

Paweł Borowczak

Próba oceny geotechnicznych właściwości glin (ablacyjnych) zlodowacenia bałtyckiego na podstawie badań pasty gruntowej

An attempt to assess geotechnical properties of baltic glaciation (ablation) tills based on soil paste studies

Streszczenie: Powierzchnię Niziny Wielkopolskiej w zdecydowanej mierze pokrywają plejstocenijskie osady lodowcowe, wśród których dominują gliny morenowe. Pod względem genetycznym powszechnie jest akceptowany podział tych glin (Mojski, Rzechowski, 1967), uwzględniający pozycję materiału lodowcowego: na fację bazalną (subglacialną „z odłożenia”) i ablacyjną (inglacialną oraz supraglacialną). Gliny z odłożenia są zwykle skonsolidowane naprężeniem glaciostatycznym (Lindner, 1992), natomiast gliny ablacyjne (wytopnieniowe i spływowe) są osadami nieskonsolidowanymi. Polska Norma PN-81/B-03020 kwalifikuje gliny morenowe skonsolidowane do grupy genetycznej „A”, a grunty morenowe nieskonsolidowane zalicza do grupy „B”, przypisując im odpowiednie wartości parametrów geotechnicznych niezbędnych do projektowania fundamentów bezpośrednich. Biorąc pod uwagę genezę danego osadu, w grupie „B” może się znaleźć szeroki asortyment gruntów spoistych odłożonych przez ten sam lodowiec w różnych procesach sedymentacyjnych. Zdaniem autora, gliny ablacyjne, do których należą grunty mało i średnio spoiste, stanowią problem przy właściwej ocenie właściwości fizyko-mechanicznych. W artykule podjęto próbę oceny parametrów geotechnicznych tych gruntów spreparowanych w postaci pasty gruntowej, poddanej procesom konsolidacji.

Słowa kluczowe: gliny morenowe, konsolidacja, właściwości, Poznań

Abstract: The Wielkopolska Lowland is mostly covered by Pleistocene glacial sediments, dominated by tills. The commonly accepted genetic classification of these tills takes into consideration the position of the material (Mojski, Rzechowski, 1967) in glacial ice the basal facies (lodgement subglacial) and ablation (inglacial and supraglacial). Lodgement tills are usually consolidated by glaciostatic stress (Lindner, 1992), while ablation tills (melt-out and flow) are unconsolidated sediments, uninfluenced by consolidation loads greater than existing presently. Polish Standard PN-81/B-03020 classifies consolidated tills as genetic group “A”, while un-

consolidated moraine soils as group “B”, by assigning appropriate geotechnical parameter values needed to design pad foundations. Considering the origin of a given sediment, group “B” may include a wide range of cohesive soils lodged by the same glacier in different sedimentation processes. In the author’s opinion, ablation tills, which include non-cohesive and partly cohesive soils, pose a serious problem to proper assessment of physical and mechanical properties. The article attempts to assess the geotechnical parameters of these soils prepared as soil paste subjected to consolidation processes.

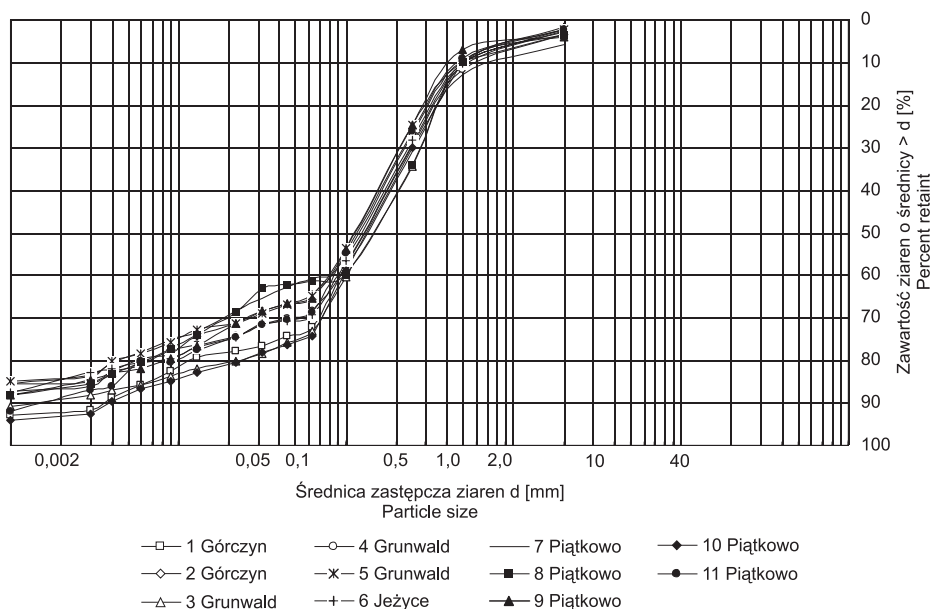
Key words: tills, consolidation, properties, Poznań

Wstęp

Przedmiotem badań są gliny zdeponowane na wysoczyznach Poznania po zachodniej (lewobrzeżnej) stronie Warty, stanowiące podłoża budowlane obiektów wzniesionych na Piątkowie i Grunwaldzie. Dwie z nich potocznie zwane Wysoczyzną Winiarską i Wysoczyzną Jeżycką (Deja, 1969) wykazują ponadczternastometrową różnicę wzniesień i są rozcięte rynnami strumienia Bogdanki i Potoku Junikowskiego. Powierzchnia wysoczyzn pokryta jest warstwą glin morenowych, w dominującej mierze ablacyjnych o miąższości od 6 do 9 m, odłożonych w procesach obtapiania lądolodu bałtyckiego. Na Wysoczyźnie Winiarskiej gliny te („górne”) są bezpośrednio zdeponowane na utworach poprzedniego glacjału środkowopolskiego, a na Wysoczyźnie Jeżyckiej zalegają na piaskach międzymorenowych zaliczonych do interglacjału emskiego. W ocenie makroskopowej tworzą one w miarę jednolity materiał, mimo pewnych zróżnicowań możliwy do określenia jako wyraźnie homogeniczny. Na Wysoczyźnie Jeżyckiej gliny są w stanie twar doplastycznym a nawet półzwartym, natomiast na Wysoczyźnie Winiarskiej mają kontakt z wodami zaskórnymi, stąd do znacznej głębokości występują w stanie miękko plastycznym i plastycznym. Specyficzne właściwości tych osadów stały się przedmiotem badań prowadzonych w Instytucie Inżynierii Łądowej Politechniki Poznańskiej w ramach tematu badań własnych „Kształtowanie posadowień obiektów budowlanych na słabych podłożach ze szczególnym uwzględnieniem ich konsolidacji”.

Litologiczno-mineralogiczna charakterystyka badanych glin

Autor nie prowadził szczegółowych sedymentologicznych badań terenowych. Pobrano natomiast próbki osadów z 11 pionowych profili wiertniczych, sięgających do głębokości około 12 m. Profile usytuowane w różnych miejscach wysoczyzn uznano za reprezentatywne. Badania polegały na kombinacji oznaczeń procentowej zawartości średnicy ziaren określonych na podstawie analiz areometrycznych, uzupełnionych analizami sitowymi. Wyniki tych badań (ryc. 1) wykazują, że dominujące na obu wysoczyznach gliny morenowe wg dotychczasowej klasyfikacji



Ryc. 1. Krzywe uziarnienia glin morenowych
 Fig. 1. Till grain size curves

w ujęciu technicznym należały do piasków gliniastych i glin piaszczystych. Nowa klasyfikacja ISO (wersja krajowa) zalicza je do piasków ilastych.

Na podstawie badań areometrycznych określono również wskaźniki ilastości V_i , pylastości V_p i spławialności V_s wg metody Karczewskiego (1963), zdefiniowane w postaci wzorów:

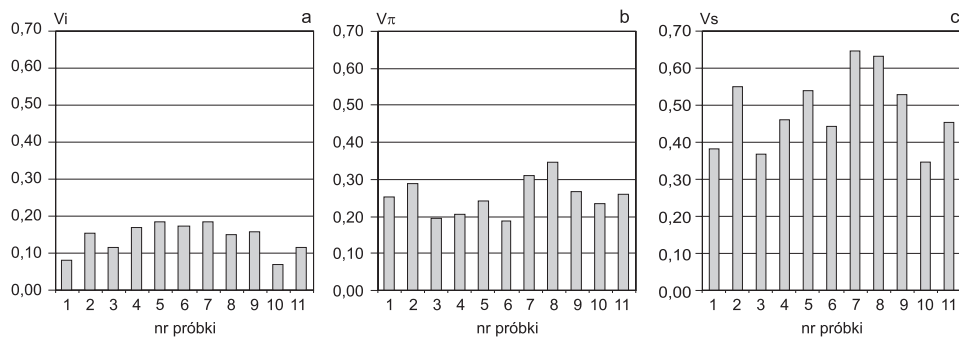
$$V_i = \frac{f_i}{f_\pi + f_p + f_z}, \quad V_\pi = \frac{f_\pi}{f_i + f_p + f_z}, \quad V_s = \frac{f_i + f_\pi}{f_p + f_z},$$

gdzie:

- f_z – procentowa zawartość frakcji żwirowej,
- f_p – procentowa zawartość frakcji piaskowej,
- f_π – procentowa zawartość frakcji pyłowej,
- f_i – procentowa zawartość frakcji ilowej.

Wskaźniki ilastości V_i (ryc. 2a) zawarte w przedziale od 0,07 do 0,18 świadczą o facjalnym zróżnicowaniu glin. Przy średniej wartości $V_i = 0,15$, odpowiadającej wskaźnikowi ilastości gliny zlodowacenia bałtyckiego stadiułu poznańskiego, niższe wartości wskaźnika ilastości $V_i = 0,07-0,08$, lokują glinę ablacyjną pomiędzy gliną spływową a piaskami ablacyjnymi.

Wskaźniki frakcji pyłowej (ryc. 2b) ilustrujące procesy kruszenia i ścierania lodowcowego glin pobranych z rejonu Wysoczyzny Jeżyckiej wykazują $V_\pi = 0,19-0,25$ (próbki od 1 do 6, poza próbką 2), a dla glin Wysoczyzny Winiarskiej wynoszą $V_\pi = 0,24-0,34$.

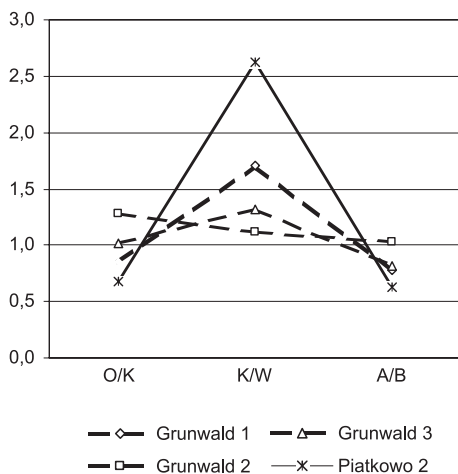


Ryc. 2. Histogramy wskaźników frakcji: a) ilowej, b) pyłowej, c) spławianej
Fig. 2. Fraction indicator histograms: a) silt, b) dust, c) flow

Wskaźnik frakcji spławialnej V_s (ryc. 2c) oscylował w przedziale od 0,37 do 0,63.

Badania petrograficzne

Skład petrograficzny (Górska, 2000) wybranych próbek glin określono na podstawie wskaźników gwałowych wydzielonych z frakcji żwirowej $4 < d < 12,5$ mm, pozostawionych na sicie $\varnothing 2$ mm. Udział żwirów w próbkach wynosił średnio 3,5% w stosunku do suchej masy glin. Wyznaczono następujące wskaźniki petrograficzne: O/K, K/W i A/B,



Ryc. 3. Wskaźniki gwałowe frakcji 4,0–12,5 mm glin morenowych

Fig. 3. Coarse indicators of 4.0–12.5 mm till fractions

gdzie:

$O = W + PK + IM + KR$ (skały osadowe),

$K = sKr + Q$ (skały krystaliczne ogółem),

$A = W + IM$ (skały nieodporne na wietrzenie),

$B = sKr + Q + KR + PK$ (skały odporne na wietrzenie).

Głównym składnikiem żwirów były okruchy materiału skandynawskiego, z których najliczniejszą grupę stanowiły skały krystaliczne (od 44 do 55%) oraz wapnienie (od 11 do 38%) i mułowce (od 7 do 21%). Określone w badaniach wskaźniki gwałowe (ryc. 3) wskazują, że próbki (Piątkowo 1 i 2) pobrane z Wyczożyny Winiarskiej charakteryzują się znaczną przewagą skał krystalicznych nad wapiennymi wynoszącą $K/W > 2,6$. Stosunkowo wysokie wartości wskaźni-

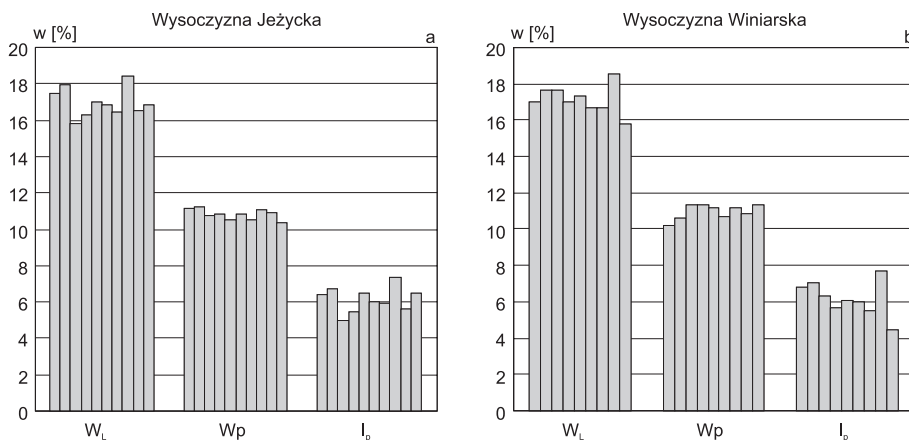
ków pylastości określone w analizach areometrycznych mogą dowodzić istnienia spływowego osadu morenowego typu „flow till”, pochodzącego z powierzchni topniejącego lodowca i przemieszczonego w wyniku subaeralnych spływów osadu (supraglacial till) (Gradziński, Kostecka, Radomski, Unrug, 1986).

W próbkach pobranych z Wysoczyzny Jeżyckiej relacje K/W są zdecydowanie niższe i wynoszą od 1,1 do 1,7. Badania areometryczne wykazały mniejszą zawartość frakcji pyłowej i przypuszczalnie świadczą o wytopiskowym osadzie morenowym (melt-out till), uwalnianym powoli z lodu bądź na jego powierzchni. Stosunek skał osadowych do krystalicznych O/K w próbkach oscylował w przedziale od 0,7 do 1,3.

Badania konsystencji glin morenowych

Oznaczenia granic konsystencji wykonano dla wszystkich próbek pobranych do analiz areometrycznych. Określono granicę płynności w_L wg metody Casagrande’a oraz granicę plastyczności w_p metodą wałeczkowania. Wyniki badań zilustrowano na rycinie 4.

W analizie statystycznej granic konsystencji uzyskano współczynniki zmienności $u < 5,0$, świadczące o stosunkowo dużej jednorodności glin morenowych zalegających na obu wysoczyznach. Wartości wskaźnika plastyczności I_p , zawarte w przedziale od 4,5 do 7,3, dowodzą dużej wrażliwości glin na zmianę wilgotności.

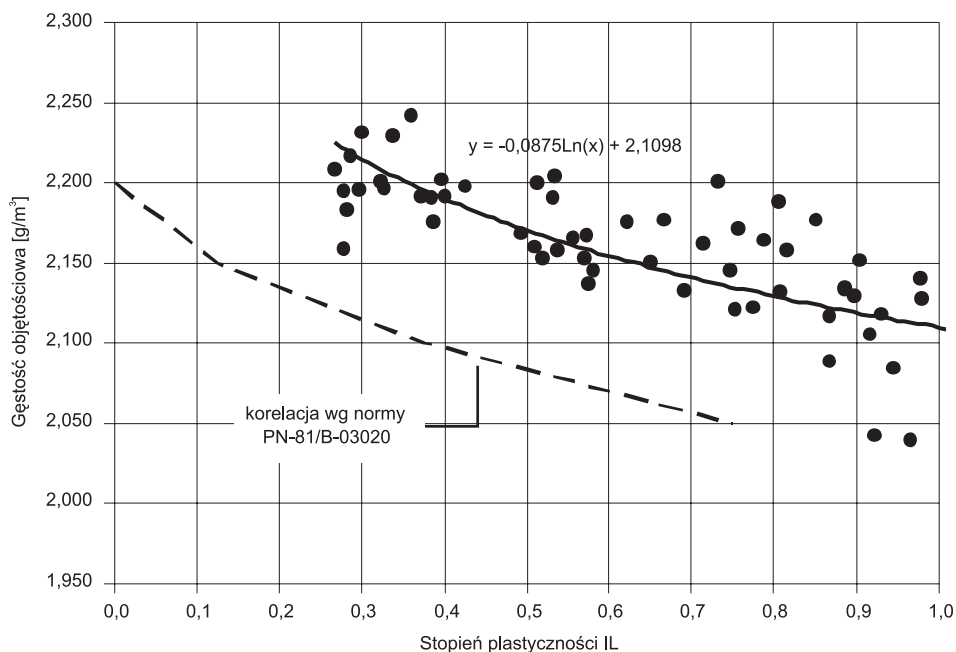


Ryc. 4. Histogramy granic konsystencji glin

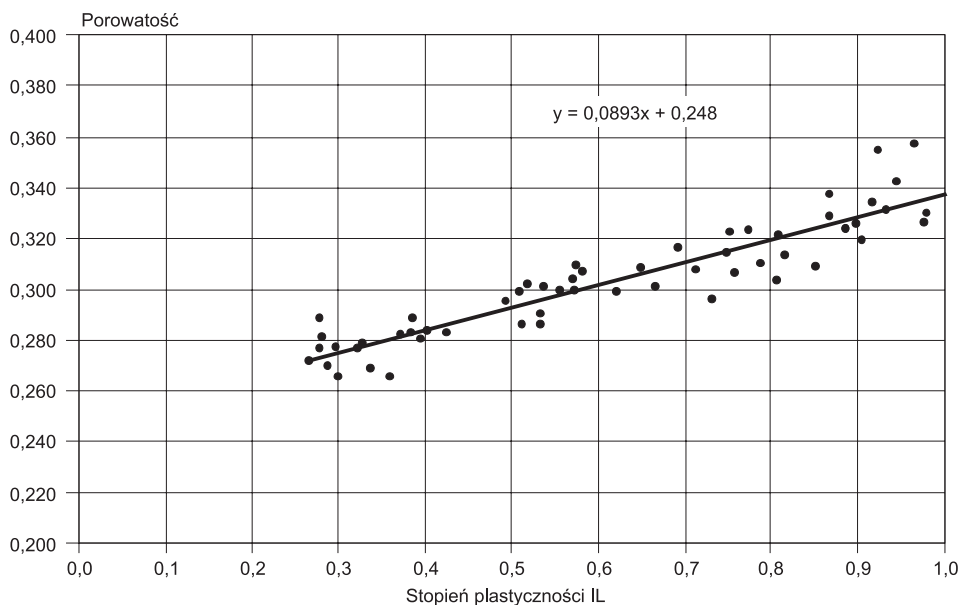
Fig. 4. Clay consistency limit histograms in Jeżycka Highland and Winiarska Highland

Badania wpływu wilgotności na zmiany wybranych właściwości glin morenowych

Gliny ablacyjne są mało rozpoznane (Kaczyński, Trzciniński, 2000). Z powodu małej zawartości frakcji ilowej posiadają zróżnicowane wymiary porów od mało kapilarnych (o średnicy powyżej 0,5 mm) do kapilarnych (o średnicy od 0,05 do 0,0002 mm), co umożliwia zarówno przepływ grawitacyjny wody przez grunt, jak i wzrost kapilarny. Możliwość swobodnego przepływu powoduje szybszą konsolidację. Wysoka kapilarność czyni z nich grunty wysadzinowe. Grunty mało spoiste przejawiają więc właściwości zarówno gruntów spoistych, jak i sypkich (Kèzdi, 1964; Axelsson, Runesson, 1989). Mają spoistość i zdolność do pęcznienia typową dla gruntów spoistych, z drugiej zaś strony są podatne na upłynnienie podobnie jak drobne osady piaszczyste. Mała spójność powoduje, że po zawilgoceniu łatwo ulega naruszeniu ich struktura i następuje utrata wytrzymałości. Pobór próbek gruntu do badań o strukturze nienaruszonej w stanie plastycznym czy miękkoplastycznym staje się wręcz niemożliwy. Stąd badania przeprowadzono na gruncie przerobionym, który w dalszych etapach był rekonstruowany do stanu in situ poprzez konsolidację. Poszukiwano zależności zachodzących pomiędzy gęstością, wytrzymałością gruntu i ściśliwością a zmianami stopni plastyczności uzyskanymi na drodze konsolidacji. Uzyskane zależności zilustrowano na rycinach 5 i 6.



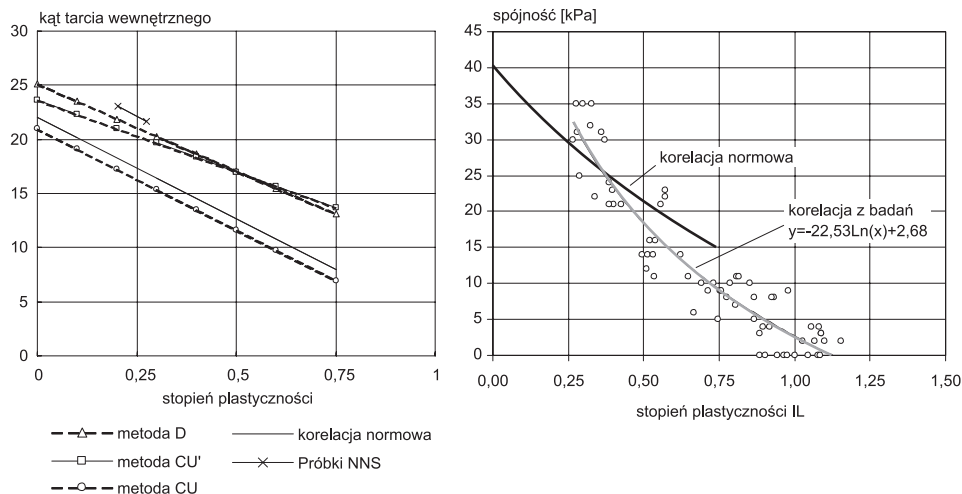
Ryc. 5. Zależności gęstości objętościowej od stopnia plastyczności
Fig. 5. Volume density to plasticity relationship



Ryc. 6. Zależności porowatości od stopnia plastyczności

Fig. 6. Porosity to plasticity relationship

Badania wytrzymałościowe realizowano w aparacie trójosiowego ściskania metodami D i CU. Dla zachowania stałej wilgotności próbek w czasie ścinania, naprężenia $\sigma_2 = \sigma_3$ były mniejsze od naprężeń konsolidacyjnych σ_k . Wyniki badań (ryc. 7) w metodzie CU wyznaczono dla parametrów efektywnych (CU') i całkowitych (CU).



Ryc. 7. Wyniki badań wytrzymałościowych pasty gruntowej

Fig. 7. Soak test results of soil paste

Parametry wytrzymałościowe pasty porównano z badaniami próbek o strukturze nienaruszonej, dla których stopień plastyczności wynosił $I_L = 0,20$ i $I_L = 0,28$.

Badania edometryczne potwierdziły dotychczasowe poglądy, że moduły ściśliwości powinny być ustalane na drodze badań bezpośrednich w terenie i skorelowane z wynikami obserwacji osiadań obiektów.

Podsumowanie

1. W artykule zwrócono uwagę na pewną specyficzną grupę osadów morenowych o cechach odmiennych niż większość glin morenowych ostatniego zlodowacenia (Karczewski, 1963; Kaczyński, Trzciński, 2000). Zdaniem autora mimo rozwoju nowoczesnych metod badawczych do dziś stanowią one duży problem przy prawidłowej ocenie właściwości geotechnicznych.
2. Na podstawie badań petrograficznych i analiz areometrycznych glin morenowych kształtujących rozpatrywane wysoczyzny Poznania przypuszcza się, że należą one do glin ablacyjnych, zbudowanych z piasków gliniastych i glin piaszczystych charakteryzujących się wskaźnikami ilastości $V_i = 0,07-0,18$ i niskimi wartościami wskaźnika plastyczności I_p .
3. Cechy glin morenowych nieskonsolidowanych zależą od warunków ich powstania i konsolidacji. W badaniach pasty gruntowej przedstawiono symulację zjawisk zachodzących w gruntach mało spoistych poddanych konsolidacji. Procesom tym towarzyszyły zmiany stopnia plastyczności, gęstości, porowatości i wytrzymałości, których wyniki zaprezentowano w niniejszej pracy.

Literatura

- Axelsson K., Runesson K., 1989. Constitutive properties and modeling of solity. Proc. XII ICSMFE Rio de Janeiro 1: 687–690.
- Deja W., 1969. Niektóre problemy stratygrafii czwartorzędu na obszarze miasta. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, XXIII, seria A, Geografia Fizyczna, notatki.
- Grabowska-Olszewska B., 1998. Geologia stosowana. Właściwości gruntów nienasyconych. PWN, Warszawa.
- Gradziński R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R., 1986. Zarys sedimentologii. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Górska M., 2000. Wybrane właściwości petrograficzne vistuliańskich moren dennych środkowej i zachodniej Wielkopolski oraz ich znaczenie dla oceny dynamiki ostatniego lądolodu. PTPN, Wyd. Mat. Przyn. Prace Komisji Geograf. Geol. 28, Poznań.
- Kaczyński R., Trzciński J., 2000. Geologiczno-inżynierska charakterystyka glin lodowcowych fazy pomorskiej. XII KKMGiF: „Problemy geotechniczne obszarów przy morskich”, cz. 1a, Szczecin–Międzyzdroje, s. 291–303.
- Karczewski A., 1963. Morfologia struktura i tekstura moreny dennej na obszarze Polski Zachodniej. PTPN, Wyd. Mat.Przyn., Prace Komisji Geogr.-Geol. IV, 2.
- Kasprzak L., Kozarski S., 1984. Analiza facjalna osadów strefy marginalnej fazy poznańskiej ostatniego zlodowacenia w środkowej Wielkopolsce. Seria Geografia 29, UAM, Poznań.

