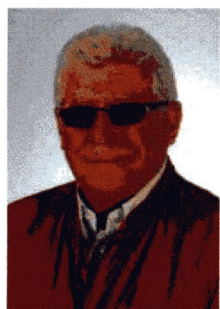


Pakiet geosyntetyczny

do wzmocnienia górnej części podłoża dróg szynowych

Krzysztof Gradkowski

Podłoża nawierzchni dróg szynowych powinny spełniać określone wymagania jakościowe zapewniające stosowną stateczność nawierzchni drogi szynowej. Cykl badań własnych nad właściwościami wielowarstwowych zbrojeń geotekstylnych gruntów oraz fibrogruntów pozwala na wskazanie technicznego sposobu wykonywania wzmocnień w strefie aktywnej podtorza i samego torowiska. Syntezy niektórych wyników badań wskazują na skuteczność proponowanych rozwiązań. Wymagane warunki techniczne konstrukcji proponowanych wzmocnień zintegrowanym pakietem gruntowo-geosyntetycznym mogą spełniać jednocześnie podwyższone warunki nośności i filtracji.



dr inż.
Krzysztof Gradkowski,
Politechnika Warszawska,
Wydz. Inżynierii
Lądowej

Torowisko drogi szynowej rozumiane, jako gruntowa strefa aktywna podtorza ograniczona płaszczyzną styku z pryzmą podsypki tłuczniowej, powinno charakteryzować się wysokimi parametrami jakości, nieodkształcalności oraz filtracji. Odpowiednia stateczność torowiska zależy od jakości materiału gruntowego, z którego jest wykonana. Uzyskanie odpowiednich parametrów konstrukcyjnych torowiska ma podstawowe znaczenie dla odcinków dróg szynowych linii modernizowanych (przebudowywanych) jak i nowych. Wymagania jakościowe w tym zakresie formułowane są zarówno w warunkach technicznych jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie jak i w stosownych standardach instrukcji Id-3. Obejmują one głównie wymagania w zakresie modułu odkształcenia:

- dla torowisk podtorza linii nowobudowanych i modernizowanych 80 – 120 MPa,
- dla torowisk podtorza linii eksploatawanych (ocena możliwości wzmocnienia) 40-80 MPa.

W konsekwencji, wymagania te prowadzą do zachowania technologicznych kryteriów doboru i jakości materiału gruntowego, które sprowadzają się do konieczności zachowania odpowiednich relacji w formule:

$$I_o = E_2 / E_1 \Rightarrow I_s \Rightarrow f(C_u, C_c, w_{noś}) \quad (1)$$

gdzie:

I_o – wskaźnik odkształcenia podłoża gruntowego, [-]

E_1 – pierwotny moduł odkształcenia, [MPa]

E_2 – wtórny moduł odkształcenia [MPa]

I_s – wskaźnik zagęszczenia,

C_u – wskaźnik uziarnienia,

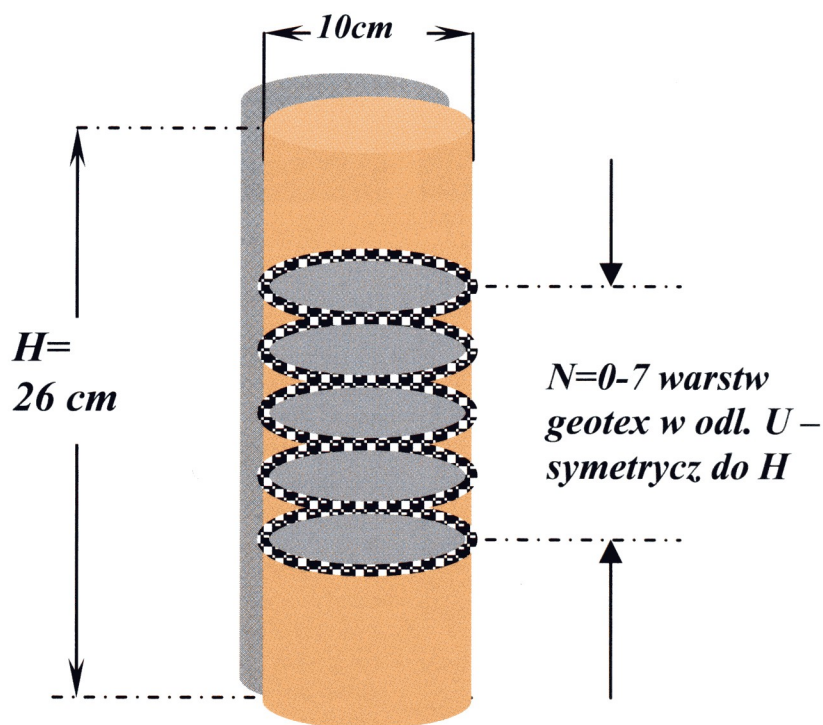
C_c – wskaźnik różnoziarnistości,

$w_{noś}$ – wskaźnik nośności gruntu.

Standardy Id-3 wskazują też na konieczność budowy, w wielu przypadkach, warstw filtracyjnych odseparowanych od podsypki odpowiednimi geotekstylami, w handlu zwanych geowłókninami technicznymi. W sytuacjach niedostatecznej nośności gruntów torowiska należy stosować zabiegi wzmocnienia.

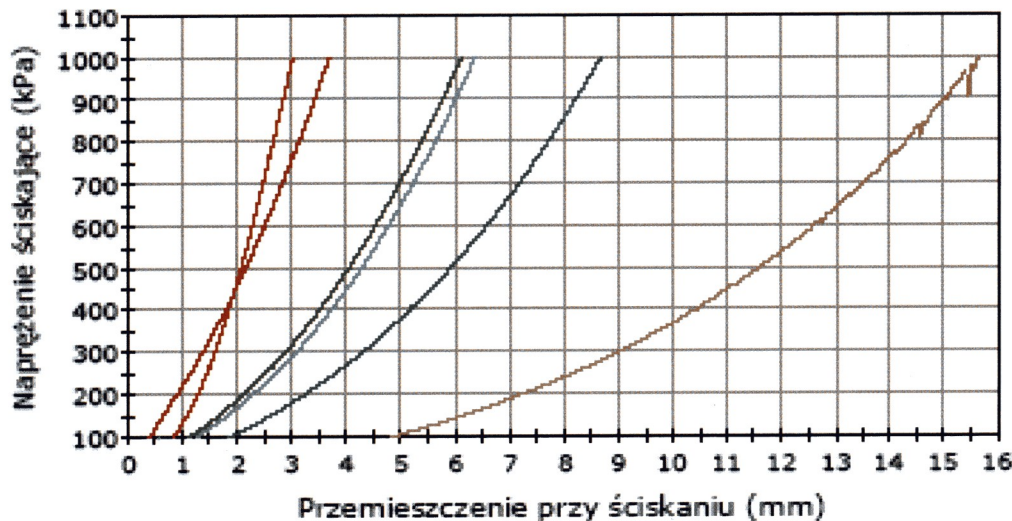
Badania jakości geosyntetycznych zbrojeń gruntów

W wielu przypadkach zachodzi konieczność ulepszenia i stabilizacji gruntowej warstwy torowiska podłoża nawierzchni drogi szynowej spoiwami hydraulicznymi, najczęściej cementem. Analogicznym sposobem ulepszenia podłoża może być wielowarstwowe wzmocnienie geotekstylami. Przeprowadzony program testów laboratoryjnych, w pełnym zakresie przedstawiony w [2], pozwolił określić wskazaną ilość warstw geotekstyliów dla uzyskania odpowiedniego efektu wzmocnienia. Program obejmował pomiary osiadań kilku serii próbek walcowych typu edometrycznego, w nieodkształcalnych pojemnikach, wypełnionych grun-



1. Schemat struktur wypełnień próbek

Próbki 1 do 6



2. Wyniki pomiaru odkształceń pionowych próbek o różnych strukturach wypełnień

tem i zmienną ilością warstw geotekstyliów, wg schematu rys.1. Obciążenie próbek dokonywano w maszynie wytrzymałościowej typu Instron 5567.

Dla sześciu próbek serii pomiarów odkształceń pionowych, z których próbka „1” była wypełniona samym gruntem, uzyskano zapisy cyfrowe i graficzne krzywych osiadań, rys.2. Dokonując odpowiednich aproksymacji określono współczynniki (moduły) podatności dla poszczególnych próbek według formuły (2). W zadany przypadku, przy stałej powierzchni nacisku na próbkę walcową, współczynnik podatności p można określić również jako:

$$p = \frac{\Delta P}{\Delta H} = \tan \alpha \Rightarrow \text{constans} \Rightarrow \text{moduł podatności próbki,} \quad (2)$$

gdzie:

ΔP – przyrost siły obciążającej [kN],

ΔH – zmian wysokości próbki [mm],

α – kąt nachylenia stycznych w przedziale

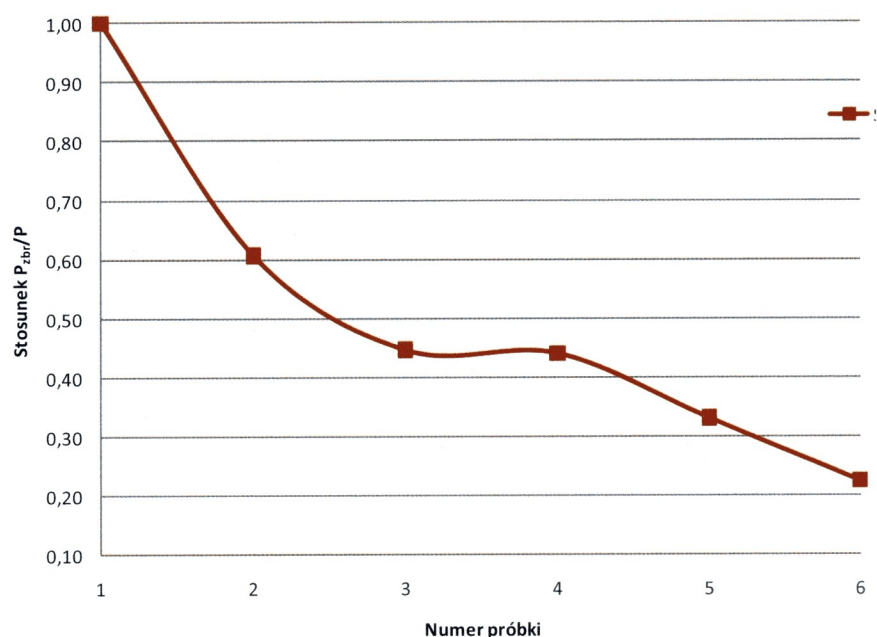
Wyniki obliczeń współczynników podatności oraz stosunki współczynników próbek zbrojonych do podatności porównawczej próbki wypełnionej samym gruntem, zestawiono w tabeli 1.

Z obrazu graficznego tych obliczeń (rys.3) można jednoznacznie ustalić, że pewne ustalenie podatności próbek dla zmiennej ilości warstw geotekstyliów w próbce następuje dla trzech i czterech warstw. Zatem, dwie do trzech warstw należy uznać za optymalną ilość warstw w układzie gruntowym podłożu w ten sposób zbrojonych. Wniosek ten potwierdził się dla pomiarów kilku serii prób z różnymi kombinacjami struktur wypełnień, [2].

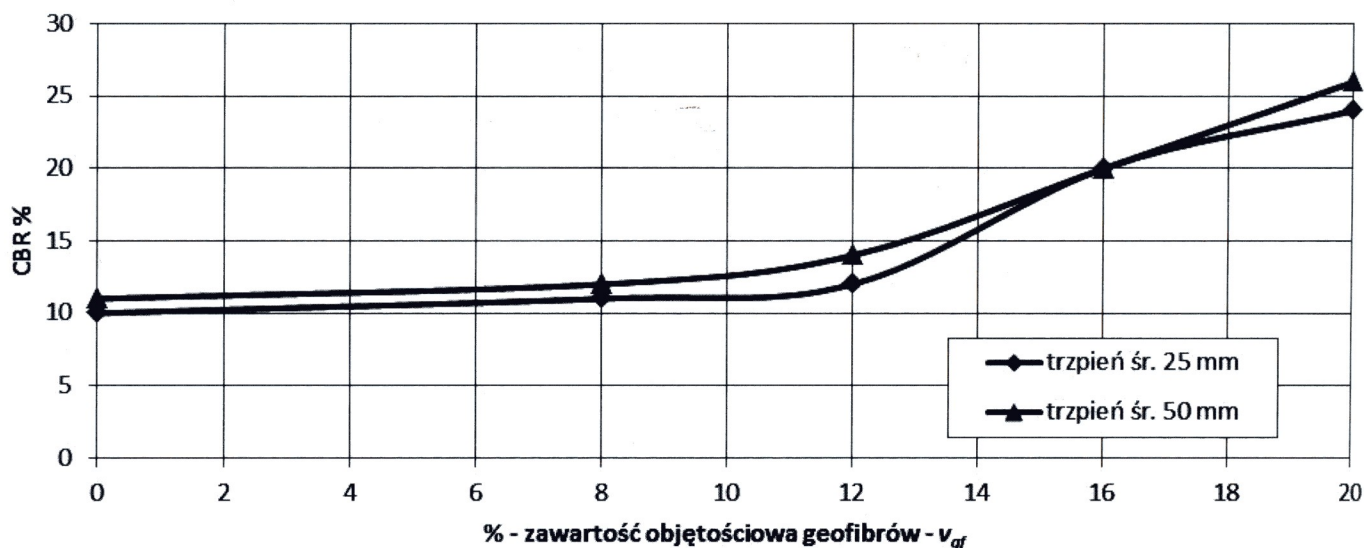
Innego rodzaju materiałem geosyntetycznym są geofibry, występujące jako drobno elementowy materiał syntetyczny. Pełny zakres badań nad fibrogruntami przedstawiono w [3]. Geofibry są produktem ubocznym recyklingu produktów z tworzyw sztucznych i mogą być uważane również jako materiały pochodzenia wtórnego. Fibrogrunty jako mieszanka geofibrów z gruntem mają korzystniejsze parametry nośności od gruntów niezbrojonych. Na podstawie badań własnych można przytoczyć wykres zmian $W_{noś}$ definiowanego jako CBR, w

zależności od zawartości geofibrów w mieszance. Dwadzieścia procent zawartości objętościowej w mieszance fibrogruntowej gwarantuje wysoką jakość nośności, porównywalną z bardzo dobrym gruntem budowlanym o CBR 25 – 30%, rys.4. Tak wysoki wskaźnik nośności oznacza również znaczną mrozoodporność fibrogruntów.

Fibrogrunty nie należą do grupy materiałów kompozytowych, których cechą nie są procesy wiązania chemicznego, a są jedynie mieszanką której jednym z komponentów są geofibry. Z punktu widzenia technolo-



3. Podatność próbek zbrojonych zmienną ilością warstw geotekstyliów



4. Kalifornijski wskaźnik nośności fibrogruntów o zmiennej zawartości geofibrów

Tab.1. Wyniki pomiaru współczynników podatności

Nr próbki	1	2	3	4	5	6
Ilość warstw geotekstylii N	0	1	2	3	5	7
Współczynniki podatności p	0,504	0,306	0,225	0,222	0,167	0,113
Stosunek podatności pr zbr do niezbrojonych p_{zbr}/p	1	0,607	0,446	0,440	0,331	0,224

gicznego mieszanie gruntu z drobnoelementowymi geofibrami jest tak zwanym doziarnieniem gruntów piaszczystych i polega na podobnym procesie jak wykonywanie gruntowych mieszanek o uziarnieniu optymalnym. Zmiana uziarnienia mieszanki jest powodowana zmianą proporcji poszczególnych frakcji w mieszance i wynika z normowego wzoru (3):

$$C_U = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (3)$$

gdzie:

- C_U – wskaźnik uziarnienia mieszanki fibrogruntowej,
- d_{10} – średnica oczek sita, przez które przechodzi 10% gruntu [mm],
- d_{60} – średnica oczek sita, przez które przechodzi 60% gruntu [mm].

Podobnie jak dla mieszanek gruntowych ze spoiwami hydraulicznymi istotne znaczenie w uzyskaniu korzystniejszych parametrów nośności warstw gruntowych ma proces

zagęszczenia. Zmiana własności zagęszczania dla fibrogruntów wynika także z miary kształtu krzywej uziarnienia w stosunku do gruntu bez mieszania z geofibrami. Parametrem kształtu krzywej przesiewu gruntu określającym jego zdolność do zagęszczenia według odpowiedniej normy jest wzór (4):

$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}} \quad (4)$$

gdzie:

- C_c – wskaźnik krzywizny krzywej uziarnienia,
- d_{10} – średnica oczek sita, przez które przechodzi 10% gruntu [mm],
- d_{30} – średnica oczek sita, przez które przechodzi 30% gruntu [mm],
- d_{60} – średnica oczek sita, przez które przechodzi 60% gruntu [mm].

Dla krzywej przesiewu samego gruntu i fibrogruntu można zauważyć, że na przykład przy 20% dodatku geofibrów uzyskujemy zwiększenie średnicy oczek sita d_{60} przez które przechodzi 60% masy całej próbki

gruntu co przy niezmiennych średnicach sit d_{30} i d_{10} plasuje fibrogrunty w grupie lepiej zagęszczanych niż te same grunty bez dodania geofibrów, niezależnie od tego iż zmiana ta będzie o tyle nieznaczna, że w obu przypadkach wskaźnik krzywizny uziarnienia będzie $C_c \approx 2$. Oczywiście jest, że jeżeli odnotujemy w przeprowadzonych testach laboratoryjnych wzrost zawartości frakcji $f_p > 2$ mm, to jest to wynikiem zmiany pozostałych parametrów własności piaszczystych fibrogruntów w zależności od wzrostu zawartości geofibrów w mieszance. Zmiana uziarnienia mieszanek fibrogruntowych w konsekwencji doprowadza do polepszenia własności filtracyjnych mieszanek, co wynika też z warunku filtru Terzagiego podawanego literaturze jako:

$$C_c = \frac{d_{85}}{d_{15}} \geq 2,5 \quad (8)$$

gdzie:

- d_{15} – średnica oczek sita, przez które przechodzi 15% gruntu [mm],

d_{85} - średnica oczek sita, przez które przechodzi 85% gruntu [mm].

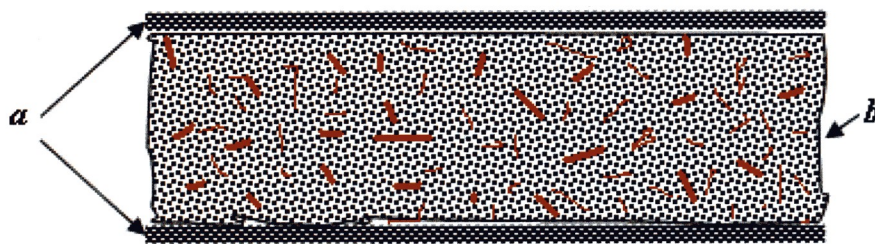
Fakt ten, upoważnia do sugestii możliwości bezpośredniego zastosowania warstw fibrogruntowych jako warstw filtracyjnych w podłożach nawierzchni dróg szynowych. Ponadto, mieszanki fibrogruntowe cechuje $C_u < 10$, co stwarza większą gwarancję eliminacji sufozji warstw filtracyjnych przez wody infiltrujące i spływie wód po ich pochyleniu. W rezultacie, fibrogrunty mogą być dobrym materiałem na warstwy podłoża nawierzchni dróg samochodowych jak i dróg szynowych. Własności filtracyjne i nośności fibrogruntów w pełni wskazują na przydatność takich warstw w podłożach nawierzchni bezpodsypekowych omawianych w [1].

Rekomendowane zastosowanie pakietu geosyntetycznego w podłożach dróg szynowych.

Przedstawione powyżej wyniki badań i testów laboratoryjnych pozwalają na sformułowanie propozycji zastosowania technicznego pakietu zbudowanego z geosyntetyków o różnych właściwościach. Są to geotekstylia, nazywane w handlu geowłókninami i geofibrami. W obu przypadkach są to materiały nie biodegradowalne zaś zastosowanie geofibrów stanowi o charakterystyce proekologicznej tego rozwiązania. Pakiet geosyntetyczny, stanowi układ złożony z dwóch warstw geotekstyliów (a) pomiędzy którymi znajduje się co najmniej 10 cm fibrogruntu (b) jako 20% mieszanki gruntu piaszczystego z geofibrami, które stanowią drobnoelementowy materiał z pociętych odpadów produktów z tworzyw syntetycznych, według rys 5.

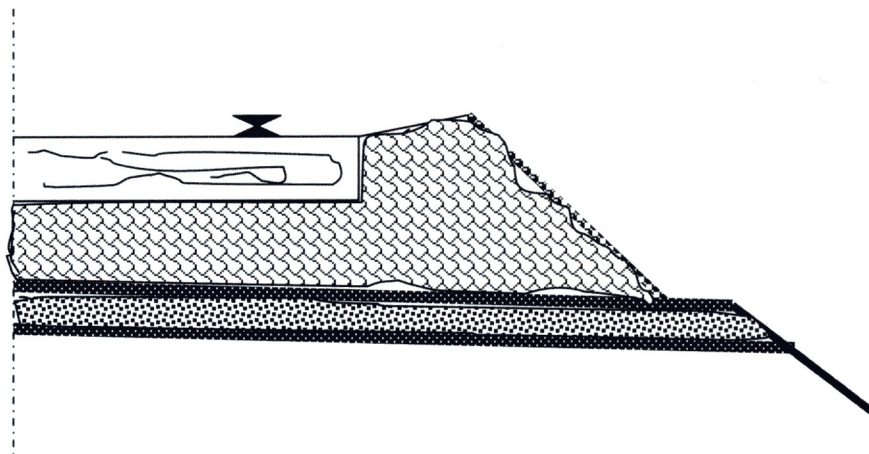
Pakiet wykonywany jest podczas etapu technologii robót budowlanych obejmujących przebudowę odcinka linii kolejowej bądź budowę nowego odcinka, przed budową nawierzchni drogi szynowej. Wbudowanie pakietu powinna być przewidziana w odpowiednim projekcie budowlanym, według schematu rys.6.

Wbudowanie warstwy stanowiącej proponowany pakiet geosyntetyczny w podłożu nawierzchni wpływa na podniesienie wszystkich parametrów podanych w formule (1). Ponadto można się spodziewać, że w znacznym stopniu będą ograniczone niejednorodności podłoża „na długości” odcinków linii, o których mowa w [4]. ◀



a – geowłóknina drogowa, b – fibrogrunt 20%, mieszanka

5. Układ pakietu geosyntetycznego rekomendowanego do zastosowania w torowiskach



6. Położenie montażowe pakietu geosyntetycznego w przekroju drogi szynowej

Materiały źródłowe:

- [1] Frühauf W., Schmitt Ch., Schollz M., Röder A., Stoiberer H.; Konstrukcje ziemne dla nawierzchni bezpodsypekowych na trasach kolei dużych prędkości. Przegląd Komunikacyjny, 7-8, 2010, str. 35 – 41.
- [2] Gradkowski K. Badania nad strukturami planarnego zbrojenia geotekstylami gruntowych podłoży nawierzchni dróg. Magazyn Autostrady, nr 5/2011, str. 52 do 58.
- [3] Gradkowski K. Właściwości geotechniczne fibrogruntu jako materiału ulepszonych podłoży nawierzchni. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 2/2011, str.121 do 130
- [4] Skrzyński E., Dąbrowski A., Sztywność i nośność torowiska po modernizacji nawierzchni. Przegląd Komunikacyjny, 7-8, 2010, str. 44 - 48