

Badanie i dobór parametrów – referat generalny

Dr hab. inż. Katarzyna Zabielska-Adamska, prof. PB

Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

W mechanice gruntów podstawowym źródłem poznania jest doświadczenie. Wykonywanie eksperymentów jest powiązane ściśle z określeniem profilu podłoża, zachowaniem się gruntów ocenionym na podstawie badań zarówno laboratoryjnych, jak i polowych, a także mechaniką stosowaną obejmującą modelowanie zagadnień geotechnicznych i ich analizy [1]. Zjawiska zachodzące w gruntach i podłożu gruntowym wiążą się z właściwościami gruntów, ich rozdrobnieniem, parametrami naprężenia i odkształcenia oraz warunkami badań wytrzymałości. Modelowanie natomiast zawsze odniesione jest do materiału idealnego, często odbiegającego od rzeczywistych właściwości materiałów geotechnicznych. Biorąc pod uwagę złożoność podłoża gruntowego, doświadczenie jest niezbędnym aspektem mechaniki gruntów, nie więc dziwnego, że badanie i dobór parametrów stanowią zawsze tematykę sesji rozpoczynających konferencje geotechniczne krajowe, europejskie czy światowe.

Badania laboratoryjne i terenowe powinny wzajemnie się uzupełniać, ponieważ każda z grup ma swoje ograniczenia. Bez określenia celu badania nie można wskazać preferowanej metody badania [5]. W praktyce inżynierskiej wykonuje się przede wszystkim badania polowe, natomiast w badaniach naukowych, gdzie precyzyjnie należy wskazać warunki brzegowe, czyli naprężenie, odkształcenie i warunki odpływu, bardziej przydatne będą badania laboratoryjne. Badania terenowe umożliwiają podanie ciągłego profilu podłoża, także tam gdzie nie ma możliwości pobrania próbek o nienaruszonej strukturze.

Należy tu podkreślić ważność warunków badań laboratoryjnych [19]. Przykładowo, utożsamianie ściśliwości gruntu z odkształcalnością – gdy w ściskanym materiale nie występują odkształcenia postaciowe – jest stosowne jedynie w przypadku ściskania materiału izotropowego w warunkach obciążenia hydrostatycznego. Przebieg krzywych obrazujących zależność naprężenie-odkształcenie, uzyskany w badaniach edometrycznych, jest odmienny w porównaniu do krzywych otrzymanych w warunkach *in situ* oraz w badaniach laboratoryjnych jednoosiowego i trójosiowego ściskania. W pracy [5] przedyskutowano zasady doboru metody badań w zależności od rodzaju gruntu. Omówiono także szereg czynników wpływających na wiarygodność otrzymywanych wyników parametrów na przykładzie badań w aparacie trójosiowego ściskania.

Podczas wyznaczania parametrów geotechnicznych konieczne jest uwzględnienie większej liczby kryteriów niż w przypadku innych materiałów [5] ze względu na trójfazowość ośrodka gruntowego. Parametr geotechniczny jest miarą cechy lub zjawiska, jasno należy sprecyzować jego zastosowanie. Jako podstawowe cechy gruntów trzeba wymienić: ściśliwość, zagęszczalność, plastyczność, odkształcalność, wytrzymałość, lepkość i wrażliwość. Zdarzenia definiowane są jako zjawiska występujące w gruncie w określonych okolicznościach, przykładowo: pod wpływem obciążenia czy odprężenia, ścinania, wysychania, itp. Do podstawowych zjawisk zalicza się: konsolidację, dylatację i kontrakcję, upłynięcie, pęcznienie, skurcz, rozpraszanie ciśnienia, przebicie hydrauliczne, wyparcie gruntu i kurzaczkę.

OMÓWIENIE ZGŁOSZONYCH PRAC

Przedstawione w Sesji I XVIII Krajowej Konferencji Mechaniki Gruntów i Inżynierii Geotechnicznej: *Badanie i dobór parametrów* referaty obejmują generalnie tematykę badań laboratoryjnych i polowych. Referaty po recenzjach opublikowano w następujących czasopismach:

- Acta Scientiarum Polonorum. Architectura (4 artykuły),
- Annals of Warsaw University of Life Sciences SGGW. Land Reclamation (4 artykuły),
- Inżynieria Morska i Geotechnika (1 artykuł),
- Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (5 artykułów),
- Studia Geotechnica et Mechanica (2 artykuły).

Spośród wszystkich 16 prac 6 z nich opublikowano w języku angielskim (Annals of Warsaw University of Life Sciences SGGW. Land Reclamation oraz Studia Geotechnica et Mechanica), a 10 w języku polskim (pozostałe czasopisma).

Badaniom laboratoryjnym, prowadzącym do oznaczenia parametrów geotechnicznych oraz ich interpretacji, poświęcono 12 artykułów. Badaniom poddano grunty naturalne mineralne (8 artykułów), grunty organiczne (2 artykuły) i grunty utworzone w wyniku przemysłowej działalności człowieka – popioły lotne i destrukcyjne betonowy (2 artykuły). Tematyka głównie dotyczy zachowania się gruntów pod obciążeniem i zagęszczalności gruntów. Dwa artykuły można zakwalifikować zarówno do badań laboratoryjnych, jak i polowych. Przyporządkowano je do badań laboratoryjnych, ponieważ poświęcono im większą część pracy. Badania *in situ* nad charakterystykami sztywności podłoża gruntowego czy wpływu jakości rozpoznania podłoża opisano w 4 artykułach. Parametry sztywności oceniano na podstawie badań CPTU oraz na podstawie drgań powierzchniowych.

Poszczególne artykuły będą omówione w poniższych punktach w kolejności alfabetycznej.

Badania laboratoryjne

Gabryś, Soból, Sas i Szymański [2] przedstawili wyniki badań gruntów spoistych z terenu Warszawy o różnym pochodzeniu geologicznym – iłu z piaskiem i pyłem, iłu, piasku z iłem. Próbkę nasyconych gruntów poddano drganiom skręcającym w kolumnie rezonansowej w celu określenia współczynnika tłumienia z krzywej gaśnięcia swobodnych drgań próbek. Badania przeprowadzono przy pierwszej częstotliwości drgań własnych gruntów i różnych wartościach średniego naprężenia efektywnego. Autorzy zaobserwowali, że im mniejsza jest liczba kolejnych cykli po zainicjowaniu swobodnych drgań gruntu, tym lepsze tłumienie. Ustalono, że współczynnik tłumienia jest największy, jeżeli liczba cykli nie przekracza 10, w przypadku

wszystkich badanych gruntów. Nasuwa się pytanie, czy podjęto próbę wykonania badań przy liczbie cykli mniejszej niż 10, zgodnie z zaleceniem ASTM.

Gończko i Topoliński [3] dokonali porównania składu granulometrycznego łu montmorillonitowo-illitowego z rejonu Bydgoszczy za pomocą metody dyfrakcji laserowej (LDA) oraz metody areometrycznej (HM). Autorzy zwracają uwagę, że w przypadku gruntu ilastego o przewodzie cząstek pakietowych zarówno analiza hydrometryczna, jak i laserowa obarczone są dużym błędem. Analiza areometryczna odnosi się do zastępczych cząstek kulistych, co powoduje zaniżenie wymiarów cząstek rzeczywistych w kierunku dłuższej osi. Metoda LDA powoduje natomiast zawyżenie udziału cząstek o większych średnicach. Stwierdzili istnienie statystycznie istotnej zależności w przypadku frakcji ilowej badanego łu oznaczonej objętości metodami, jako: $Cl_{HM} = 1,21Cl_{LDA} + 30,30$. Zależność różni się diametralnie od wzorów literaturowych prezentowanych w artykule, czego Autorzy nie komentują w pracy.

Lukasik i Witowski [6] przeprowadzili badania polowe i laboratoryjne popiołów lotnych składowanych na mokrym składowisku w postaci pulpy, gdzie stosunek popiołu do cieczy wynosi 1:10 oraz suspensji, czyli zawiesiny popiołów lotnych w cieczy o wysokiej koncentracji fazy stałej (stosunek masowy fazy stałej do cieczy 1:1). Autorzy wykonali badania pulpy na składowisku metodą CSWS (*Continuous Surface Wave System*) oraz suspensji w laboratorium warunkach trójosiowych ze względu na brak podłoża o wystarczającej miąższości do badań CSWS. Prędkość fali poprzecznej oznaczano podczas konsolidacji izotropowej w pełni nasyconej suspensji popiołowej o różnym wskaźniku porowatości. Moduły sztywności pulpy popiołowej na składowisku są zdecydowanie mniejsze niż suspensji popiołowej. Interesujące byłoby przedstawienie w formie graficznej zależności modułu ścinania od wskaźnika porowatości suspensji i wilgotności początkowej.

Malinowska i Bajda [7] zaprezentowali wyniki badań gytii eemskiej – gruntu organicznego o charakterystykach wytrzymałościowych zbliżonych do uzyskiwanych w przypadku spoistych gruntów mineralnych. Przeprowadzono badania dylatometryczne (DMT) w celu określenia wskaźnika prekonsolidacji (OCR), a następnie w ramach laboratoryjnych badań w konsolidometrze dokonano oceny OCR oraz wskaźnika uplastycznienia (YSR) na podstawie naprężenia uplastyczniającego i naprężenia efektywnego. Wartości OCR otrzymane na podstawie badań laboratoryjnych są wyższe niż z badań *in situ*. Wartość YSR gytii eemskiej jest wyższa niż OCR, co wynika z odkształceń wtórnych i pełzania widocznych na krzywej konsolidacji gytii. Autorzy wykorzystują wiele metod zarówno w przypadku oceny naprężenia prekonsolidacji i naprężenia uplastyczniającego w badaniach laboratoryjnych, jak i wyznaczenia OCR w badaniach terenowych, nie podjęli się jednak krytycznej oceny tych metod.

Patakiewicz i Chmielewski [11] w swoim artykule przedstawili wpływ zawartości frakcji pyłowej i ilowej w gruntach niespoistych i małospoistych na wartości parametrów zagęszczalności gruntów. Uzyskane parametry ρ_{ds} i w_{opt} gruntów o uziarnieniu od piasku średniego do gliniastego ($f_{\pi} + f_{i1} = 3,2 \div 20,8$) odniesiono do parametrów uziarnienia C_u i C_c oraz do nowych miar zagęszczenia gruntu – autorskiego parametru Patakiewicza IC i literaturowego SC . W artykule przedstawiono interesującą

analizę charakterystyk zagęszczalności tak zwanych gruntów przejściowych i udowodniono, że suma zawartości frakcji pyłowej i ilowej 12,3% zmienia charakterystykę zagęszczalności gruntów. Aby można było ocenić przydatność parametru IC w przypadku próbki o największej zawartości frakcji ilastej, położenie punktu (w_{opt} , ρ_{ds}) na wykresie zależności $\rho_d(w)$ powinno być odniesione do linii S_r .

Sas i Dzieciol [12] badaniom poddali gruboziarnisty destrukcyjny betonowy o ciągłym uziarnieniu. Celem artykułu było oszacowanie liczby badań koniecznych do oceny przepuszczalności destruktu. Wadą artykułu jest brak krzywej uziarnienia badanego materiału oraz informacji o przygotowaniu próbek do badań, tym bardziej że badania przeprowadzono w aparacie ITB-ZW K2, który umożliwia badanie próbek o średnicy 11,3 cm, a w pracy stwierdzono, że ziarna $1,0 \div 31,5$ mm stanowiły 70% całości materiału. Badania prowadzono przy gradientach hydraulicznych o bardzo małym zakresie zmienności $i = 0,5 \div 0,83$, nie można zatem wnioskować o przepływie „prelinearnym” czy wartości progowej.

Srokosz, Dyka i Bujko [13] przedstawili metodę interpretacji pomiarów degradacji sztywności gruntu na podstawie badań w aparacie skrętnym. Autorzy dokonali analizy porównawczej autorskiej metody interpretacji na podstawie analizy bezpośredniej i wstecznej, jak też automatycznej klasyfikacji pierwszego cyklu zależności pomiędzy składową ścinającą naprężenia i odkształceniem podczas badania w aparacie skrętnym. Badaniom poddano pył z piaskiem oraz dwa piaski średnie. Autorzy stwierdzają, że wycinkowe badanie skrętnego ścinania, na podstawie ćwiartki pętli histerezy, jest odpowiednie do oceny pełnego procesu degradacji sztywności badanego gruntu i znacząco skraca czas badania. Pozwala też na uniknięcie powtarzalnych deformacji próbki wpływających na jakość charakterystyk wytrzymałościowych. Autorzy zauważają, że próbki piasku średniego są zbyt sztywne, aby zaobserwować efekt zmniejszania się G/G_{max} . Interesujące jest, jakie uziarnienie gruntu niespoistego by to umożliwiło.

Straż [14] podjął się zadania uporządkowania informacji na temat klasyfikacji, oznaczania i nazewnictwa gruntów organicznych, zawartych w normach i specyfikacjach technicznych. Autor wskazuje, że pomimo idei przyświecającej wprowadzeniu Eurokodów, między innymi ujednolicenia klasyfikacji gruntów, w przypadku gruntów organicznych cel nie został w pełni osiągnięty, co powoduje potrzebę korzystania z wycofanej polskiej normy PN/86-B-02480. Norma polska i europejska PN-EN ISO 14688-2:2006 uzupełniają się wzajemnie i jedynie na podstawie starej polskiej klasyfikacji można wnioskować o genezie gruntów organicznych. Autor uważa, że wątpliwości budzi rozróżnianie bodźców zapachowych i wzrokowych zalecane w normie PN-EN ISO 14688-1:2006 jako wysoce subiektywne.

Sulewska i Tymosiak [15] przeprowadzili badania zagęszczalności gruntu słabo zagęszczalnego za pomocą różnych metod ubijania oraz stołu vibracyjnego. Badania przeprowadzono na piasku średnim o jednorodnym uziarnieniu ($C_u = 3,10$; $C_c = 0,99$). Stwierdzono, że zagęszczanie na stole vibracyjnym ($f = 49,75$ Hz, $A = 0,25$ mm i $a = 2,76$ g) w cylindrze o objętości $3,93$ dm³ odpowiada standardowej metodzie Proctora przy optymalnym czasie zagęszczania wynoszącym 10 minut. Uzyskano zbliżone wartości maksymalnych gęstości objętościowych

szkieletu przy niższej wartości wilgotności optymalnej. Należy jednak zwrócić uwagę, że pomimo porównywalnych wartości gęstości współrzędne (w_{opt} , ρ_{ds}) na wykresie zależności $\rho_d(w)$ odpowiadają stopniowi wilgotności $S_r = 0,45$, w porównaniu do i tak niedostatecznego zagęszczenia za pomocą metody Proctora, gdzie parametry zagęszczalności odpowiadały $S_r = 0,65$.

Szypcio [16] zaprezentował zależność wskaźnika naprężenia η od plastycznej dylatacji D^p podczas ścinania materiałów ziarnistych. Liniowa zależność $\eta - D^p$ pojawia się, gdy wartość stywności modułu ścinania spada do wartości bliskiej zeru. W materiałach dylatywnych ekstremalnej wartości dylatacji towarzyszy maksymalna wartość η przy zniszczeniu. Zależność $\eta - D^p$ przy zniszczeniu otrzymano na podstawie autorskiej teorii stanów tarcowych (*Frictional State Theory*). Przeanalizowano wyniki badań trójosiowych jednorodnie uziarnionego żwiru wapiennego, publikowane w literaturze. Pokazano, że charakterystyczne punkty zależności $\eta - D^p$ nie są punktami charakterystycznymi na tradycyjnie przedstawianych wykresach zależności naprężenia od odkształcenia. Autor zidentyfikował punkty charakterystyczne zależności na wykresach rzeczywistych wyników badań przedstawionych w formie zależności $G_r(\epsilon_a)$. Nasuwa się pytanie czy wykonano identyfikację stanów tarcowych na gruntach o innym składzie mineralnym? Ziarna wapienne mogły ulegać skruszeniu podczas ścinania.

Świdziński i Smoczyński [17] w artykule przedstawili koncepcję opisu stanu niepełnego nasycenia wodą gruntów wykorzystującego parametr Skemptonu B . Pokazano, na podstawie przeprowadzonych rozważań teoretycznych i badań doświadczalnych, wpływ ściśliwości podczas konsolidacji izotropowej na parametr B , a także zależność $B(S_r)$ przy różnych wartościach ciśnienia wyrównawczego i średniego naprężenia efektywnego. Autorzy stwierdzają, że tej samej wartości B mogą odpowiadać różne wartości stopnia nasycenia, w zależności od stanu naprężenia. W pracy opisano także związki pomiędzy prędkością fali podłużnej w gruncie nienasyconym a parametrem Skemptonu B i stopniem nasycenia. Interesujące byłoby pokazanie wyników badań zależności parametru B od średniego naprężenia efektywnego, podczas izotropowej konsolidacji, przy bardziej zróżnicowanych wartościach początkowych B niż pokazano to w artykule.

Tymiński, Stefanek, Daniluk i Kielczewski [18] przedstawili wartościową zależność empiryczną umożliwiającą szacowanie wartości modułu E_{ur} charakteryzującego zachowanie się gruntu pod wpływem ociążenia i obciążenia wtórnego w badaniach trójosiowego ściskania. Podczas ścinania, zmniejszano składową pionową naprężenia efektywnego do około 15 ÷ 30% wartości początkowej dewiatora naprężenia, a następnie kontynuowano ścinanie. Badania zrealizowano w ramach rozpoznania podłoża do głębokości 75 m p.p.t., koniecznych do analiz MES z wykorzystaniem modelu konstytutywnego *Hardening Soil Small*. Badano grunty o uziarnieniu od piasku gliniastego do ilu pylastego w zakresie naprężenia efektywnego 200 ÷ 1000 kPa. Uzyskaną zależność porównano z wynikami badań laboratoryjnych gruntów podłoża siedmiu innych obiektów z obszaru kraju, otrzymując lepsze dopasowanie niż w przypadku szeroko rozpowszechnionego wzoru $E_{ur}/E_{s0} = 3$. Autorzy nie podali w artykule wartości E_{ur}/E_{s0} otrzymanej dla różnych rodzajów gruntów, ale jest to zrozumiałe, ponieważ mogłoby to prowadzić do nadmiernego uproszczenia szacowania wartości E_{ur} .

Gosk i Czech [4] przeprowadzili badania polowe nad oceną sztywności podłoża gruntowego zbudowanego z piasku grubego w stanie luźnym i średnio zagęszczonym, wykonując pomiar przyspieszeń drgań za pomocą autorskiej wersji metodyki sejsmiki powierzchniowej. Pomiar drgań, wzbudzonych lekką płytą dynamiczną, prowadzono w założonej siatce kwadratów. W każdym punkcie rejestrowano pionową składową przyspieszeń drgań oraz czas przejścia fali Rayleigha pomiędzy punktami pomiarowymi. Na podstawie analizy otrzymano moduły utożsamiane ze sztywnością początkową gruntów, które mogą posłużyć do szybkiej kontroli zagęszczenia warstw nasypów budowlanych. Nasuwa się tu pytanie o korelację wartości modułów ze stopniem zagęszczenia gruntu.

Młynarek, Wierzbicki i Wołyński [8] przedstawili w artykule nową metodę analizy charakterystyk CPTU do oceny modelu sztywności podłoża gruntowego za pomocą analizy funkcjonalnej i analizy skupień (*cluster analysis*). Model sztywności podłoża z wykorzystaniem modułów ściśliwości skonstruowano na podstawie wyodrębnienia jednorodnych warstw z profilu CPTU za pomocą analizy skupień oraz metody k -średnich. Moduły wyznaczono na podstawie zależności empirycznych dla gruntów prekonsolidowanych i normalnie skonsolidowanych z obszaru Polski, opierając się na wartości oporu końcówki stożka. Metoda wyraźnie identyfikuje strefy wzmocnienia i osłabienia, a zasięg tych stref określają izoliny oddzielające strefy różniące się sztywnością.

Młynarek, Wierzbicki i Stefaniak [9] podjęli problematykę wyznaczenia wskaźnika sztywności gruntów I_R oraz określenia wpływu stopnia plastyczności, wskaźnika plastyczności, współczynnika prekonsolidacji i składowej pionowej efektywnego naprężenia geostatycznego na I_R . Badania CPTU oraz SCPTU i SDMT przeprowadzono na obszarze kraju w 10 różnych lokalizacjach, wyodrębniając imponującą liczbę 230 warstw geotechnicznych. Stwierdzono, że wskaźnik sztywności zależy od wymienionych właściwości gruntów, których wpływ jest jakościowo różny i związany z genezą gruntu. Autorzy wnioskują, że bardzo duży wpływ na wartość I_R ma efekt cementacji oraz anizotropowość makrostruktury gruntu, nie pokusili się jednak o podanie oceny jakościowej wpływu tych czynników.

Osiński, Nowakowska, Jeleniewicz, Dohojda i Koda [10] w swoim artykule przedstawili problem błędnie rozpoznanego podłoża gruntowego, stwierdzony w trakcie wykonywania obiektu wielkokubaturowego. W pierwotnie projektowanym poziomie posadowienia stwierdzono grunty organiczne i grunty spoiste w stanie plastycznym i miękkoplastycznym o znacznej miąższości, co skutkowało wymianą podłoża do głębokości 5 m. Poprawna ocena warunków gruntowo-wodnych podłoża spowodowałaby zapewne zaprojektowanie posadowienia pośredniego lub głębokiego budynku. Na podstawie obliczeń pierwotnych fundamentów posadowionych na podłożu według poprawionej dokumentacji stwierdzono nawet 17-krotne przekroczenia SGU.

PODSUMOWANIE

Prace włączone do Sesji I na temat „Badanie i dobór parametrów” świadczą o znacznym rozwoju stanu wiedzy w obszarze

zainteresowań omawianej Sesji w okresie od poprzednich konferencji krajowych. W omawianych pracach znalazło się wiele cennych informacji będących co najmniej przyczynkiem do rozwoju polskiej geotechniki.

Badania laboratoryjne właściwości mechanicznych przeprowadzono za pomocą nowoczesnej aparatury laboratoryjnej – zautomatyzowanego konsolidometru, aparatu trójosiowego ściskania z możliwością pomiaru mikroprzemieszczeń, komory rezonansowej czy cylindrycznego aparatu skrętnego. Skład granulometryczny oceniano za pomocą metody dyfrakcji laserowej. Badania polowe realizowano przy użyciu ogólnosiłowej metodyki badań, a procedury wyznaczania parametrów lub charakterystyk oparto na najnowszych metodach eksploracji danych. Przedstawiono nowe charakterystyki gruntów zależne od naprężenia i podano propozycje nowych parametrów.

Należy dodać, że poziom merytoryczny omawianych prac niewątpliwie podnosi procedura recenzowania, konieczna do publikacji prac w czasopismach naukowych i naukowo-technicznych.

LITERATURA

1. Burland J. B.: Nash lecture: The teaching of soil mechanics – A personal view, W: Proceedings of the 9th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Dublin 31.08-3.09.1987, Vol. 3, A.A.Balkema, Rotterdam 1989.
2. Gabryś K., Soból E., Sas W., Szymański A.: Material damping ratio from free-vibration method, Annals of Warsaw University of Life Sciences SGGW. Land Reclamation, Vol. 50, No. 2, 2018.
3. Gorączko A., Topoliński Sz.: Wpływ kształtu cząstek ilastych na wyniki analiz granulometrycznych gruntów spoistych, Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, Vol. 27, Nr 2, 2018.
4. Gosk W., Czech K.: Ocena możliwości wyznaczenia modułów sztywności i współczynnika Poissona gruntu na podstawie pomiaru przyspieszeń drgań powierzchniowych, Acta Scientiarum Polonorum. Architectura, Vol. 17, Nr 2, 2018.
5. Lipiński M. J.: Kryteria wyznaczania parametrów geotechnicznych, Rozprawy Naukowe i Monografie, 447, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2013.
6. Łukasik S., Witowski M.: Oznaczanie modułu ścinania (G_{max}) popiołów skladowanych na skladowisku mokrym, Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, Vol. 27, Nr 2, 2018.

7. Malinowska E., Bajda M.: Analysis of yield stress ratio and overconsolidation ratio as parameter determination preconsolidation in eemian gytja, Annals of Warsaw University of Life Sciences SGGW. Land Reclamation, Vol. 50, No. 2, 2018.
8. Młynarek Zb., Wierzbicki J., Wołyński W.: Use of functional cluster analysis of CPTU data for assessment of subsoil rigidity model, Studia Geotechnica et Mechanica, Vol. 40, No. 3, 2018.
9. Młynarek Zb., Wierzbicki J., Stefaniak K.: Czynniki wpływające na ocenę wskaźnika sztywności I_R z badań *in-situ*. Acta Scientiarum Polonorum. Architectura, Vol. 17, Nr 3, 2018.
10. Osiński P., Nowakowska E., Jeleniewicz K., Dohojda M., Koda E.: Analiza wpływu jakości rozpoznania podłoża gruntowego na ocenę stanu granicznego nośności i użytkowości, na przykładzie wybranego obiektu, Acta Scientiarum Polonorum. Architectura, Vol. 17, Nr 3, 2018.
11. Patakievicz M. A., Chmielewski R.: Wpływ frakcji pyłowej na parametry zagęszczalności ρ_{ds} i w_{opt} oraz na parametry kształtu krzywej zagęszczalności IC i SC w badaniu Proctora, Inżynieria Morska i Geotechnika, Nr 3, 2018.
12. Sas W., Dziecioł J.: Wyznaczanie prędkości filtracji w gruncie antropogenicznym pochodzącym z recyklingu destruktu betonowego z wykorzystaniem metod analitycznych, Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, Vol. 27, Nr 2, 2018.
13. Srokosz P., Dyka I., Bujko M.: Interpretation methods of the shear modulus degradation test results, Studia Geotechnica et Mechanica, Vol. 40, No. 3, 2018.
14. Straż G.: Identyfikacja, oznaczanie oraz metody klasyfikowania gruntów organicznych w aspekcie Eurokodu 7 i norm związanych, Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, Vol. 27, Nr 2, 2018.
15. Sulewska M., Tymosiak D.: Analysis of compaction parameters of the exemplary non-cohesive soil determined by the Proctor methods and vibrating table tests, Annals of Warsaw University of Life Sciences SGGW. Land Reclamation, Vol. 50, No. 2, 2018.
16. Szypcio Z.: Stress – dilatancy of gravel for triaxial compression tests, Annals of Warsaw University of Life Sciences SGGW. Land Reclamation, Vol. 50, No. 2, 2018.
17. Świdziński W., Smyczyński M.: Analiza parametrów determinujących stan niepełnego nasycenia w gruntach niespoistych, Acta Scientiarum Polonorum. Architectura, Vol. 17, Nr 2, 2018.
18. Tymiąński W., Stefanek P., Daniluk H., Kielczewski T.: Wyznaczanie modułu odciążenia – obciążenie powtórne dla gruntów głębokiego podłoża, Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, Vol. 27, Nr 2, 2018.
19. Zabielska-Adamska K.: Popiół lotny jako materiał do budowy warstw uszczelniających. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Rozprawy Naukowe, 136, Białystok 2006.