

PROBLEMY METODYCZNE STATYSTYCZNEGO WNIOSKOWANIA PRZY OCENIE WŁASNOŚCI FIZYCZNO-MECHANICZNYCH GRUNTÓW

UKD 624.131.431:519.2:162

Przy sporządzaniu zdjęcia inżyniersko-geologicznego jednym z głównych problemów metodycznych jest liczbowe opracowanie parametrów własności fizycznych i mechanicznych gruntów w profilu pionowym oraz poziomym, tworzące ostateczny model środowiska inżyniersko-geologicznego. Model ten, zbudowany na podstawie definicji koncepcyjnych i operacyjnych, określonych przez zadanie, któremu służy, jest w ostatecznym swym obrazie uzależniony od własności fizyczno-mechanicznych wydzielonych zespołów gruntowych.

Głównym kryterium budowy takiego modelu jest w działalności praktycznej kryterium litologiczno-genetyczne, uwzględniające rozpozniomowanie stratygraficzne oraz kryterium geomorfologiczne. Dane wyjściowe, to: przeanalizowane archiwalne opisy podstawowych punktów obserwacyjnych, literatura publikowana i archiwalna oraz własne kartograficzne badania terenowe.

Polska Norma, dotycząca wyznaczania uogólnionych cech gruntów, PN-65/B-04497, różnicując podłoże budowlane, wychodzi z „warstwy geotechnicznej” jako najmniejszej jednostki i określa ją jako część podłoża gruntowego, w której znajduje się grunt jednego wieku, genezy i litologii, tego samego rodzaju i stanu. Łącząc kilka warstw w „pakietu geotechniczne” dochodzi do „zespołu warstw geotechnicznych”, dla których wartości uogólnionych cech fizyczno-mechanicznych zaleca określać w oparciu o metody statystyki matematycznej i rachunek prawdopodobieństwa.

Tworząc, na podstawie kryteriów wyjściowych, główne zarysy modelu powinno się określić i przedstawić na mapach i przekrojach wydzielone grupy genetyczne gruntów, w obrębie których należy na podstawie analizy badań laboratoryjnych wydzielić grupy litologiczne obrazując ich układ przestrzenny.

Suma zmiennych, określających przydatność budowlaną, jaką m. in. stanowią parametry fizyczno-mechaniczne gruntów w empirycznym modelu linio-

wym, obrazuje w ramach zależności funkcyjnych wagę udziału danej zmiennej w stosunku do efektu końcowego. Szczegółowa analiza takiego liniowego modelu statystycznego, poparta merytorycznym ustosunkowaniem się do zadania, jakiemu opracowanie służy, pozwala na wyodrębnienie „uogólnionych cech wiodących”. Dojście do takiego modelu wymaga jednak oceny metodami statystyki matematycznej: wartości średnich poszczególnych cech, zmienności tych cech i oceny statystycznej korelacji.

Za „uogólnioną cechą wiodącą” w przypadku opracowanej przez zespół Katedry Geologii Inżynierskiej UW, przedstawionej tu mapy inżyniersko-geologicznej, uznano wilgotność naturalną W^* . Jest ona bowiem najczęściej wyznaczanym parametrem w badaniach laboratoryjnych, co umożliwia dość dokładne wyznaczenie jej wartości w profilu pionowym i poziomym podłoża. Cecha wiodąca pozwala drogą analizy korelacyjnej i regresyjnej wyznaczyć wartości zarówno „uogólnionej cechy gruntu”, jak i innych cech. „Uogólniona cecha gruntu”, jak podaje cytowana wyżej norma, „jest to taka wartość cechy, którą można przyjmować jako miarodajną przy projektowaniu obiektu inwestycyjnego, odpowiadająca warstwie lub pakietowi”. Aby wyznaczyć wartość tej cechy należy przede wszystkim określić, która z cech gruntu będzie priorytatywna dla danego typu opracowania, co wynika z ogólnej analizy wymagań konstrukcyjnych przyszłych obiektów inwestycyjnych. W przypadku opracowanej mapy inżyniersko-geologicznej jako priorytatywną cechą dla tego typu opracowania uznano stan gruntu. Przy wykorzystaniu prostych i łatwych w użyciu metod analizy korelacyjnej i regresyjnej można ustalić np. zmienność stopnia plastyczności I_p^* zależnie od wilgotności naturalnej, znając jedynie jej wartości. Za-

* W artykule użyto oznaczeń przyjętych przez Komitet Wykonawczy V Kongresu Międzynarodowego Stowarzyszenia Mechaniki Gruntów i Fundamentowania w Paryżu w 1961 r.

leżności te, oczywiście, należy ustalić osobno dla każdego rodzaju gruntu.

Za przykład tego typu analizy może posłużyć opracowanie równania regresji metodą najmniejszych kwadratów, na podstawie 202 par obserwacji dla glin piaszczystych, w zakresie wilgotności naturalnej 10—20%, określonego wieku i genezy. Obliczony współczynnik korelacji $r_w I_1$ wynosi 0,88. Współczynnik ten reprezentuje współzależność upoważniającą do wyznaczenia równania prostej regresji, wyrażonej wzorem: $I_1 = 0,058 W - 0,017$. Powyższą analizę przeprowadzono również dla piasków gliniastych (K. Wiatr, 1968), dla których równanie wyraża się następującą zależnością: $I_1 = 0,047 W - 0,395$.

Przed przystąpieniem jednak do tego typu analizy należy poddać badaniom statystycznym dane z badań laboratoryjnych, zebrane z różnych opinii geotechnicznych, dokumentacji inżyniersko-geologicznych oraz innych opracowań archiwalnych. Należy tu zwrócić szczególną uwagę na ewaluację pomiarów, układając cały szereg wyników w macierz pomiarów, ustalając zależności w ciągu wartości. Znając typ rozkładu, wartości średnie oraz odchylenie standardowe, można ustalić „szerokość odchylenia” poszczególnych wartości i wielkości asymetrii, co pozwala na wyeliminowanie błędów określanych w

SUMMARY

The paper deals with the problem of statistical deduction during evaluation of physico-mechanical properties of soils. During elaboration of engineering-geological surveys, the numerical calculation of the parameters of physical and mechanical properties of soils in both vertical and horizontal sections is one of the main methodical problems. Such an elaboration makes the ultimate model of engineering-geological environment. Such a model, built on the basis of conception and operation definitions determined by the tasks to which the model is destined, depends ultimately upon the physical and mechanical properties of the distinguished soil complexes.

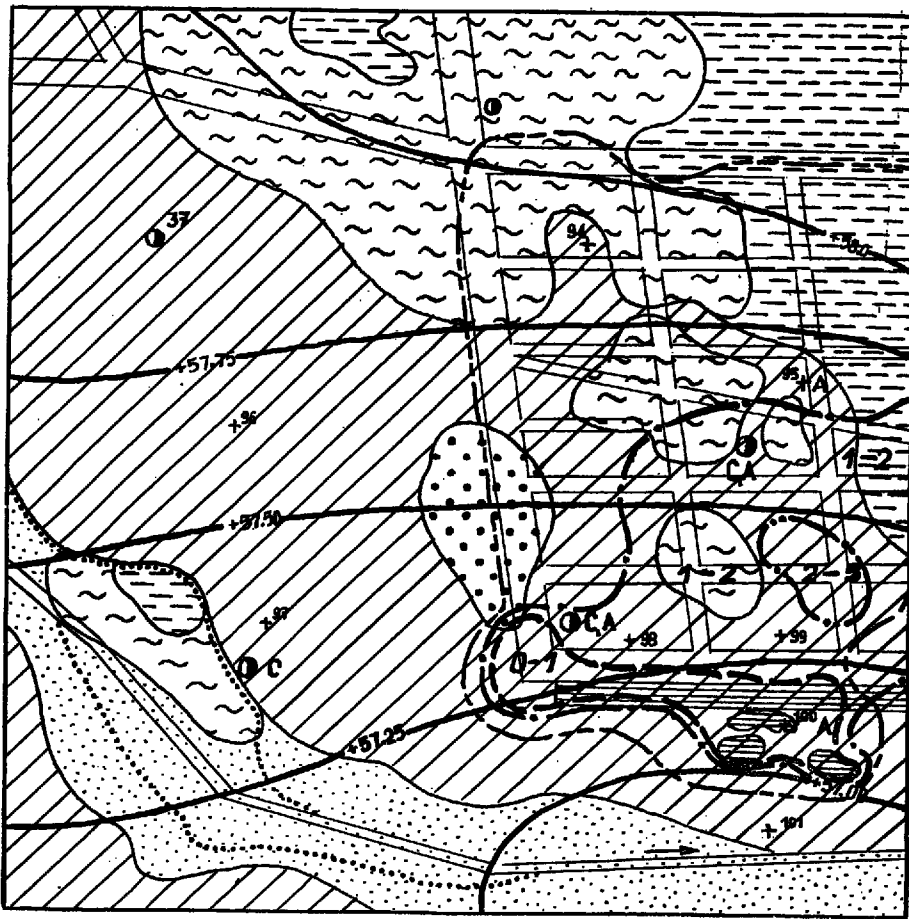
statystyce matematycznej grubymi. Błędy przypadkowe należy wyeliminować drogą analizy wariancji. W ten sposób uniknie się błędnej interpretacji zmienności parametrów fizyczno-mechanicznych.

Tak przygotowany materiał liczbowy umożliwi właściwe podstawienie zmienności poszczególnych cech na modelu środowiska inżyniersko-geologicznego. Zmienność „uogólnionej cechy gruntów” ustalonej na podstawie „uogólnionej cechy wiodącej” należy przedstawić na modelu w formie wykresów oraz podać w formie tabelarycznej. W przypadku opracowanej mapy zmienność stopnia plastyczności została przedstawiona na mapie inżyniersko-geologicznej i mapach gruntów budowlanych w formie wykresów, uwzględniających zakres jego zmienności. Zmienność innych cech podana została w formie tabelarycznej uwzględniającej średnie gwarantowane, średnie wartości medianowe i wartości ekstremalne.

Analizując zmienność „uogólnionej cechy gruntu” należy wydzielić ostateczne jednostki inżyniersko-geologiczne na modelu, przedstawiając izolimie równych określonych przedziałów wartości tej cechy (interpolacja powinna być przeprowadzona na podstawie równania regresji dla poszczególnych wydzielonych gruntów) oraz podać je w odniesieniu do każdej jednostki na przekrojach.

РЕЗЮМЕ

В статье рассматривается методика статистической оценки физико-механических свойств грунтов. Одной из главных методических проблем во время инженерно-геологической съемки является количественное выражение параметров физических и механических свойств грунтов в вертикальном и горизонтальном распространении. Эти параметры создают модель инженерно-геологических условий, строящуюся на основании концепционных и операционных определений в зависимости от поставленной задачи.



- 1 [Symbol: Dotted pattern]
- 2 [Symbol: Horizontal dashed lines]
- 3 [Symbol: Diagonal hatching]
- 4 [Symbol: Wavy lines]
- 5 [Symbol: Horizontal solid lines]
- a) [Symbol: Horizontal wavy lines]
- b) [Symbol: Horizontal solid lines]
- a [Symbol: Horizontal dashed lines]
- b [Symbol: Horizontal solid lines]
- c [Symbol: Horizontal solid lines]
- +57.0 [Symbol: Horizontal solid line]
- a [Symbol: Circle with dot]
- b [Symbol: Circle with dot]
- 10 [Symbol: Horizontal solid line]
- A [Symbol: Circle]
- 12 [Symbol: Circle]
- C [Symbol: Circle]
- 14 [Symbol: Dashed circle]

Wycinek mapy warunków hydrogeologicznych (wersja czarno-biała nieco schematyzowana).

Part of map showing hydrogeological conditions (black-white version, slightly schematic).

1 — grunty dobrze przepuszczalne o współczynniku filtracji $K_{10} > 1 \cdot 10^{-3}$ cm/sec (żwirny, pospółki, piaski gruboziarniste dobrze wysortowane), 2 — grunty średnioprzepuszczalne o współczynniku filtracji $K_{10} = 1 \cdot 10^{-3} \div 1 \cdot 10^{-4}$ cm/sec (piaski średnio i drobnoziarniste), 3 — grunty słabo przepuszczalne o współczynniku filtracji $K_{10} = 1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-5}$ cm/sec (piaski pylaste, piaski gliniaste, pyły, pyły piaszczyste), 4 — grunty półprzepuszczalne o współczynniku filtracji $K_{10} = 1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-6}$ cm/sec (gliny piaszczyste, gliny, gliny pylaste), 5 — grunty praktycznie nieprzepuszczalne o współczynniku filtracji $K_{10} < 1 \cdot 10^{-6}$ cm/sec (gliny ciężkie, gliny pylaste ciężkie, ły, torfy, namuły organiczne pylaste i łyaste), 6 — stare zasypane zbiorniki wód powierzchniowych: a) naturalnych, b) sztucznych (np. fosy), 7 — granice obszarów występowania wód zawieszonych na głębokości a) 0 ÷ 1,0 m, b) 1,0 ÷ 2,0 m, c) 2,0 ÷ 5,0 m, 8 — hydroizohipsy I poziomu wód podziemnych o szerszym regionalnym rozprzestrzenieniu, 9 — hydrogeologiczne punkty obserwacyjne: a) piezometry, b) studnie kopane, 10 — ciekły powierzchniowe naturalne i sztuczne, 11 — stwierdzone występowanie wód agresywnych, 12 — granica obszaru przypuszczalnego występowania wód agresywnych (obszar zabudowy staromiejskiej), 13 — hydrogeologiczne punkty obserwacyjne posiadające analizy chemiczne, 14 — granica obszarów okresowo zalewanych.

1 — well permeable soils with permeability coefficient $K_{10} > 1 \cdot 10^{-3}$ cm/sec (gravels, sand-gravel mix, coarse-grained, well sorted sands), 2 — medium-permeable soils with permeability coefficient $K_{10} = 1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-4}$ cm/sec (medium- and fine-grained sands), 3 — slightly permeable soils with permeability coefficient $K_{10} = 1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$ cm/sec (silt sands, clay sands, silts, arenaceous silts), 4 — semi-permeable soils with permeability coefficient $K_{10} = 1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-6}$ cm/sec (arenaceous tills, silty tills), 5 — practically impermeable soils with permeability coefficient $K_{10} < 1 \cdot 10^{-6}$ cm/sec (heavy tills, heavy silt tills, clays, peats, silt and clay, organic inwash), 6 — old, filled in basins of surface waters: a — natural, b — artificial (e.g. fosses), 7 — boundaries of areas of perched water occurrence at the depths: a) 0–1.0 m, b) 1.0–2.0 m, c) 2.0–5.0 m, 8 — hydroisohyps of the I ground water horizon having greater regional importance, 9 — hydrogeological observation points: a — piezometers, b — dug wells, 10 — surface stream, natural and artificial, 11 — aggressive water occurrences ascertained, 12 — boundary of the area of aggressive water occurrence (area of Old-Town quarter), 13 — hydrogeological observation points, where chemical analyses were made, 14 — boundary of area periodically inundated.

- 3) głębokość występowania lub rzędne występowania pierwszego poziomu wodonosnego o większym regionalnym rozprzestrzenieniu;
- 4) obszary i głębokość występowania wód zawieszonych z uwzględnieniem ich reżimu hydrodynamicznego (wielkość wahań zwierciadła wód, charakter zwierciadła wód itd.);
- 5) warunki hydrochemiczne wód pierwszego poziomu wodonosnego i wód zawieszonych, szczególnie odnośnie do ich twardości, zawartości jonów agresywnych względem materiałów konstrukcyjnych (CO_2 agr, SO_4^{2-} , twardość przemijająca);
- 6) istniejące lub zaistniałe szkody budowlane związane z działalnością wód powierzchniowych oraz

- oddziaływaniem wód zawieszonych i podziemnych;
- 7) obszary (projektowane ew. istniejące) ochrony wód pitnych;
- 8) podstawowe hydrogeologiczne punkty obserwacyjne (studnie eksploatacyjne i inne ujęcia wodne, piezometry, studnie posiadające dane odnośnie do wydajności wód podziemnych, chemizmu itd.).

Na rycinie podano przykładowo nieco schematyzowany (z uwagi na czarno-białą wersję) wycinek mapy warunków hydrogeologicznych kompleksowego zdjęcia inżyniersko-geologicznego obszaru miejskiego. W oparciu o treść mapy warunków hydrogeologicz-

nych i tekstową ocenę tych warunków projektujący inżynier budowlany ewentualnie geolog określa:

- a) konieczność, celowość i zakres prac odwadniających oraz sposoby ich przeprowadzenia;
- b) zakres koniecznych prac izolacyjnych;
- c) konieczność i celowość ewentualnych zmian w przewidywanych sposobach posadowienia lub konstrukcji obiektów.

W części tekstowej podaje się szczegółowy opis warunków hydrogeologicznych, hydrodynamicznych, hydrofizycznych i hydrochemicznych wszystkich wydzielonych poziomów i warstw wodonośnych z omówieniem ich rozprzestrzenienia, wydajności, możliwości użytkowania itd. oraz ich wpływu na zagospodarowanie obszaru. Oddzielnie należy omówić własności hydrogeologiczne gruntów oraz ich zachowanie się względem wody. Dla wód zawieszonych ewentualnie pierwszego poziomu wód podziemnych powinno się określić zasoby dynamiczne zmienne, tj. ilości wód odnawiających się (w jednostkach: 1/sek. km² lub 1/sek.ha). Dane te są nieodzowne dla oszacowania \bar{u} zagrożenia odwodnienia.

Należy podkreślić, że wykonanie mapy warunków hydrogeologicznych jest jednym z najtrudniejszych zadań przy opracowywaniu kompleksowego zdjęcia inżyniersko-geologicznego, wymagającym umiejętności wyważenia między różnymi informacjami —

SUMMARY

The article deals with the maps of hydrogeological conditions made for engineering-geological purposes. Such maps are a complex graphical presentation of hydrogeological, hydrodynamical, hydrophysical and hydrochemical conditions of ground waters of given region, with especial emphasis on the influence of these conditions upon engineering and constructional objects.

o różnej wartości i różnym znaczeniu. Trudności te wynikają nie tylko z faktu, że woda jest najbardziej zmiennym czynnikiem środowiska geologicznego i inżyniersko-geologicznego, lecz również z braku lub niekompletności hydrogeologicznych materiałów podstawowych m.in. braku stacjonarnych, długookresowych pomiarów klimatycznych, hydrogeologicznych, wahań wydajności i chemizmu itd. Pociąga to za sobą poważne problemy, rzutujące bezpośrednio na merytoryczną wymowę mapy warunków hydrogeologicznych. Problemy te wzrastają w miarę zwiększania się wymogów, co do treści mapy, stopnia skomplikowania warunków geologicznych, hydrogeologicznych oraz specyfiki projektowanych obiektów.

Na marginesie narzuca się tu uwaga, która przynajmniej częściowo mogłaby zmniejszyć omawiane wyżej trudności. Cykl opracowania map inżyniersko-geologicznych specjalnych i szczegółowych trwa z reguły dwa, dwa i pół lub więcej lat. W związku z tym wydaje się słuszne, aby natychmiast po pracach wstępnych wyznaczyć lub wykonać pewną ilość otworów obserwacyjnych (piezometrów), których dwuletni okres obserwacji mógłby dać podstawy do bardziej jednoznacznego określenia warunków hydrogeologicznych, hydrodynamicznych i hydrochemicznych wód podziemnych.

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена составлению карт гидрогеологических условий, входящих в состав инженерно-геологических отчетов. Такие карты представляют графическое изображение гидрогеологических, гидродинамических, гидрофизических и гидрохимических условий подземных вод данного района, с особым учетом воздействия этих условий на инженерные и строительные объекты.