

Tomasz BARDEL

„Geogrunť” PPUP Sp. z o.o., Tarnów

## **OCENA WYNIKÓW BADAŃ PŁYTA VSS KRUSZYWA ZE ZŁÓŻ ALUWIALNYCH REJONU TARNOWA WYKORZYSTYWANEGO DO BUDOWY NASYPÓW DROGOWYCH**

**Streszczenie.** Budowa autostrad bardzo często wymaga wznoszenia nasypów o znacznych miąższościach. Do tego celu często stosuje się materiał aluwialny łatwo dostępny w rejonie dolin rzek karpackich. Ocena jakości wykonania nasypów komunikacyjnych z materiału gruboziarnistego (np. żwiru) polega na badaniu odkształcalności nasypu pod wpływem statycznego obciążenia zewnętrznego (badanie płytą VSS). Wartości określające nośność nasypów są ujęte normach wspólnie dla różnych typów materiałów – łącznie dla piasku, pospółki i żwiru, bez względu na ich uziarnienie. Takie podejście sprawia znaczne trudności wykonawcom robót ziemnych. W artykule dokonano analizy wyników wielu badań nasypów, wykonanych z aluwium rzeki Dunajec. Wykazano, że istotnymi cechami materiału wpływającymi na wartości parametrów odkształcalności nasypu są uziarnienie oraz kulistość ziarn. Cechy te wynikają w szczególności ze składu petrograficznego określonego materiału. Wyniki badań wskazują, że celowe byłoby rozważenie możliwości indywidualnego doboru wartości niektórych parametrów odkształcalności nasypów w odniesieniu do specyficznych cech określonego kruszywa.

## **ANALYSIS OF STATIC PLATE LOAD TESTING RESULTS OF ROAD EMBANKMENTS MADE OF ALLUVIAL DEPOSITS NEAR TARNOW**

**Summary.** Highways construction generates a necessity to quickly develop road embankments. For this purpose, alluvial deposits often come from the Carpathian river valleys. The evaluation of road embankments made of coarse material (eg gravel) is done by testing the deflection of embankments (Static Plate Load Testing). Normative values of the bearing capacity describing the deflection of embankments are the same for all aggregates, regardless of grain-size: coarse and fine sand and gravel. Such norm values cause problems in the field during the ground works. This article reflects research done on road embankments built from the alluvial deposits of the Dunajec River. The research shows the essential factors whose determines resistance embankment for deflection is the roundness and grain-size. The roundness and grain-size result from the petrographic composition of a particular sediment. In conclusion of the research, it shows that normative values of the bearing capacity could be correlated with specific characteristics of a particular aggregate.

### **1. Wstęp**

Budowa nasypów komunikacyjnych jest w dużym stopniu uzależniona od dostępu do taniego kruszywa, które można pozyskać w krótkim czasie i w dużych ilościach, często więc bezpośrednio ze złóż i bez klasyfikowania na poszczególne sortymenty. Do nasypów

komunikacyjnych są stosowane przede wszystkim grunty sypkie zawierające frakcję żwirową. Zarówno rodzime grunty spoiste, jak i mieszanki gliniasto-piaszczyste o odpowiednim uziarnieniu nie są zbyt wytrzymałe, gdyż brakuje im uziarnienia żwirowego, które tworzy pewnego rodzaju szkielet nośny [10]. Dla ich wykorzystywania konieczna jest kosztowna stabilizacja chemiczna. W rejonie Tarnowa, w związku z budową autostrady A4, materiałem często stosowanym w nasypach jest kruszywo naturalne (pospółka, żwir). Dla potrzeb jednego tylko odcinka A4 o długości 41 km oszacowano zapotrzebowanie na kruszywa w ilości 9,5 mln m<sup>3</sup>. Czas realizacji nasypów autostradowych wynosi około 1 – 2 lat. W rejonie Tarnowa występują liczne złoża kruszyw naturalnych pochodzenia aluwialnego (*osady Dunajca, Wisłoki, Uszwicy*) oraz fluwioglacjalnego (*złoża na obszarze Równiny Radłowskiej*). Stosowanie ich do nasypów komunikacyjnych jest obecnie powszechne.

## 2. Kryteria stawiane nasypom drogowym

Nasyp, stanowiący stabilne podłoże nawierzchni, powinien posiadać odpowiednią nośność i zagęszczenie. Wymagania w tym zakresie reguluje norma PN-S-02205/98. Według wyżej wymienionej normy miarodajne dla oceny jakości nasypu są dwa parametry: w zakresie zagęszczenia - wskaźnik zagęszczania ( $I_S$ ), a w zakresie nośności - wtórny moduł odkształcenia ( $E_2$ ) uzyskany z badania płytą VSS. Wartość wskaźnika zagęszczenia ( $I_S$ ) na powierzchni robót ziemnych nasypów autostradowych powinna wynosić  $I_S = 1,03$ , zaś wtórnego modułu odkształcenia ( $E_2$ ) co najmniej 120 MPa [12,13].

Ocena zagęszczenia nasypów jest podstawowym badaniem w czasie realizacji inwestycji drogowych. Tradycyjnie dokonuje się jej na podstawie oceny wskaźnika zagęszczenia  $I_S$  otrzymywanego z badania Proctora [5]. Ze względu na specyfikę wykonywania badanie to nie nadaje się jednak do określenia zagęszczenia gruntów, zawierających w swoim składzie znaczną ilość frakcji żwirowej. W takim przypadku norma [12] sugeruje stosowanie wartości wskaźnika odkształcenia ( $I_0$ ) jako zastępczego kryterium oceny wymaganego zagęszczenia nasypów. Wskaźnik odkształcenia ( $I_0$ ) jest uzyskiwany z badania płytą VSS i wyraża się stosunkiem modułu odkształcenia wtórnego ( $E_2$ ) do pierwotnego ( $E_1$ ). Norma [12] podaje, że dla piasków, pospółek i żwirów wskaźnik odkształcenia  $I_0$  powinien wynosić co najwyżej 2,2.

Oceny zagęszczenia i nośności nasypów z gruboziarnistych kruszyw naturalnych dokonuje się na podstawie parametrów uzyskiwanych z badania płytą VSS. Zgodnie z normą [12] przy jednoczesnym spełnieniu obu warunków tzn.  $E_2 \geq 120 \text{ MPa}$  i  $I_0 \leq 2,2$ , nasyp uważa się za odpowiednio zagęszczony oraz posiadający wystarczającą nośność.

### 3. Metodyka badań i mechanizm odkształceń

Badanie płytą VSS polega na pomiarze odkształceń pionowych (osiadań) badanej warstwy pod wpływem nacisku statycznego [11]. Stanowisko badawcze składa się z 3 podstawowych grup elementów:

- aparatury zadającej (pompa hydrauliczna z manometrem) i przekazującej (siłownik zamocowany do stalowej płyty o grubości 2,5 cm i średnicy 30 cm) obciążenia na podłoże,
- przeciwwagi (najczęściej są stosowane maszyny budowlane – np. walec, koparka),
- statywu będącego poziomem odniesienia pomiarów, z czujnikami mikrometrycznymi mierzącymi odkształcenia.

Obciążenia są realizowane skokowo podobnie jak w przypadku badania edometrycznego. Przyrost obciążeń następuje co 50 kPa aż do osiągnięcia wartości 350 kPa, po czym następuje odciążanie i ponowne zadawanie obciążeń [11]. Moduły odkształceń dla nasypów wyznacza się dla zakresu 150 – 250 kPa [12].

Odkształcenia powstałe w wyniku zadawanych obciążeń są odkształceniami trwałymi, związanymi z przemieszczeniami cząstek gruntu względem siebie na skutek poślizgu bądź toczenia oraz kruszeniem i pękaniem ziarn w miejscach styków, oraz sprężystymi polegającymi na odkształceniach poszczególnych cząstek [2]. Jak wynika z doświadczeń, poślizg międzycząsteczkowy, powodujący przegrupowanie ziarn w masie gruntowej, wpływa w największej mierze na całkowite odkształcenia [2,10]. Sprężysta praca materiału staje się istotna, gdy na skutek przemieszczeń ziarn (zagęszczania) masa gruntowa nabiera sztywności [2].

Nieulepszone grunty spoiste, nawet w stanie zwartym, wykazują wtórny moduł odkształcenia, zazwyczaj poniżej 50 MPa (np. ilt mioceniński -  $E_2 \sim 38$  MPa, glina zwałowa -  $E_2 \sim 27$  MPa, mada pylasta -  $E_2 \sim 14$  MPa), przy wskaźniku odkształcenia poniżej 2,0 [10,20,23,24]. Piaski średnie w stanie zagęszczonym ( $I_D \sim 0,7$ ) wykazują wartości wtórnego modułu odkształcenia z przedziału 78,9 – 112,5 MPa, przy wskaźniku zagęszczenia często poniżej 2,2. Zarówno w badaniach własnych ( $E_{2max} = 97,8$  MPa), jak i Sulewskiej [8] ( $E_{2max} = 112,5$  MPa) w żadnym punkcie badawczym, także przy wskaźniku zagęszczenia  $I_S = 1,03$ , nasyp piaszczysty nie osiągnął normatywnej wartości  $E_2 \geq 120$  MPa. Piaski pomimo nawet dobrego zagęszczenia nie posiadają odpowiednio wysokiej nośności.

Pospółki i żwiry, ze względu na znaczną zawartość frakcji żwirowej, osiągają nośność znacznie wyższą od piasków. Przeprowadzone na przestrzeni ostatnich 10 lat badania własne

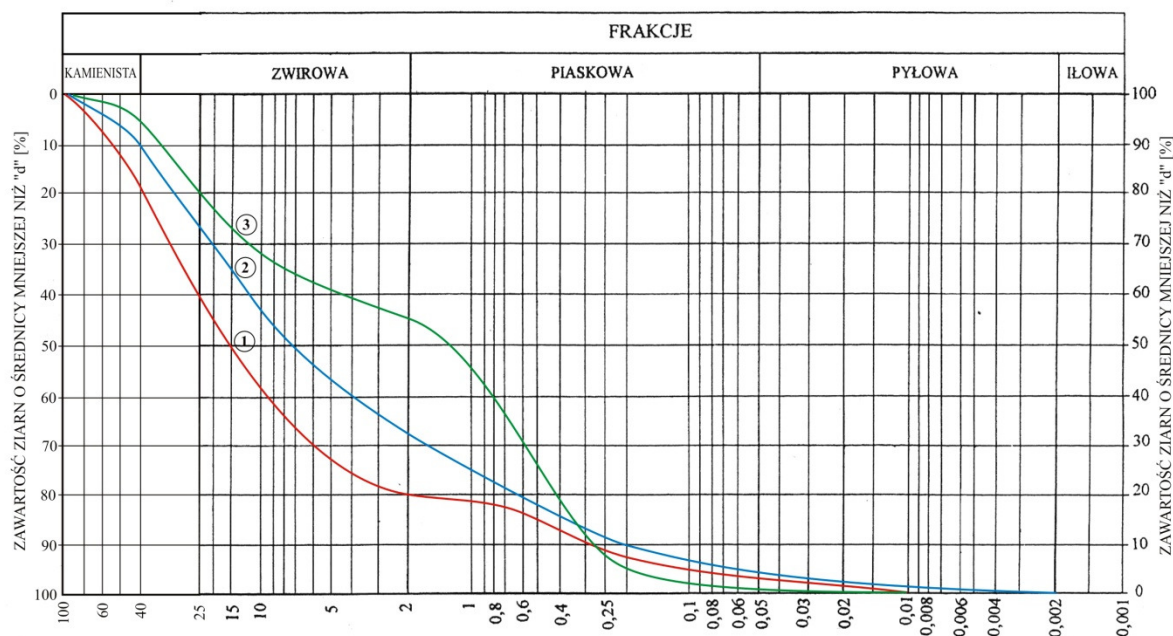
płytą VSS wskazują, że pospółki i żwiry mogą osiągać moduł odkształcenia wtórnego  $E_2$  nawet ponad 200 MPa. Dla tego typu materiałów szczególnie istotnymi cechami są: kształt ziarn oraz uziarnienie. Wykazano, że dla danego stopnia zagęszczenia moduł odkształcenia materiału o ziarnach kanciastych będzie mniejszy niż takiego o ziarnach obtoczonych [2]. Ziarna dobrze obtoczone (szczególnie kuliste) są bowiem znacznie mniej podatne na pękanie i kruszenie ich krawędzi.

Grunty o nierównomiernym uziarnieniu zagęszczają się znacznie lepiej niż grunty równomiernie uziarnione, gdyż drobniejsze cząstki wnikają pomiędzy grubsze, wypełniając wolne przestrzenie [10]. Określanie uziarnienia podczas analizy makroskopowej gruntów gruboziarnistych jest zawarte w wielu zagranicznych normach (*m.in. brytyjskich, amerykańskich i niemieckich*) [3].

#### 4. Interpretacja wyników badań płytą VSS

Żwiry i pospółki ze złóż aluwialnych rzek karpaccich rejonu Tarnowa (*Dunajec, Wisłoka, Uszwica, Kisielina, Biała*) są powszechnie stosowane do nasypów. Przedmiotem analizy są wyniki badań płytą VSS nasypów zbudowanych ze żwirów i pospółek ze złóż związanych z akumulacją rzeki Dunajec (łącznie 88 punktów pomiarowych) [19,20,21,22,23,24,25,26].

Szczególność rzeki Dunajec polega na tym, że w odróżnieniu od pozostałych rzek karpaccich tego rejonu niesie ona materiał zarówno karpaccy (głównie piaskowce), jak i tatrzański (granity, kwarcyty). Do wykonywania nasypów poddanych badaniom zastosowano żwiry i pospółki ze złóż rzeki Dunajec zlokalizowanych na obszarze od Jurkowa na południu po Bobrowniki na północy. Zamieszczone krzywe uziarnienia dla trzech wybranych złóż („*Domostawice*”, „*Isep*”, „*Biała*” – rys. 1) wskazują na zmniejszanie się wielkości ziarn od południa („*Domostawice*” – *wskaźnik piaskowy WP = 20%*) na północ („*Isep*” – *WP = 33%*, „*Biała*” - *WP = 56%*) [15,16,17]. W analogicznym kierunku zmianie ulega również wskaźnik różnoziarnistości ( $U$ ) *od  $U = 74$  do  $U = 15$ .*



Rys. 1. Krzywe uziarnienia materiału ze źróz rzeki Dunajec: 1 – „Domosławice”; 2 – „Isep”; 3 – „Biała”

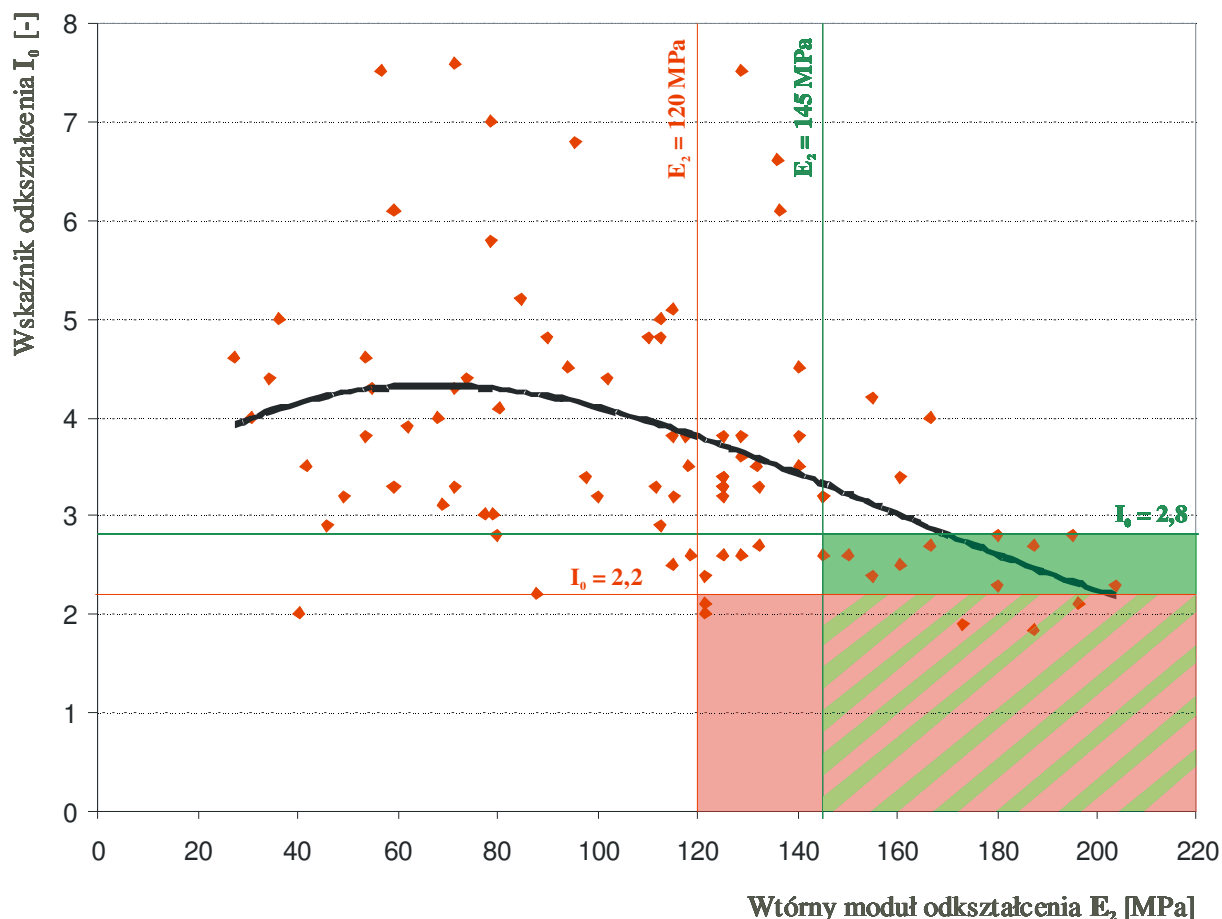
Fig. 1. Grain size distributions of Dunajec river deposits: 1 – „Domosławice”; 2 – „Isep”; 3 – „Biała”

Analiza składu petrograficznego ujęta szczegółowo w opracowaniach Kociszewskiej – Musiał [1] i Sokołowskiego [6] wskazuje, że zawartość skał krystalicznych oraz kwarcytów w grubych frakcjach (>10 mm) osadów doliny Dunajca od Jurkowa po Bobrowniki wynosi 58 – 63%, a piaskowców 32 – 36% (pozostałą część stanowią wapnienie i in.). Dla porównania złoże aluwialne we frakcjach > 8 mm na tarasach: Uszwicy w rejonie Szczurowej (złoże „Jagniówka III”) zawiera 85,5% piaskowców oraz 14% skał krystalicznych i kwarcytów, natomiast na tarasie Wisłoki (złoże „Jaworze – Zawodzie”) odpowiednio 97% piaskowców i zlepieńców oraz 2% krzemieni i kwarcytów [14,18,27].

W praktyce okazuje się, że skład petrograficzny żwirów i pospółek staje się bardzo istotny przy wykonywaniu pomiarów odkształceń płytą VSS. Otoczaki skał krystalicznych oraz kwarcytów wykazują znaczną kulistość [1] względem dyskoidalnych i wrzecionowatych otoczków piaskowcowych. Przyjęcie w normie jednego kryterium wskaźnika odkształcenia  $I_0 \leq 2,2$  oraz wtórnego modułu odkształcenia  $E_2 \geq 120 \text{ MPa}$  wspólnie dla piasków, pospółek i żwirów sprawia w praktyce duże trudności wykonawcom robót ziemnych w zakresie możliwości jednoczesnego dotrzymania wymaganych wartości obu wymienionych parametrów. Badania edometryczne gruntów grubookruchowych (żwir z tarasu wysokiego

*Białej Wisłoki o  $WP = 30\%$* ) wskazują, że stosunek edometrycznego modułu ścisłości wtórnej ( $M$ ) do pierwotnej ( $M_0$ ) przekracza 3,0 (dla wilg. 5% wynosił on 3,05) [4].

Na rysunku 2 przedstawiono zależność wskaźnika odkształcenia  $I_0$  od wtórnego modułu odkształcenia  $E_2$  dla nasypów wykonanych z pospółek i żwirów złóż rzeki Dunajec.



Rys. 2. Zależność wskaźnika odkształcenia ( $I_0$ ) od wtórnego modułu odkształcenia ( $E_2$ ) dla nasypów z materiału dunajcowego. Obszar czerwony obejmuje wyniki spełniające kryteria normowe ( $E_2 \geq 120 \text{ MPa}$  i  $I_0 \leq 2,2$ ). Obszar zielony obejmuje wyniki dla kryteriów przyjętych przez autora ( $E_2 \geq 145 \text{ MPa}$  i  $I_0 \leq 2,8$ )

Fig. 2. Relation between effective strain ( $I_0$ ) and secondary modulus of elasticity ( $E_2$ ) for embankments made of Dunajec river deposits. Red area cover the results meet the norm values ( $E_2 \geq 120 \text{ MPa}$  i  $I_0 \leq 2,2$ ). Green area cover the results meet the values specified by author ( $E_2 \geq 145 \text{ MPa}$  i  $I_0 \leq 2,8$ )

Z analizy tego wykresu wynika, że 41 z 88 punktów pomiarowych (tj. 47%) spełnia kryterium  $E_2 \geq 120 \text{ MPa}$ , zaś jedynie 5 spośród nich (tj. 12%) spełnia oba normowe kryteria jednocześnie ( $E_2 \geq 120 \text{ MPa}$  i  $I_0 \leq 2,2$ ). Podobnie sytuacja wygląda w opracowaniu Sulewskiej (2003 r.), gdzie tylko 40% punktów spełnia oba te kryteria jednocześnie [9].

Szczegółowa analiza wykresu pozwala zauważyć następujące prawidłowości:

- wraz z zagęszczaniem nasypów generalnie zmniejsza się wskaźnik odkształcenia ( $I_0$ ), a rośnie moduł odkształcenia wtórnego ( $E_2$ ),
- rozrzut wyników wskaźnika odkształcenia ( $I_0 \pm s$ ) jest największy w początkowych stadiach zagęszczania i maleje wraz z osiąganiem wysokiej nośności (dla przedziału:  $E_2 < 145 \text{ MPa}$  -  $\bar{I}_0 = 3,5 \pm 1,3$ ;  $E_2 \geq 145 \text{ MPa}$  -  $\bar{I}_0 = 2,7 \pm 0,65$ ; i  $E_2 \geq 170 \text{ MPa}$  -  $\bar{I}_0 = 2,3 \pm 0,4$ ),
- wysoka wartość wskaźnika odkształcenia nasypów występuje także po osiągnięciu normatywnej wartości wtórnego modułu odkształcenia  $E_2 \geq 120 \text{ MPa}$  (dla przedziału  $E_2 = 120 - 145 \text{ MPa}$  aż 73 % wyników przekracza  $I_0=3,2$ ),
- kruszywo naturalne ze złóż rzeki Dunajec po zagęszczeniu osiąga wysoką nośność ( $E_2$  znacznie powyżej 120 MPa).

Z analizy otrzymanych wyników można wysnuć następujące wnioski:

- wymagany dla różnoziarnistych pospółek wskaźnik zagęszczenia ( $I_S$ ) równy 1,03 przy module  $E_2 \sim 120 \text{ MPa}$  [10] jest osiąganym, ze względu na kulistość ziarn żwirowych aluwiiw dunajcowych, przy wyższym module odkształcenia,
- praktyka inżynierska pokazuje, że normowa wartość wskaźnika odkształcenia ( $I_0 \leq 2,2$ ) dla dunajcowych kruszyw naturalnych jest zbyt niska. Nasyp jest odpowiednio zagęszczony przy wyższych wartościach wskaźnika odkształcenia, czego potwierdzeniem są badania korelacyjne z innymi parametrami ( $I_S, E_{vd}, M, M_0 - [4,7,8,9]$ ),
- sugeruje się, aby dla badanego materiału za wartość graniczną wskaźnika odkształcenia przyjąć  $I_0 \leq 2,8$ , uwzględniając fakt, że wysokie i jednorodne zagęszczenie materiału dunajcowego w nasypach ( $I_S > 1,0$ ) jest osiąganym przy wyższym module odkształcenia wtórnego (według badań własnych dla wartości  $E_2 \geq 145 \text{ MPa}$  przy kryterium  $I_0 \leq 2,8$ , aż 74% punktów pomiarowych spełnia oba kryteria jednocześnie, a w badaniach Sulewskiej [9] udział ten sięga aż 80%).

## 5. Podsumowanie

Mechanizm odkształceń nasypów poddanych obciążeniu jest zagadnieniem złożonym, zależnym od wielu czynników (rodzaj podłoża, miąższość nasypu, znaczna zmienność materiału, nawet w obrębie jednego złoża) [2,15]. Znaczny rozrzut wyników wskaźnika

odkształcenia wskazuje, że zachowanie się nasypów pod obciążeniem, dla materiału dunajcowego, jest zmienne, pomimo że badania wykonywano na nośnym podłożu rodzimym (*nasypy nie były wznoszone na gruntach nienośnych lub słabonośnych, takich jak: torfy, namuły, grunty w stanie luźnym lub miękkoplastycznym*). Doświadczalne wyznaczenie wartości parametrów odkształcalności dla materiału ze złóż rzeki Dunajec na podstawie wielu wyników pomiarów wydaje się być właściwym podejściem. Mimo pewnych uproszczeń, (badaniu poddano niejednorodny materiał z kilku złóż rzeki Dunajec, różniący się uziarnieniem) doświadczalny sposób wyznaczenia wskaźnika odkształcenia wskazuje, że jest możliwa bardziej wiarygodna ocena tego typu. Obecnie stosowane przepisy i normy [12,13] nie dopuszczają możliwości indywidualnego doboru wielkości parametrów zagęszczenia i nośności nasypu w zależności od użytego kruszywa i jego cech jakościowych. Wydaje się, że celowe byłoby rozważenie dopuszczenia możliwości wyznaczania określonych parametrów jakości nasypów (np.  $I_0$ ) w odniesieniu do danego materiału. Jest to szczególnie istotne w przypadku, gdy określony materiał ze względu np. na skład petrograficzny, kulistość ziarn lub inne specyficzne cechy odróżnia się od większości kruszyw stosowanych w Polsce.

## BIBLIOGRAFIA

1. Kociszewska – Musiał G.: Analiza żwirów Dunajca od Rożnowa do ujścia. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW t. 1 cz. 1 Warszawa 1961.
2. Lambe W., Whitman R. Mechanika gruntów. Wyd. Arkady. Warszawa 1977.
3. Myślińska E.: Laboratoryjne badania gruntów. Wydanie 3 uzupełnione. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2001.
4. Pisarczyk S.: Grunty nasypowe: Właściwości geotechniczne i metody ich badania. Wydanie 1. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2004.
5. Pisarczyk S.: Geoinżynieria: Metody modyfikacji podłoża gruntowego. Wydanie 1. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2005.
6. Sokołowski T.: Uwagi o składzie petrograficznym czwartorzędowych żwirów z rejonu Tarnowa, 1997.
7. Sulewska M.: Lekka płyta dynamiczna w zastosowaniu praktycznym. [ref.], VII Międzynarodowa Konferencja "Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe" Kielce. Warszawa 2001.



8. Sulewska M.: Doświadczenia ze stosowania lekkiego ugięciomierza dynamicznego. *Drogownictwo*, R.58, nr 11, 2003.
9. Sulewska M.: Nowoczesny sposób kontroli jakości zagęszczenia nasypów. [ref.], *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Budownictwo*, Z. 97, Gliwice 2003.
10. Wiłun Z.: *Zarys geotechniki*. Wydanie 7. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 2005.

### **Normy i prace niepublikowane**

11. BN-64/8931-02: Drogi samochodowe. Oznaczenie modułu odkształcenia nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążenie płytą.
12. PN-S-02205/98: Drogi samochodowe. Roboty ziemne – Terminologia, wymagania i badania.
13. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.
14. Harnowski M.: Analiza parametrów złożowych i jakościowych kruszyw naturalnych w rejonie Borzęcina i ich zależność od genezy, praca inżynierska, AGH, Kraków, WGGiOŚ, 2009.

### **Materiały dokumentacyjne „Geogrunty” PPUP spółka z o.o.**

15. Dokumentacja geologiczna złoża kruszywa naturalnego „Biała”, 2010.
16. Dokumentacja geologiczna złoża kruszywa naturalnego „Domosławice”, 2010.
17. Dokumentacja geologiczna złoża kruszywa naturalnego „Isep I”, 2009.
18. Dokumentacja geologiczna złoża kruszywa naturalnego „Jaworze – Paciora”, 2005.
19. Dokumentacja obsługi geotechnicznej realizacji – Centrum Handlowe Hypernova, 2000.
20. Dokumentacja obsługi geotechnicznej realizacji – Centrum Logistyczne „Goodyear”, 2000/2001.
21. Dokumentacja obsługi geotechnicznej realizacji – Hala Deichman, ul. Błonie w Tarnowie, 2001.
22. Dokumentacja obsługi geotechnicznej realizacji – Centrum Handlowe Kaufland, 2004.
23. Dokumentacja obsługi geotechnicznej realizacji – II faza obiektów logistycznych, 2005.
24. Orzeczenie geotechniczne dot. jakości podbudowy posadzek – Hala Zakładu Produkcji Farb Przemysłowych, 2005.
25. Dokumentacja badań jakości podbudowy nawierzchni rynku w Starym Sączu, 2006/2007.
26. Orzeczenie geotechniczne dot. budowy ulicy Bandurskiego w Starym Sączu, 2007.

27. Sprawozdanie z oznaczenia składu petrograficznego kruszywa ze Złoza „Jaworze-Zawodzie”, 2011.

### Abstract

Deposits from the Carpathian river valleys are often used in road embankments. Dense embankments tested by VSS (Static Plate Load Testing). Normative values of the bearing capacity describing the deflection of embankments. From Static Plate Load Testing (VSS) receives two important parameters: secondary modulus of elasticity ( $E_2$ ) and effective strain ( $I_0$ ). Normative values of these parameters are  $E_2 \geq 120$  MPa and  $I_0 < 2.2$ . These values are the same for all the sands and gravels, regardless of the grain size, the roundness, and petrographic composition. Specify the same value for all deposits causes problems in the field during the ground works. Sediments of the Dunajec river are different from other Carpathian river deposits in this region: there is in them a large amount of the roundness grains of granite and quartzite. In the deposits of other rivers in this region is dominated by plane and elongated grains of sandstone. Several Static Plate Load (88 test points) tested embankments of material from the Dunajec river valley allow the following conclusions:

- only 12% of the test points meets both specified by normative values (secondary modulus of elasticity  $E_2 \geq 120$  MPa also effective strain  $I_0 < 2.2$ ),
- embankments densification causes an increase secondary modulus of elasticity  $E_2$  and generally decreasing effective strain  $I_0$ ,
- spread of results decreases with an increase of secondary modulus of elasticity  $E_2$ ,
- high values of effective strain ( $I_0$ ) is also after reaching secondary modulus of elasticity  $E_2 \geq 120$  MPa.

Engineering practice shows that the embankments of material from the Dunajec river valley has a density appropriate for effective strain ( $I_0$ ) values higher than 2,2. Suggested by the author of secondary modulus of elasticity  $E_2 \geq 145$  MPa and effective strain  $I_0 < 2.8$  meets the 74% testing points. Deposits of the Dunajec river are specific. Sets it apart petrographic composition and characteristics: grain size and the roundness. Therefore, the author suggests to consider the individual selection some of the deflection parameters ( $E_2$ ,  $I_0$ ) for specific materials (for example deposits of Dunajec river valley).