichen, gibt es zwei Möglichkeiten:

Bei den direkten Nachweisverfahren werden die an gleichartigen Konstruktionen unter bestimmten Bedingungen C_k erhaltenen Erfahrungen unmittelbar auf die zu planenden Konstruktionen übertragen. Zu den genannten Bedingungen gehören u.a. die Abmessungen der Konstruktion, die Belastungen und die Untergrundverhältnisse, wie Schichtenaufbau und Grundwasserstand. Wahrscheinlichkeitstheoretisch kann diese Übertragung der Erfahrung ausgedrückt werden durch

$$P(A_i, B_j, C_k) = P(A_i, B_j | C_k) \cdot P(C_k)$$

Dabei bedeutet $P(A_i, B_j, C_k)$ die Wahrscheinlichkeit, daß bei der Realisierung einer Konstruktion A_i unter den festgestellten Bedingungen C_k die Versagensart B_j eintritt. $P(A_i, B_j | C_k)$ ist die aus der bisherigen praktischen Erfahrung bekannte Eintrittswahrscheinlichkeit für B_j unter den Bedingungen C_k , also ein Maß für die vorhandenen Vorinformationen über diese Konstruktionsart.

$P(\underline{C}_k)$ ist die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen der Bedingungen \underline{C}_k , also ein Maß für die Güte der für die besondere Konstruktion eingeholten Informationen. Üblicherweise macht man sich über die Größen dieser Wahrscheinlichkeiten keine besonderen Gedanken und setzt einfach $P(A_i, B_j | \underline{C}_k) = 1$ und $P(\underline{C}_k) = 1$, womit man von einer deterministischen Betrachtungsweise ausgeht. Diese Vorgangsweise setzt jedoch - zumindest stillschweigend - voraus, daß ausreichend gesicherte Vorinformationen über das Verhalten gleichartiger Konstruktionen und auch ausreichend gesicherte Informationen über die besonderen Bedingungen der entwerfenden Konstruktion bekannt sind.

Ein Nachteil dieser direkten Nachweisverfahren besteht darin, daß die genannten besonderen Bedingungen \underline{C}_k durch eine große Anzahl von Parametern beschrieben werden und daher die Auswirkungen von Änderungen dieser Parameter auf die Versagenswahrscheinlichkeiten nur schwer abschätzbar sind. Diese Schwierigkeit wird überwunden durch die Anwendung von mechanischen Gedankenmodellen. Die Anwendbarkeit der damit verbundenen indirekten Nachweisverfahren beruht auf folgender Gleichung:

$$P(A_i, B_j, \underline{C}_k, \underline{D}_1) = P(A_i, B_j | \underline{C}_k, \underline{D}_1) \cdot P(\underline{C}_k) \cdot P(\underline{D}_1)$$

\underline{D}_1 bezeichnet dabei die angewendeten Gedankenmodelle und $P(\underline{D}_1)$ die Zutreffwahrscheinlichkeit dieser Modelle auf den besonderen Fall, d.h. ob die dem Modell entsprechenden Mechanismen hier überhaupt maßgebend und anwendbar sind, oder ob nicht andere Mechanismen zutreffen, die übersehen werden.

$P(A_i, B_j | \underline{C}_k, \underline{D}_1)$ ist wiederum die aus der bisherigen Erfahrung bekannte Versagenswahrscheinlichkeit der Schadensklasse B_j und zwar unter den Bedingungen \underline{C}_k und bei Anwendung der Gedankenmodelle \underline{D}_1 .

Die angestellten Überlegungen zeigen, daß für die Erstellung eines technisch einwandfreien Entwurfes einer bestimmten Konstruktionsart folgende Voraussetzungen gegeben sein müssen:

- (a) Vorinformationen über die Versagenswahrscheinlichkeit bei Anwendung bestimmter Entwurfskriterien und bestimmter Berechnungsverfahren;
- (b) ausreichende Erkundung der besonderen Bedingungen;
- (c) Erkennen und Festlegen der maßgebenden Versagensmechanismen und der zugehörigen Berechnungsverfahren.

Die unter (a) genannten Vorinformationen werden üblicherweise aus Normen, Richtlinien oder Fachbüchern entnommen, die unter (b) genannten Informati-

onen werden teilweise ebenfalls aus Normen oder Richtlinien entnommen (z.B. Lastannahmen, Festigkeiten der Baustoffe), teilweise sind sie jedoch für jede einzelne Konstruktion eigens zu erkunden (z.B. Untergrund).

Weitere Details zu diesen Überlegungen wurden von Pregl (1985) behandelt.

2. ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN EINES GEOTECHNISCHEN INFORMATIONSSYSTEMS

Ein geotechnisches Informationssystem könnte insbesondere zu den unter (a) und (b) genannten Voraussetzungen wichtige Beiträge leisten:

ad (a): Bisher wurde das Verhalten von Erdbau- und Grundbaukonstruktionen hauptsächlich in Form von "case histories" beschrieben. Eine systematische, auf die wesentlichen Gesichtspunkte abgestimmte Sammlung solcher Beobachtungen gibt es nicht. Beispielsweise ist es nicht möglich, sich einen raschen Überblick zu verschaffen über die in einem bestimmten Gebiet bzw. bei bestimmten Untergrundverhältnissen bisher angewendeten Konstruktionsarten und deren Verhalten. Die Zusammenstellung solcher Informationen und die Ableitung von Entwurfskriterien daraus ist bisher auf die persönliche Erfahrung einzelner Ingenieure bzw. auf einzelne Forschungsprojekte beschränkt; dabei wurden bestimmte, Einzelpersonen zugängliche Daten ausgewertet. Bekannte Beispiele sind das von Lane (1934) abgeleitete Kriterium für die Beurteilung des hydraulischen Grundbruchs bei Wehrkörpern und das von Skempton/McDonald (1956) angegebene Kriterium für die Beurteilung der Größe von zulässigen Setzungen.

Mit Hilfe eines geotechnischen Informationssystems könnten solche Kriterien aufgrund von immer mehr Daten laufend weiter geprüft und erforderlichenfalls modifiziert und regional oder an neue Ausführungsverfahren und Konstruktionstypen angepaßt werden.

ad (b): Der Entwurf einer jeden Erd- und Grundbaukonstruktion setzt eine ausreichende Erkundung des Untergrundes bzw. der zu verwendenden Erdstoffe durch Schürfe, Bohrungen o.ä. voraus. Das Ergebnis solcher Erkundungen ist:

- die Festlegung des Schichtenaufbaus, der Gesteinbezeichnung und überschläßig der Grundwasserverhältnisse in dem von der Baumaßnahme beeinflussten Bereich des Untergrundes und
- die Festlegung der für die maßgebenden Gesteinsschichten (Boden, Fels) anzusetzenden geotechnischen Kennwerte (Dichte, Wassergehalt, Steifemodul E_s , Scherparameter c und ϕ u.a.).

Mit Hilfe eines geotechnischen Informationssystems könnten alle in einem bestimmten Gebiet bisher durchgeführten Aufschlüsse und die an den anstehenden Gesteinen ermittelten Kennwerte unmittelbar verfügbar gemacht werden. Mit einer solchen Datensammlung könnten folgende Ziele erreicht werden:

- Abschätzung des an einer bestimmten Stelle zu erwartenden Schichtenaufbaus und der geotechnischen Kennwerte dieser Schichten;
- Aufstellung von allgemein oder regional anwendbaren Tabellen, aus denen man die für die Bemessung erforderlichen Gesteinskennwerte alleine aufgrund der Gesteinsbezeichnung abschätzen kann (vergl. DIN 1055 T.2; Ermittlung der Gesteinskennwerte z.B. auch aus Rückrechnungen).
- Abschätzung von Streubereichen der geotechnischen Kennwerte innerhalb geologisch einheitlicher Schichten; ein Beispiel für eine solche statistischen Auswertung von Kornverteilungs- und Proctorkurven ist in Bild 1 gezeigt: dafür wurden jeweils 168 Kiesproben verwendet, die beim Bau des Donau-Umleitungsgerinnes in Wien entnommen wurden;
- Beurteilung der eigenen Versuchsergebnisse im Vergleich zu bisher an gleichartigen Gesteinen erhaltenen Werten;
- Ableitung von Korrelationen zwischen einfach zu bestimmenden Standard-Kennwerten und anderen, für die Bemessung erforderlichen Daten;

Beispiele:

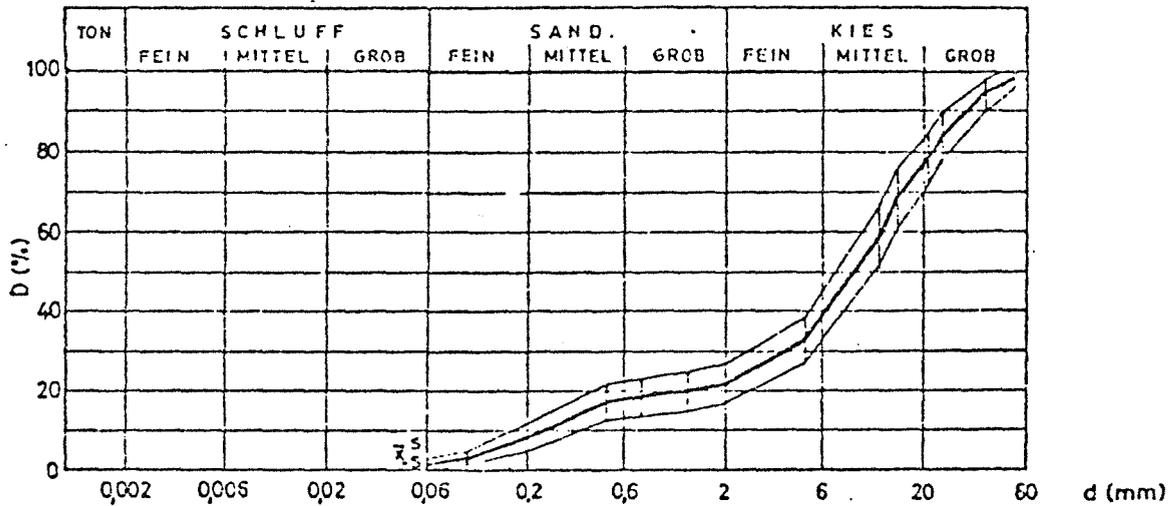
(a) Abhängigkeit des Steifemoduls E_s von Schluff vom Wassergehalt w , der Trockendichte ρ_d und dem Sättigungsgrad S_r (Hekötter, 1985).

(b) Abhängigkeit des Steifemoduls E_s von Schluff vom Eindringwiderstand n_{30} der Standardsonde (Biedermann/Morschel, 1985).

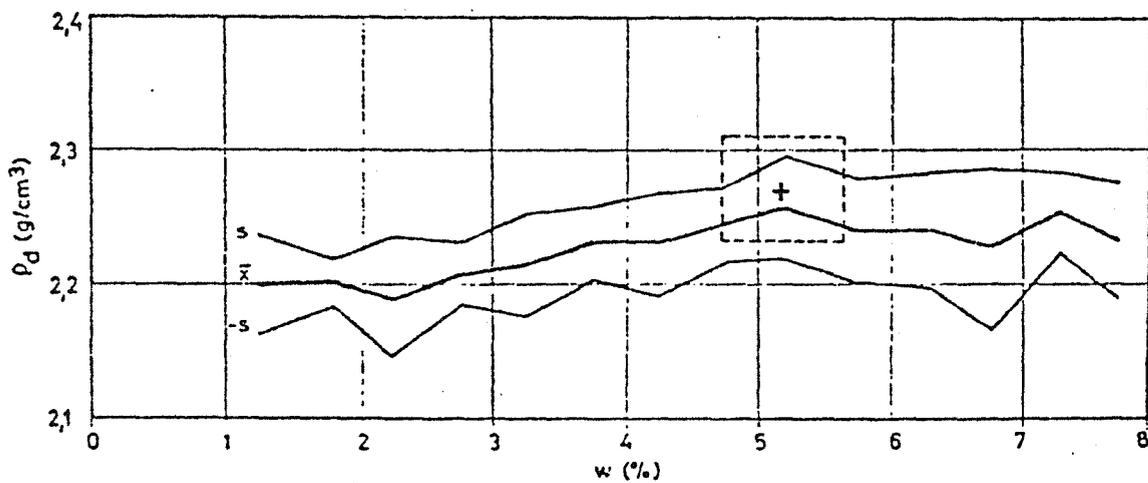
(c) Abhängigkeit der Tragfähigkeit von Pfählen von der Pfahlart, von der Bodenart und vom Zustand (Lagerungsdichte, Zustandsform) des Bodens (Rollberg, 1978; Feda, 1986).

Bild 1:

KORNVERTEILUNG



PROCTORWERTE UND PROCTORKURVEN



3. WEITERE HINWEISE ZUR ERSTELLUNG EINES GEOTECHNISCHEN INFORMATIONSSYSTEMS

Die Brauchbarkeit eines geotechnischen Informationssystems hängt sicherlich ab

- von der Gliederung des zugehörigen Schlüssels bzw. der Formblätter,
- von der Genauigkeit der Definition der Daten,
- von der Beschränkung auf die wesentlichen Informationen bzw. von der Relevanz der Daten,
- vom Umfang der gespeicherten Daten und
- von der geographischen und stofflichen Streubreite der erfaßten Daten.

Klar zu unterscheiden ist auch zwischen unmittelbaren Beobachtungsdaten (Meßwerten, Originaldaten) und mit irgendwelchen Annahmen oder Theorien abgeleiteten Werten.

Um ein umfassendes und brauchbares geotechnisches Informationssystem aufzustellen, bedarf es sicherlich noch mühsamer und aufwendiger Vorarbeiten. Wenn wir aber das Ziel vor Augen haben, unsere Entwurfsarbeiten aufgrund der laufend neu gewonnenen Erfahrungen auf eine immer bessere Basis zu stellen und auch die bereits gesammelten Erfahrungen immer wieder neu zu prüfen - auch in Hinblick auf Änderungen der Bauausführung und Änderungen an den Konstruktionen -, dann bleibt uns wohl nichts anderes übrig, als zu versuchen, die besten derzeit verfügbaren Verfahren - und dies sind eben die EDV-Informationssysteme - anzuwenden.

4. SCHRIFTTUM

- Biedermann, B. u. D. Morschel, 1985: Ermittlung der Zusammendrückbarkeit aus Standardsondierungen für den Schluff. BMT 2
- Feda, J., 1986: Zulässige Belastung von Großbohrpfählen. Bautechnik, H.2, S.42-45
- Heckötter, Ch., 1985: Untersuchungen zur Abschätzung des Steifemoduls von Grobschluffschüttungen mit Hilfe einfacher, bodenmechanischer Kennwerte. Mitt. aus dem Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik, Universität-Gesamthochschule-Essen, H.9
- Lane, E.W., 1934: Security from under-seepage masonry dams on earth foundations. Proc. ASCE, Vol60, p.1233-1351
- Pregl, O., 1985: Mitteilungen des Instituts für Geotechnik und Verkehrswesen, Reihe "Geotechnik", H.1: Allgemeine Grundlagen
- Rollberg, D., 1978: Die Kraft-Setzungslinie von Pfählen. Bauingenieur 53, S.309-313
- Skempton, A.W. a. D.H. McDonald, 1956: Allowable settlement of buildings. Proc. Instn. Civ. Engrs., part 3, vol.5, p.727-768
- DIN 1055 T.2, 2.1976: Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngrößen; Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel.