

KRZYSZTOF GRADKOWSKI¹⁾

EFEKT WZMOCNIEŃ GEOTEKSTYLAMI GRUNTOWEGO PODŁOŻA NAWIERZCHNI DRÓG Cz. II – badania doświadczalne

STRESZCZENIE. Artykuł analizuje wyniki wykonanych pomiarów dynamicznego modułu odkształcenia jako miary podatności różnych struktur modelowych podłoża nawierzchni drogowych. Pomiary przeprowadzono na odpowiednio sporządzonym poligonowym poletku doświadczalnym. W opracowaniu wykazano, że efekt wzmocnienia podłoża gruntowego nawierzchni drogi przez geotekstylia został potwierdzony w tych przypadkach modeli podłoża. Porównawcze zestawienie wyników, pozwoliło na sformułowanie wniosków o istotnym znaczeniu praktycznym w celu określenia roli i zakresu wzmocnień podłoża nawierzchni dróg samochodowych z warstwą geotekstylii. Dalsze badania powinny określić zakres zastosowań technicznych tego rodzaju wzmocnień w przypadku różnych warstwowych podłoży gruntowych.

1. WPROWADZENIE

W krajowych przepisach techniczno - budowlanych funkcja geowłókniny w układzie gruntowych warstw podłoża nawierzchni drogowych jest ustalana przeważnie jako warstwa separacyjna. Podobnie jest w podłożach rusztu torowego dróg szynowych. Wprowadzenie do podłoża fundamentowego nawierzchni dróg lądowych, warstwy geowłókniny o odmiennych parametrach fizycznych niż grunt musi jednak wywołać pewne skutki mechaniczne zachowania tych warstw. W celu określenia tego wpływu

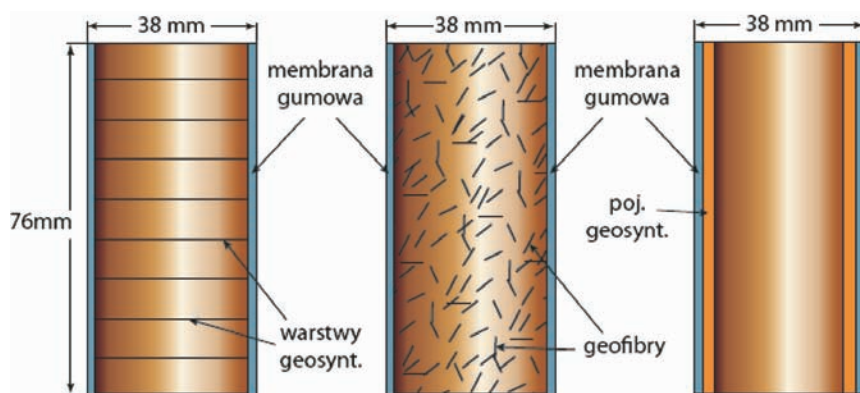
¹⁾ dr inż. – Instytut Dróg i Mostów Politechniki Warszawskiej

podjęto testy oznaczania modułu odkształcenia E_1 i E_2 analizowane w pracy [1]. Bezpośrednie pomiary modułów nie przyniosły widocznych rezultatów zmian, ten fakt zaś zdyskwalifikował również rodzaj pomiaru jako miarodajny do określenia wpływu tej formy zbrojenia gruntu na zmiany odkształcalności podłoża. Liczne sygnały uzyskanych efektów zbrojenia i wzmocniania warstw gruntów piaszczystych, a głównie możliwość uzyskania rozwiązań relatywnie tanich i łatwych technologicznie, były czynnikami mobilizującymi do dalszych badań w tym zakresie.

2. UZASADNIENIE CELOWOŚCI PROJEKTOWANIA WZMOCNIENIA GEOTEKSTYLAMI WARSTW GRUNTOWYCH

W okresie ostatnich dziesięciu lat można wymienić kilkaset pozycji prac w literaturze przedmiotu, które wskazują na występowanie efektu wzmocnienia podłoża gruntowych przez różne formy geosyntetyków, w tym i geotekstylii. Na szczególną uwagę zasługują wyniki testu laboratoryjnego w aparacie trójosiowego ścinania [3]. Badania gruntów za pomocą tego aparatu są powszechnie uważane za bardzo miarodajne, ze względu na ich zbliżony charakter do rzeczywistego, trójosiowego obciążenia. Na rysunku 1 przedstawiono trzy struktury próbek gruntu piaszczystego, zbrojonego tym samym geosyntetykiem poliestrowym, w trzech formach tego produktu:

- jako 8 warstw płaskiego i poziomego (planarnego) zbrojenia geowłókniną, rozłożone na 76 mm wysokości próbki,
- jako równomiernego wymieszania z fibrami geosyntetycznymi,
- wypełnienie próbką pojemnika (otwartego dennie) sporządzonego z tego geosyntetyku jako geotekstylii.

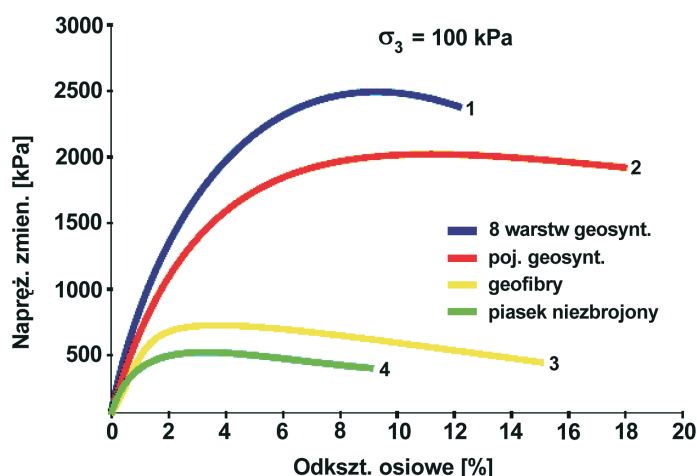


Rys.1. Struktury i rodzaje próbek przygotowanych do aparatu trójosiowego wg [3]

Fig.1. Structure of specimens prepared for triaxial tests, acc. [3]

Wyjaśnienia wymaga rodzaj pojemnika, który w istocie jest „woreczkiem” z tego samego materiału poliestrowego jak poziome przekładki w próbce a). Na woreczek poliestrowy naciągnięte są membrany gumowe właściwe badaniom w aparacie trójosiowym.

W następstwie testu laboratoryjnego, uzyskano bardzo przekonujące i jednoznaczne rezultaty przedstawione na rysunku 2. Poziom odniesienia wszystkich wyników to krzywa (4), przedstawiająca wytrzymałość na ścinanie tego samego gruntu bez jakichkolwiek wzmocnień. Krzywa (1) dotycząca przekładek poziomych, zdecydowanie wskazuje na znaczne wzmocnienie takiej próbki w stosunku do pozostałych form zbrojenia. Krzywa (2), przedstawia wynik pomiaru odkształceń próbki tego samego gruntu zawartym w woreczku sporządzonym z geosyntetyków, a zatem ograniczający rozpór boczny próbki. Próbką okazuje się być relatywnie odporna na deformacje. Test ten należy uznać za bardzo wiarygodny, bowiem modeluje on bardzo dobrze zbliżenie rzeczywiste warunki zachowania się gruntu. Krzywa (2) odpowiadałaby w rzeczywistości pracy „materaca”, z wypełnionym piaszczystym gruntem jednorodnym.



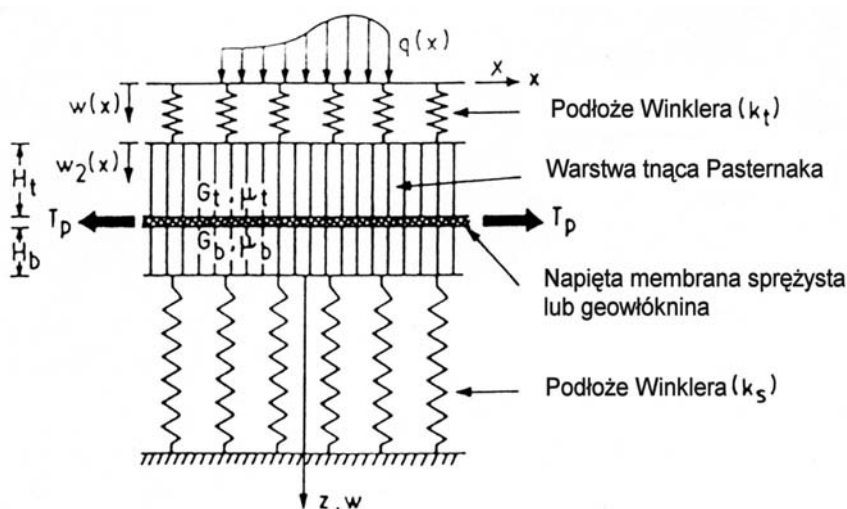
Rys.2. Wyniki testu w aparacie trójosiowego ścinania próbek o zawartości różnych form geosyntetyku [3]

Fig.2. Triaxial test results for different soil – geosynthetic specimens [3]

Badania zreferowane w pracy [3] były rozwinięciem programu badań opisanego w pracy [2], którego wyniki okazały się tak interesujące, że kontynuacja tych badań, nad efektem wzmocnień różnych form zastosowań geosyntetyków, została zapowiedziana jako przedmiot badań na dalsze kilka lat. Wzmacniająca funkcja geotekstylii w warstwach gruntów piaszczystych nie budzi żadnych wątpliwości.

Obok badań laboratoryjnych i poligonowych, skutki zastosowań geotekstylii w podłożu gruntowym, określane są badaniami analitycznymi. Na szczególną uwagę zasługuje analiza zawarta w pracy [5] modelu *Kerra* i podłoża *Winklera - Pasternaka*

uwzględniająca warstwę ścinającą (gruntu) wyposażoną w warstwę membrany lub geosyntetyku. Przedstawiony model, być może mniej złożony od niektórych innych modeli nawierzchni, sugeruje daleko idące podobieństwo do rzeczywistego układu geosyntetyk - grunt, jako drogowych nawierzchni podatnych (rys. 3).



Rys.3. Model Kerra, nawierzchnia – podłoże z geosyntetykiem typu membrana [5]

Fig.3. Keer's model of pavement – subbase with membrane [5]

Kerr w pierwszych pracach źródłowych [8 - 9] przedstawił model prosty i całą rodzinę modeli złożonych składających się z warstw Winklera, Pasternaka i Héteny'ego. Równanie najprostszego modelu podłoża Kerra pokazanego na rysunku 3, w przypadku braku geowłókniny $T_p = 0$ oraz $G_t = G_b = G$ jest następujące:

$$q \left(1 + \frac{k_s}{k_t} \right) - \frac{G}{k_t} \cdot \nabla^2 \cdot q = k_s w - G \cdot \nabla^2 w, \quad (1)$$

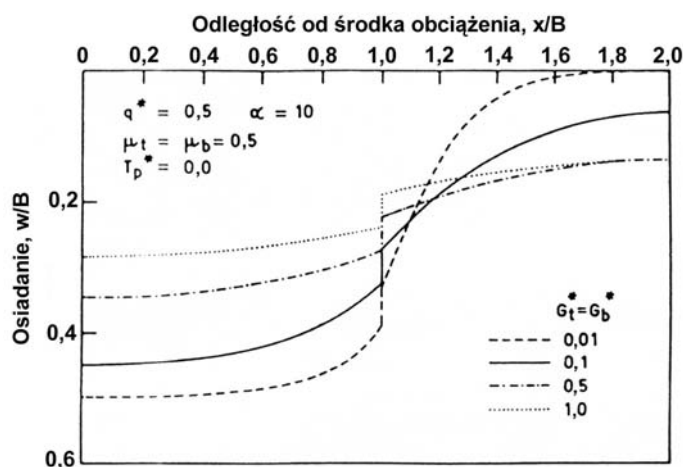
gdzie:

- $q = q(x, y)$ – obciążenie rozłożone na powierzchni modelu,
- $w = w(x, y)$ – całkowite ugięcie podłoża,
- k_t, k_s – współczynniki charakterystyk sprężystości górnej i dolnej warstwy podłoża,
- G – moduł sprężystości postaciowej w modelu.

W przypadku belek równanie modelu (1) ulega zmianie i laplasjan ∇^2 przechodzi w drugą pochodną $\frac{\partial^2}{\partial x^2}$. Dokładniejszą analizę i wyprowadzenie równania (1) podano

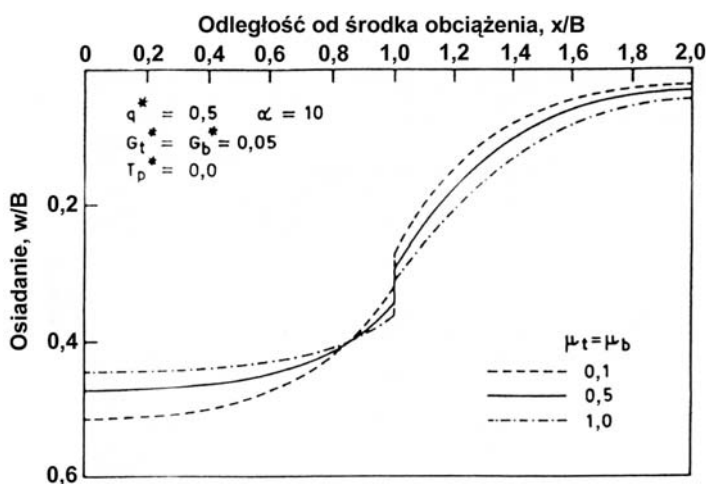
w pracy [10] i innych opracowaniach. Jeżeli w warstwie ścinającej modelu Kerra znajduje się geowłóknina, to równanie modelu (1) jest skomplikowane, nieliniowe i jego rozwiązanie jest możliwe jedynie numerycznie.

Rozwiązania numeryczne zawarte w [5] prowadzą w zasadzie do wniosków zgodnych z przyjętą definicją modelu na rysunku 3, lecz efekt różnych parametrów ścinania w warstwie z geosyntetykiem, odpowiednio zdefiniowanych w obliczeniach, na krawędziach obciążenia, we współrzędnych bezwymiarowych wymaga przytoczenia (rys. 4). Godne uwagi są też porównania efektu „krawędziowego” przy różnych współczynnikach tarcia membrany w warstwie gruntowej podłoża fundamentowego (rys. 5).



Rys.4. Zależność osiadania od różnych wartości współczynnika sprężystości poprzecznej w warstwie Pasternaka [5]

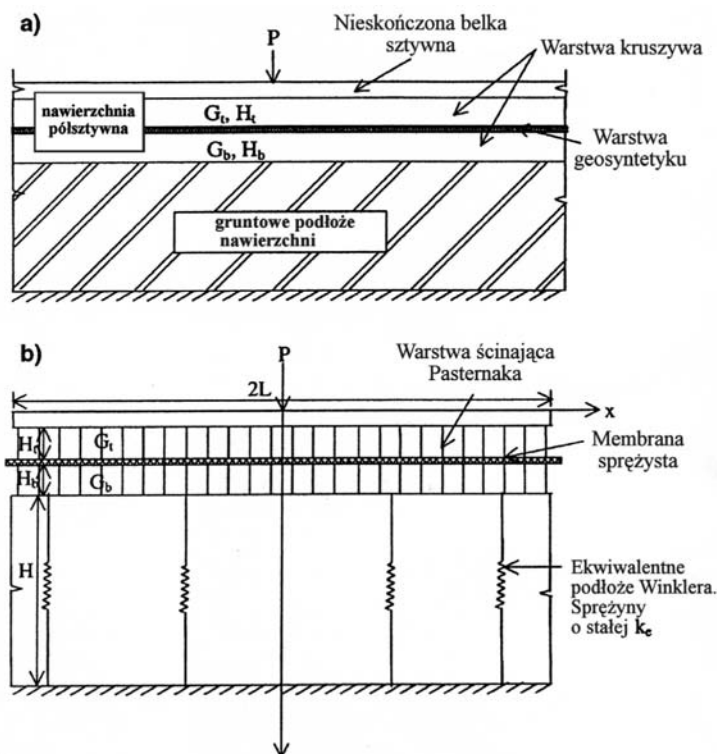
Fig.4. Relationship between settlement and different shear modulus in Pasternak's layer [5]



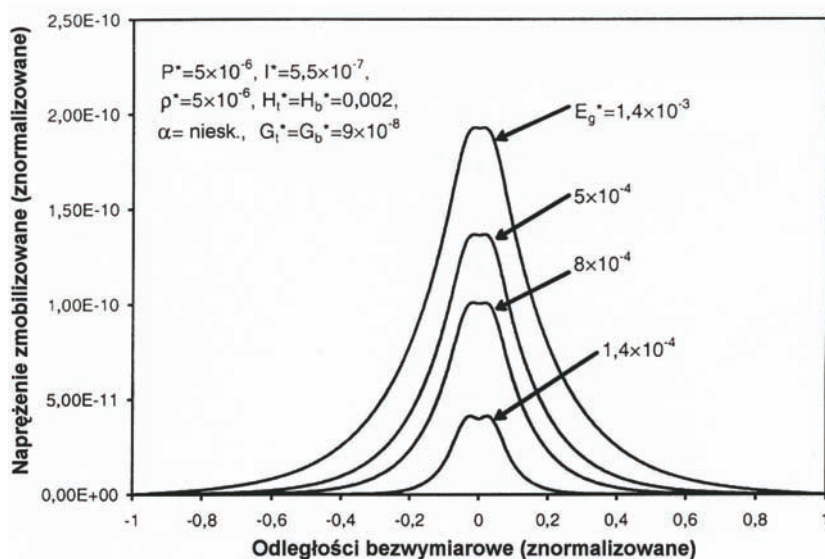
Rys.5. Zależność osiadania od różnych wartości współczynnika tarcia między warstwami a geowłókniną [5]

Fig.5. Relationship between settlement and different interlayer friction coefficients [5]

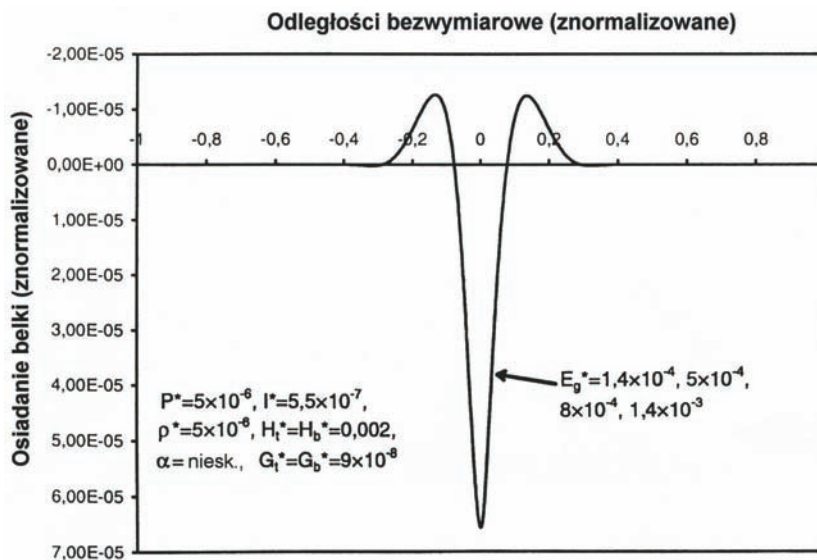
Inny model analityczny układu nawierzchnia – gruntowe podłoże nawierzchni z przekładką włóknin syntetycznych zawiera praca [4]. Relacja pomiędzy rzeczywistym układem warstw nawierzchni jest widoczna na rysunku 6a i 6b. Wydaje się też słusznym zastąpienie górnej warstwy nośnej nawierzchni całkowicie sztywną belką nieskończenie długą. Stwarza to ważne podobieństwo do konstrukcji drogowych nawierzchni półsztywnych, nie całkiem odpowiadającym terminologii i nazewnictwu stosowanym w kraju. Płaski układ zadania, rys.6 b, z ekwiwalentnym podłożem *Winklera* o stałej sprężystości k_c (podatności) rozwiązany numerycznie, pozwala także na wyciągnięcie pewnych wniosków. Okazuje się, że nie tylko sam fakt istnienia przekładki z geosyntetyku kształtuje odpowiednie proporcje rozkładu sił wewnętrznych w układzie uwarstwionym, ale także właściwości fizyczne i mechaniczne samego geosyntetyku. Na rysunku 7 można zaobserwować zmniejszanie się naprężeń (wzdłużnych) w geosyntetyku wraz ze zmniejszaniem się sprężystości warstwy gruntu. Oznacza to np. bardziej zagęszczoną warstwę piasku lub inny jego rodzaj w której znajduje się „przekładka” typu membrany. Rysunek 8 wskazuje na możliwość „odrywania” się belki od podłoża czyli występowania sił tnących. Jedynie geotekstylia poprzez swe właściwości fizyczne mogą zredukować ścinanie warstw gruntowych.



Rys.6. Fizyczny układ warstw [4]: a) nawierzchnia – podłoże gruntowe, b) model obliczeniowy *Kerra* z warstwami *Pasternaka* – *Winklera*,
Fig.6. The layered system [4]: a) pavement – soil subbase, b) calculation model by *Kerr* with *Pasternak* – *Winkler* layers



Rys.7. Rozkład naprężeń zmobilizowanych jako efekt różnych sprężystości geosyntetyku [4]
 Fig.7. Distribution of mobilised stress as result of different elastic modulus of geosynthetic [4]

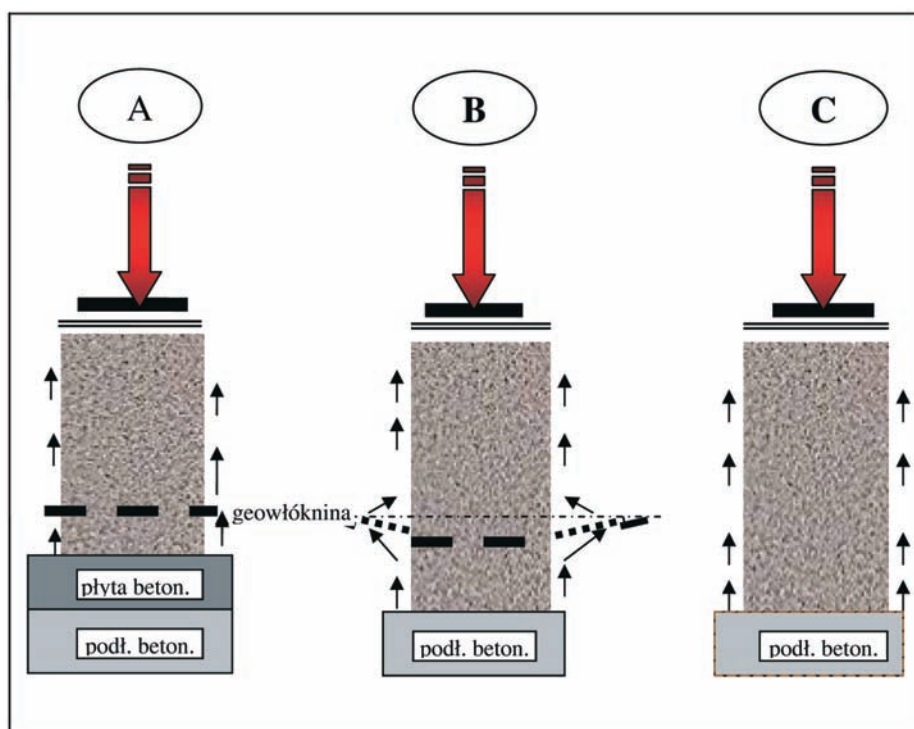


Rys.8. Linia wpływu osiadań belki przy różnych współczynnikach sprężystości geosyntetyku [4]
 Fig.8. Lay-out beam settlements for different elastic modulus of geosynthetic [4]

Stwierdzono zatem, że w wynikach analiz numerycznych [4] i [5] występują przesłanki istnienia wzmocnienia gruntu przez geosyntetyk w formie tekstylii. Hipotetycznie możemy zatem przewidzieć, wpływ grubości warstw i ich sztywności podłoża na efekt podatności podłoża nawierzchni. Omówione wcześniej badania laboratoryjne w aparacie trójosiowego ścinania [3] nie pozostawiają większych wątpliwości co do roli jaką pełnią geotekstylia w układzie warstw gruntowych podłoża nawierzchni dróg samochodowych.

3. ZAŁOŻENIA OGÓLNE PROGRAMU POMIARÓW DYNAMICZNEGO MODUŁU ODKSZTAŁCENIA

W kontekście powyższych ustaleń oraz wniosków zawartych w pracy [1] opracowano założenia programowe uwzględniające cel pomiarów podatności uwarstwionych struktur podłoży nawierzchni drogowych, które odwołują się do kilku zasad zachowania podobieństw modelowych również wymienionych w [1]. Ograniczenia te i warunki sprowadzają się do określenia zachowań mechanicznych i fizycznych układu pokazanego na rysunku 9.



Rys.9. Model fizyczny rozkładu elementarnych sił statycznych
Fig.9. Physical analogue of the unite force distribution

4. CEL I ZAKRES POMIARÓW PODATNOŚCI PODŁOŻA

Podstawowym celem przeprowadzenia pomiarów było porównanie parametrów charakteryzujących podatność różnych warstw i struktur podłoża nawierzchni drogowej, wraz ze sprawdzeniem efektu zastosowania geowłókniny. Pomiary przeprowadzono na poletku poligonowym, zbudowanym zgodnie z wyżej wymienionymi założeniami. Do konstrukcji poletka użyto:

- piasek gruby, zbliżony do pospółki o $\rho_s = 2,65 \text{ g/cm}^3$, $W_p = 36 \%$,
 $U = 11$, $w_{nos} = 14 \%$,
- geowłókniny nazwanej „pled” o parametrach:

masa powierzchniowa	–	300 g/m ² ,
wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż pasma	–	7 kN/m,
siła na przebicie (metoda CBR)	–	2 kN,
wydłużenie względne w poprzek pasma	–	75 %.

W celu maksymalizacji różnic i różnych wpływów na mierzone parametry podatności różnych struktur podłoża nawierzchni na poletku, pomiaru dokonano w przypadkach dwóch stanów zagęszczeń:

- pierwsza seria pomiarów stanu „I” o zagęszczeniu $I_s = 0,96$;
- druga seria pomiarów stanu „II” o zagęszczeniu $I_s = 0,98$.

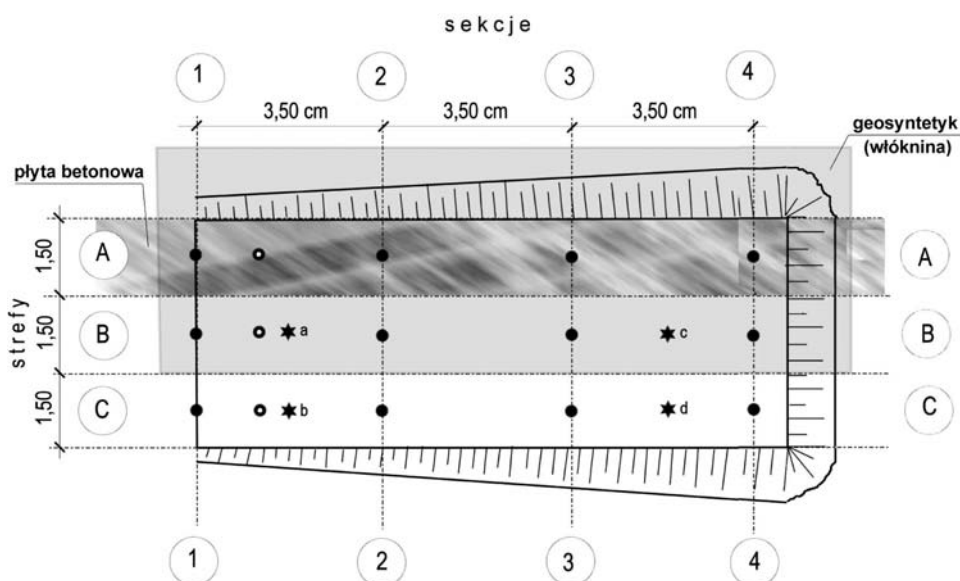
Pomiary zagęszczenia wykonano według normy [7], metodą bezpośrednią oznaczając I_s . Stany nie pełnego zagęszczenia umożliwiają ekspozycję „efektu wzmocnienia” geosyntetyku i nie odkształcalności podłoża betonowego. Ponadto możliwość „wywołania ruchu” mobilizującego tarcie grunt - włóknina jest większa w przypadkach gruntów o niewielkim zagęszczeniu.

5. OPIS I WYNIKI POMIARÓW

5.1. SPOSÓB PRZEPROWADZENIA POMIARU

Wypełniając cel i założenia programowe pomiarów, sporządzono poletko poligonowe według planu na rysunku 10 i widokach na rysunkach 11 i 12. Poletko zostało wykonane powtórnie i rozbudowane, przy użyciu tych samych materiałów, po wykonaniu pomiarów odkształcalności modelu podłoża przedstawionych w pracy [1]. Najważniejsze różnice to zmiana „rozpiętości” wskaźnika zagęszczenia I_s oraz wprowadzenie modelu podłoża gruntowego nawierzchni na betonowej płycie sztywnej. Płyta nie jest odkształcalna, również i sprężyste, w zakresie obciążeń pomiarowych, nie mniej pozwala na ustalenie modelu podłoża nawierzchni dla szczególnych i występujących przypadków układów technicznych. Ponadto ten typ modelu podłoża nawierzchni drogowej pozwala na uzyskanie pomiaru porównawczego.

Pełną strukturę poletka w przekrojach przedstawiają rysunki 13 i 14.



Legenda rozmieszczenia punktów pomiarowych:

- – punkt pomiaru E_d
- – dodatkowe punkty pomiaru E_d dla drugiej serii pomiaru
- * a, b, c, d – punkty pomiaru $E_{1,2}$ referowane w pierwszej części oprac.[1]

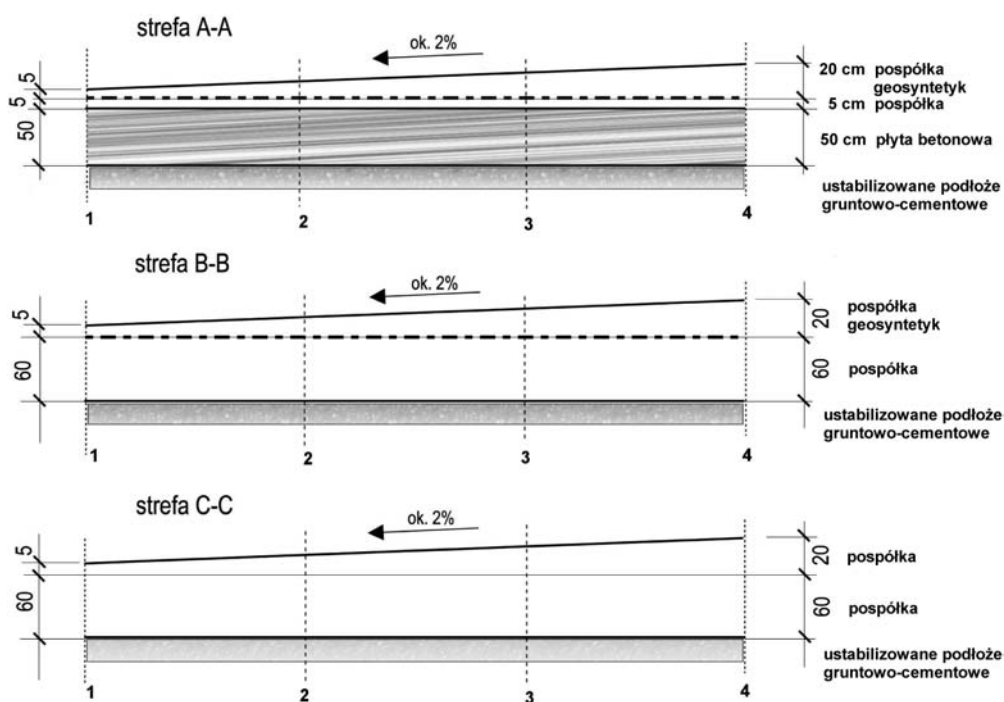
Rys.10. Plan poligonowego poletka pomiarowego i rozmieszczenie punktów pomiaru
Fig.10. Plan of the small testing field and location of measurements



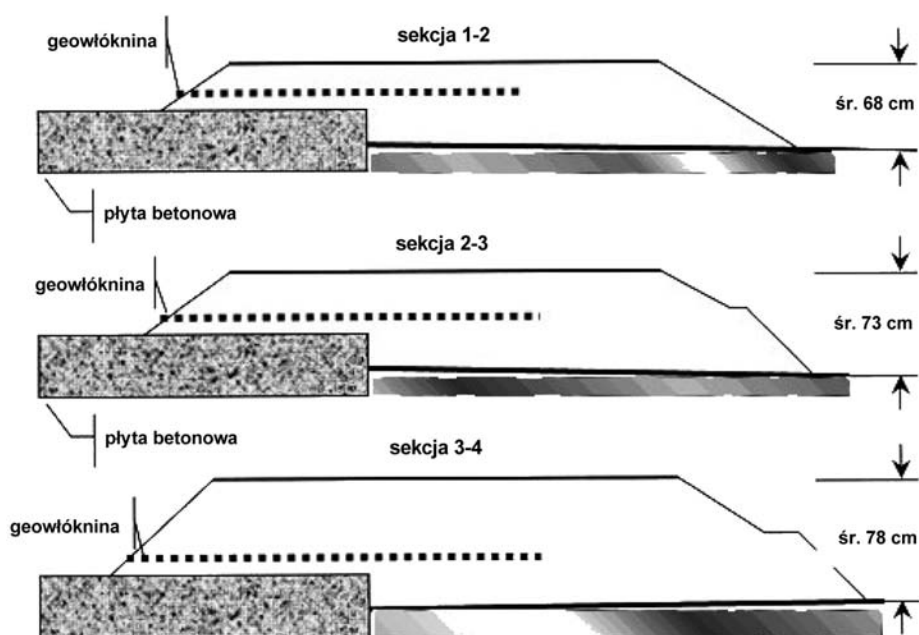
Rys.11. Widok z prawego narożnika poligonowego poletka
Fig.11. View of the small testing field – right corner



Rys.12. Widok z lewego narożnika poligonowego poletka pomiarowego
Fig.12. View of the small testing field – left corner



Rys.13. Przekroje w strefach podłużnych poletka
Fig.13. Cross sections along the testing field in tree strips



Rys.14. Przekroje poletka w poszczególnych sekcjach

Fig.14. Cross sections of the testing field in three sections

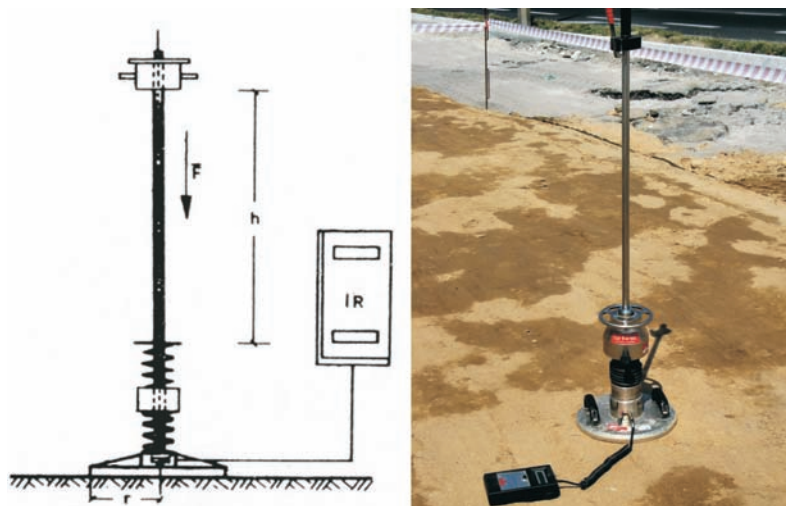
W przypadkach zredukowanych, co 5 cm grubości pokrycia geosyntetyku, dokonano pomiaru bezpośredniego dynamicznego modułu odkształcenia E_d , przyrządem typu ZFG 02 stanowiącym lekki ugięciomierz dynamiczny (rys. 15). Ugięciomierz dynamiczny pozwala na kontrolne, uzupełniające, poza normowe, bowiem nie ujęte w normie [7], pomiary stanu podatności i nośności gruntów. Jest to podręczny i nowoczesny przyrząd, którego pomiar pozwala na dość szeroką interpretację wyników, w tym ustalanie takich parametrów warstw gruntowych jak; wskaźnik i stopień zagęszczenia, statyczne moduły odkształcenia itp., zwanych ogólnie parametrami podatności.

Na podstawie pionowej amplitudy osiadania płyty obciążonej dynamicznej s , zmierzonej podczas uderu, można według [6] obliczyć:

$$E_d = 1,5 \cdot r \cdot \frac{\sigma}{s}, \quad (2)$$

gdzie:

- E_d – dynamiczny moduł odkształcenia [MPa],
- σ – średnia wartość obciążenia pod płytą [0,1 MN/m²],
- r – promień siły obciążającej [150 mm],
- s – amplituda osiadania [mm].



Rys.15. Lekki ugięciomierz dynamiczny ZFG-02
Fig.15. Light falling weight deflectometer ZFG-02

Przybliżoną zależność wtórnego modułu odkształcenia E_2 od modułu dynamicznego E_d według [6] można opisać za pomocą równania:

$$E_2 \approx 600 \ln \frac{300}{300 - E_d}, \quad (3)$$

gdzie:

E_2 – wtórny moduł odkształcenia [MPa],

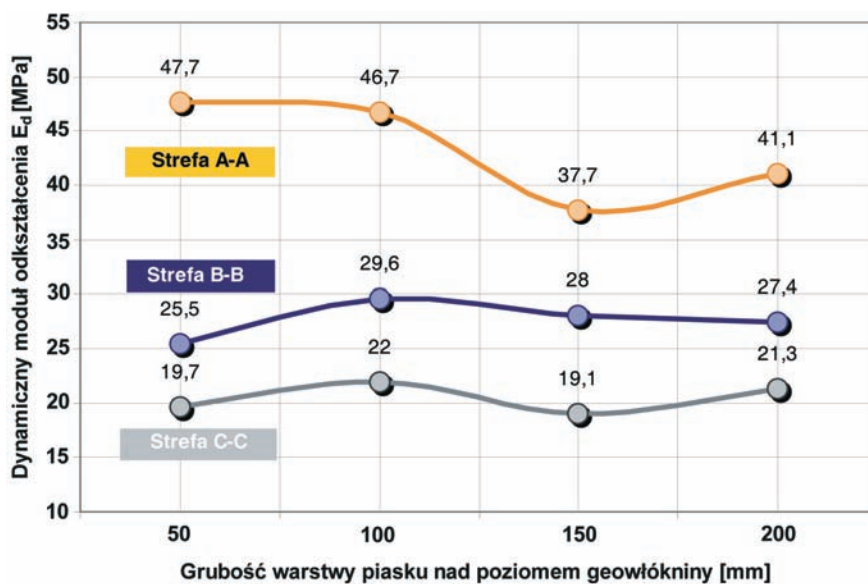
E_d – dynamiczny moduł odkształcenia [MPa].

Ustalenie zakresu E_d dla którego wzór (3) jest obowiązujący wymaga kilku serii odpowiednich badań.

5.2. REZULTATY POMIARU PARAMETRU PODATNOŚCI

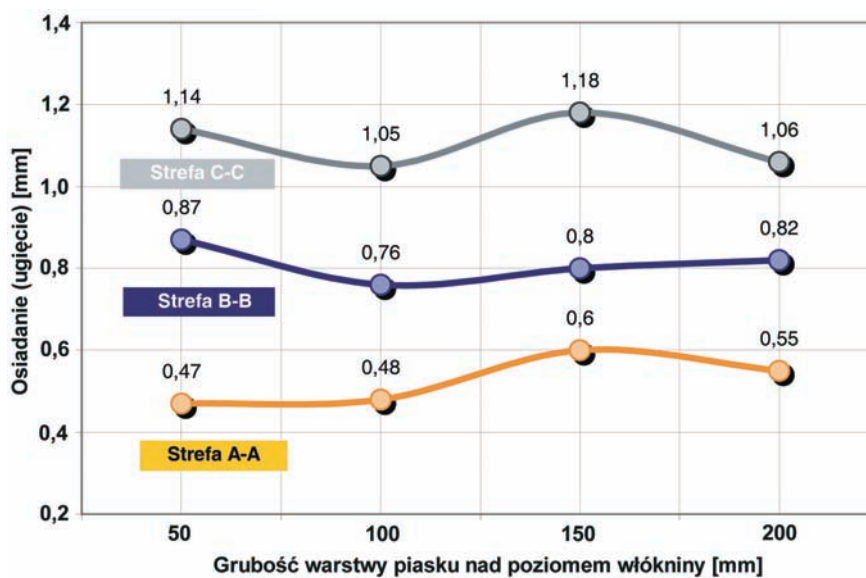
Przy zmiennej grubości pokrycia gruntem geowłókniny wykonano serię pomiarów E_d uzyskując wyniki przedstawione na wykresach. Analogicznego pomiaru dokonano na podłożu całkowicie sztywnym (płyta betonowa) $E_d = \infty$, używając tego samego gruntu o analogicznych grubościach warstw pokrycia geowłókniny i izolując ją każdorazowo od podłoża betonowego, 5 cm warstwą tego samego gruntu. W celach porównawczych zachowano strefę zmiennej grubości samego podłoża gruntowego. Wyniki zestawiono na wykresach (rys. 16 - 19).

„I” stan zagęszczenia $I_s = 0,96$



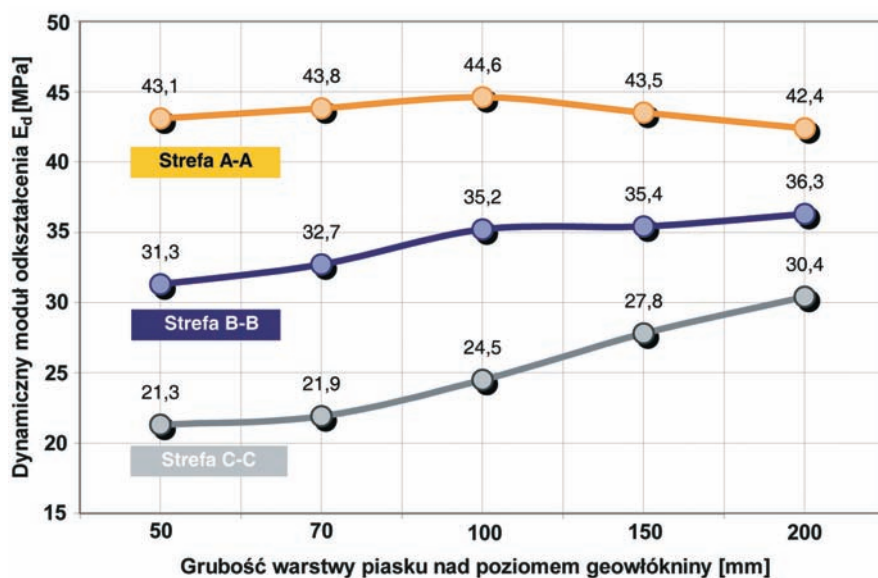
Rys.16. Średni dynamiczny moduł odkształcenia (stan „I”)

Fig.16. Average dynamic deflection modulus (stage “I”)

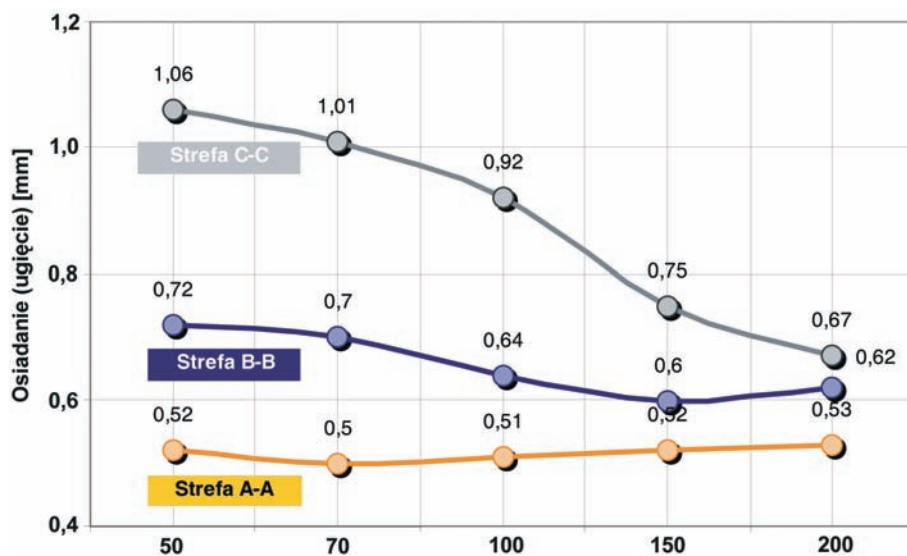


Rys.17. Średnie osiadania płyty (stan „I”)

Fig.17. Average settlements plate (stage “I”)

„II” stan zagęszczenia $I_s = 0,98$ 

Rys.18. Średni dynamiczny moduł odkształcenia (stan „II”)
 Fig.18. Average dynamic deflection modulus (stage “II”)



Rys.19. Średnie osiadania płyty (stan „II”)
 Fig.19. Average settlements plate (stage “II”)

Wobec trudnych do odczytania tendencji i zachowania się krzywych zarówno osiadań jak i wartości dynamicznych modułów odkształcenia, w drugiej serii pomiarów, po dogęszczeniu, zwiększono liczbę pomiarów w poszczególnych strefach o jeden, dla grubości pokrycia geowłókniny 7 cm.

6. OCENA WYNIKÓW

Przeprowadzenie pomiarów w przypadku zmiennego układu warstw gruntowych, tak co do ich grubości – od 5cm do 20cm, jak i struktury warstw podłoża, nie pozwala na ich bezpośrednie porównywanie, na przykład parami. Eliminuje też, możliwość interpretacji statystycznej. Mając na uwadze jeden z celów badań, to jest ustalenie między innymi, efektu wzmacniającego zastosowanej geowłókniny, odpowiednie zestawienie uzyskanych wyników, w szczególności w strefach A-A, B-B i C-C poszczególnych stanów zagęszczeń, pozwala jednak na pewne uogólnienia. W zestawieniu wyników, nie przedstawiono wszystkich rezultatów uzyskanych w trakcie pomiarów, oraz nie uniknięto możliwych błędów pomiaru wynikających z dokładności odczytów, który w szczególności dla E_d może przekraczać nawet ± 2 MPa. Znacznie większy błąd tego pomiaru występuje przy przeliczeniach E_d na wskaźniki zagęszczenia lub inne charakterystyki statyczne. Wyznaczenie indywidualnej korelacji pomiędzy E_d i I_s wymagałoby znacznej ilości pomiarów, do których poletko poligonu nie było przygotowane zaś problem nie należał do przedmiotu badań.

7. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów i analizy zestawionych na rysunkach wyników można stwierdzić:

1. Pomierzone bezwzględne wartości modułów E_d nie są miarodajne w zakresie jakości sporządzonego podłoża nawierzchni, które nie spełnia wymagań normowych w tym zakresie i jest jedynie modelem podłoża. Dowodzą tylko nie pełnych stanów zagęszczeń i nie najwyższej jakości materiału gruntowego użytego do doświadczeń. Stan ten był zamierzony dla wypełnienia celu badań.
2. Sztywne podłoże betonowe, w przypadkach gruntowych warstw podłoża nawierzchni drogowych, całkowicie redukuje wpływ warstwy geowłókniny na podatność podłoża. Dla stanu „I” ($I_s = 0,96$) i stanu „II” ($I_s = 0,98$) zmniejszenie podatności uzyskujemy w wyniku zwiększenia grubości warstwy gruntu przekrycia geowłókniny.
3. Jeśli pewną miarą nośności może być podatność mierzona dynamicznym modułem odkształcenia, to przyrost nośności, czyli zmniejszona podatność jest kilkunastoprocentowa i widoczna. Efekt wzmocnienia gruntowego układu warstw, warstwą geowłókniny, uznać należy za ewidentny.

4. W przypadku układu warstw samego gruntu występuje niemal pełna proporcjonalność pomiędzy grubością warstwy gruntu, a wzrastającą podatnością. Największą podatność wykazuje 60 cm warstwa gruntu z geowłókniną pokrytą warstwą około 16 cm warstwą gruntu przy pierwszym stanie zagęszczenia.
5. Istnieje pewna „optymalna” grubość gruntowej warstwy pokrycia geowłókniny, przy której uzyskujemy ewentualny efekt wzmocnienia, czyli największą mobilizację tarcia geowłókniny o grunt i jego podłużnej sprężystości. W przypadku przeprowadzonych pomiarów i tego rodzaju gruntów, jest to pokrycie od 5 cm do 7 cm. Szczegółowe potwierdzenie tej tezy wymaga oddzielnego programu pomiarów, bowiem zastosowania techniczne takiego rozwiązania w konstrukcji gruntowych podłoży nawierzchni drogowych może być nad wyraz interesujące.

Wydaje się zrozumiałym, że przedstawione wnioski mogą być zabarwione nieco subiektywnym podejściem do zagadnienia. Nie mniej zagadnienia nośności podłoża nawierzchni drogowych jest dość złożone, wymagające długotrwałych badań i pomiarów w różnych warunkach rzeczywistych i modelowych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Gradkowski K.*: Podatność warstw modelowego podłoża nawierzchni a efekt wzmocnień geotekstyliami. Cz. I. Badania wstępne. Drogi i Mosty nr 2/2007, 59 - 71
- [2] *Latha M.G., Murthy V.S.*: Investigations on Sand Reinforced with Different Geosynthetics. Geotechnical Testing Journal, **29**, 6/2006, 474 - 480
- [3] *Latha M.G., Murthy V.S.*: Effects of reinforcement form on the behavior of geosynthetic reinforced sand. Geotextiles and Geomembranes, 25/2007, 23 - 32
- [4] *Maheshwari P., Chandra S., Basudhar P.K.*: Response of beam on tensionless extensible geosynthetic-reinforced earth bed subjected to moving loads. Computers and Geotechnics, 31/2004, 537 - 548
- [5] *Shukla S.K., Chandra S.*: A Study on a New Mechanical Model for Foundations and its Elastic Settlement Response. International Journal for Numerical Methods in Geomechanics, **20**, 1996, 595 - 604
- [6] *Stigler-Szydło E.*: Posadowienie budowli infrastruktury transportu lądowego. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2005, 311
- [7] PN-S-02205: 1998 Roboty ziemne. Wymagania i badania
- [8] *Kerr A.D.*: Elastic and viscoelastic foundation models. Journal of Applied Mechanics, 1964, 491 - 498
- [9] *Kerr A.D.*: A study of a new foundation model. Acta Mechanika, **1**, 1965, 135 - 147

- [10] *Szcześniak W., Ataman M.*: Zastosowanie zmodyfikowanego modelu podłoża sprężystego *Własowa - Leontiewa*. Księga Jubileuszu prof. *J. Pachowskiego*,. IBDiM, 2007, 65 - 82

STRENGTHENING EFFECT OF THE GROUND SUBBASE OF ROAD PAVEMENT

Part II

Abstract

This paper presents directly measurements and results of the dynamic modulus of ground subbase deformation on the small testing field. This modulus is a measure of flexibility of different kinds of the road pavements ground subbase model. Comparison of results put forward a proposal of few conclusions. Effect of strengthening of geotextil – ground layer was proved by obtained results in certain scale. Technological use of this effect needs proceed much more full scale tests.