

GEOSIATKI KOMÓRKOWE W BUDOWNICTWIE KOMUNIKACYJNYM

Kazimierz Kłosek

dr hab.inż. prof.nzw. Pol.Śl., Katedra Dróg i Mostów, Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska, 44-100 Gliwice, ul.Akademicka 5, tel. +48 32 237 1186, e-mail: klosekkpolsl@op.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono podstawowe informacje związane z wykorzystaniem geosiatek komórkowych w budownictwie komunikacyjnym, oraz przyczyny dotychczasowych ograniczeń w ich wykorzystaniu z uwagi na parametry wytrzymałościowe surowców służących do ich produkcji. Przedstawiono kierunki modyfikacji tych parametrów co dotyczy w głównej mierze określenia wytrzymałości długotrwałej oraz limitowanej wydłużalności surowców bazowych.

Słowa kluczowe: geosyntetyki, geosiatki komórkowe (geoweb)

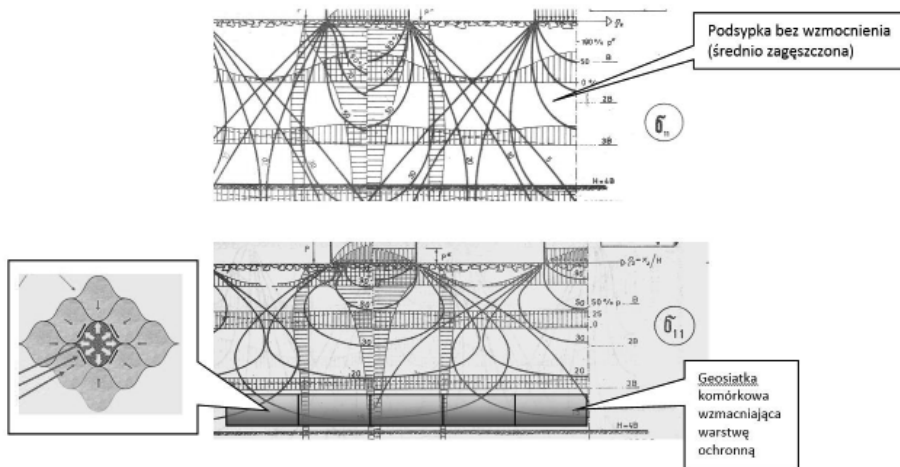
1. Wstęp

Przed 15 laty po raz pierwszy na sieci PKP wykonano prototypowe stanowisko badawczo pomiarowe na intensywnie eksploatowanej linii, celem oceny możliwości zwiększenia nośności słabo nośnego podtorza wzmocnionego geowebem. Zakres prac obejmował pomiary i badania terenowe nawierzchni [11], sprowadzające się głównie do rejestracji procesu kumulacji odkształceń trwałych niwelety szyn w obrębie rozjazdów na podrojazdnicach betonowych oraz na przyległych odcinkach torów szlakowych. Badania te poprzedziły analizy nośności podtorza, w których wykorzystano - w tamtym okresie czasu - również po raz pierwszy na PKP metody badań geofizycznych z wykorzystaniem georadaru.

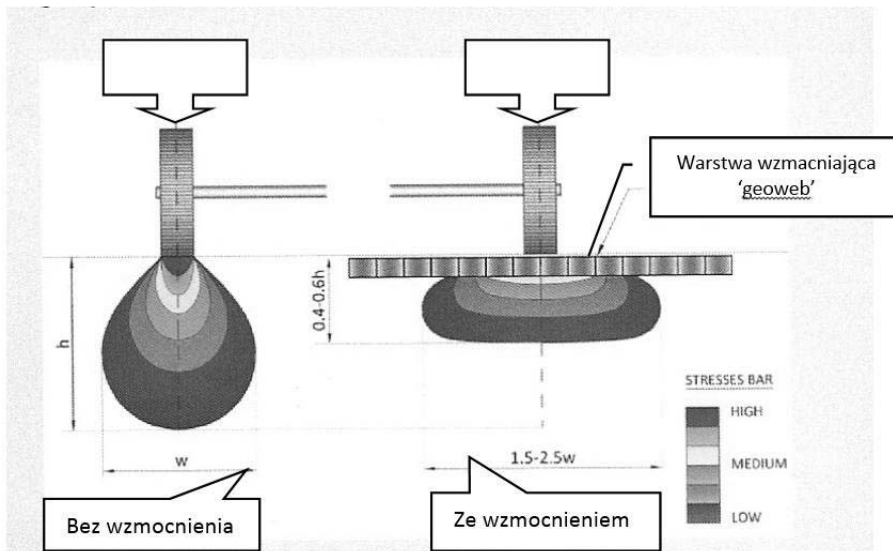
Równoległe z powyższymi pracami terenowymi podjęto badania i pomiary laboratoryjne w skali naturalnej [2, 3, 7, 11]. Zakres badań laboratoryjnych dotyczył typowych przypadków zabudowy geowebu w podtorzu, przy różnych systemach obciążeń zewnętrznych symulujących obciążenie taborem samochodowym (rys. 2-3), jak i rusztem torowym (rys. 1). Parametrami zmiennymi pozostawały: poziom lokalizacji wzmocnienia, wpływ geotekstyli na wzrost nośności geowebu, natomiast parametrami wynikowymi były głównie pomiary osiadań dla obciążeń cyklicznych oraz nośność graniczna podłoża. Analizy numeryczne problemu polegały na weryfikacji dotychczasowych, uproszczonych modeli obliczeniowych, oraz ich rozbudowie adoptowanej dla potrzeb systemu¹. Istota wzmocnienia, polegająca na ograniczeniu swobody poprzecznych deformacji materiału podłoża w warun-

¹ Zwanego alternatywnie: maty lub geosiatki komórkowe.

kach obciążeń pionowych nawierzchni sprzyja znacznemu ograniczeniu naprężeń normalnych przekazywanych na słabo nośne podtorze [6, 9, 10].



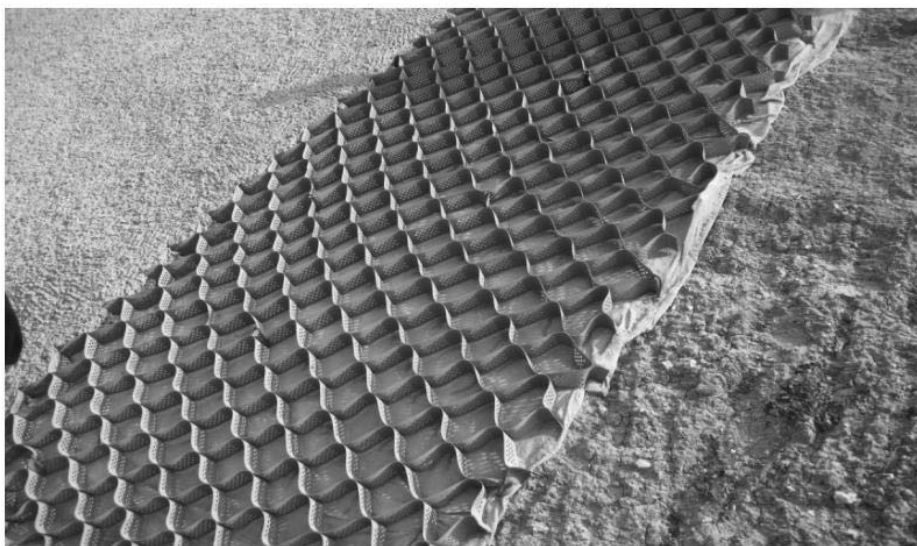
Rys.1. Istota wzmocnienia podłoża podkładów poprzez redystrybucję naprężeń normalnych.



Rys.2. Redystrybucja naprężeń normalnych w podłożu drogowym wzmocnionym geowebem i bez wzmocnienia.



Rys.3. Nawierzchnia nabrzeża z podłożem wzmocnionym kilkoma warstwami geowebu.



Rys.4. Stabilizacja skarp i uszczelnianie powierzchni (Tab. 1) poprzez zalewanie geowebu betonem.

2. Funkcje geowebu w budownictwie komunikacyjnym

Najczęściej przypisane poszczególnym rodzajom geosyntetyków funkcje przedstawiono w Tab. 1. Geoweb spełnia wymogi większości z tych wymogów [1, 5, 8, 12, 15].

Tabela 1. Funkcje geosyntetyków

Funkcja	Rodzaj stosowanego materiału geosyntetycznego
Filtracja	Geowłókniny: igłowane, przesywane, klejone termicznie i chemicznie; geotkaniny. Geoweb perforowany
Drenaż	Geodreny, geowłókniny igłowane i przesywane, geokompozyty przepuszczalne.
Wzmacnianie	Georuszty, geosiatki bezwęzłkowe, geokompozyty, geowłókniny igłowane i przesywane, geotkaniny. Geoweb (nowej generacji) - rys. 4
Wzmacnianie przeciwerone	Geosiatki komórkowe, geomaty, gęste geosiatki bezwęzłkowe, geowłókniny igłowane i przesywane, geotkaniny, geokompozyty przepuszczalne. Geoweb (rys. 4)
Uszczelnianie	Geomembrany jednowarstwowe i wielowarstwowe, bentomaty, geomembrany bentonitowe. Geoweb + beton (rys. 4)
Separacja	Geowłókniny igłowane, przesywane, klejone termicznie i chemicznie, geotkaniny, gęste geosiatki bezwęzłkowe, czasami cienkie geomembrany. Geoweb
Ochrona	Geowłókniny igłowane, przesywane, klejone termicznie i chemicznie, geotkaniny. Geoweb (rys. 4)

W budownictwie komunikacyjnym geosyntetyki znajdują obecnie zastosowanie między innymi do:

- rozdzielenia poszczególnych warstw nośnych konstrukcji nawierzchni, przez co następuje stabilizacja, wzmocnienie i zabezpieczenie leżących na geosyntetyku warstw konstrukcji oraz ułatwienie poziomego odprowadzenia wody,
- stabilizacji przeciwerozyjnej skarp, i odwodnienia powierzchniowego,
- stabilizacji i wzmocnienia podtorza kolejowego,
- stabilizacji i wzmocnienia nasypów oraz przekopów kolejowych,
- wzmocnienia słabonośnego i górniczego podłoża gruntowego konstrukcji nawierzchni

Geosyntetyki użyte jako warstwa wzmacniająca i rozdzielająca pozwalają na:

- znaczną oszczędność materiałów przeznaczonych do budowy nawierzchni i górnych warstw podtorza, poprzez redukcję grubości tych warstw,
- użycie materiałów o niższej nośności,
- wyższą, stale utrzymywaną nośność, zastosowanych do budowy nawierzchni materiałów,
- dłuższy okres eksploatacji użytkowanej linii.

Sz szczególnie uzasadnioną możliwością zastosowania geosyntetyków w budownictwie komunikacyjnym, jest ich wykorzystanie jako elementu wzmocnienia górniczego podtorza gruntowego podatnej konstrukcji nawierzchni drogi szynowej.

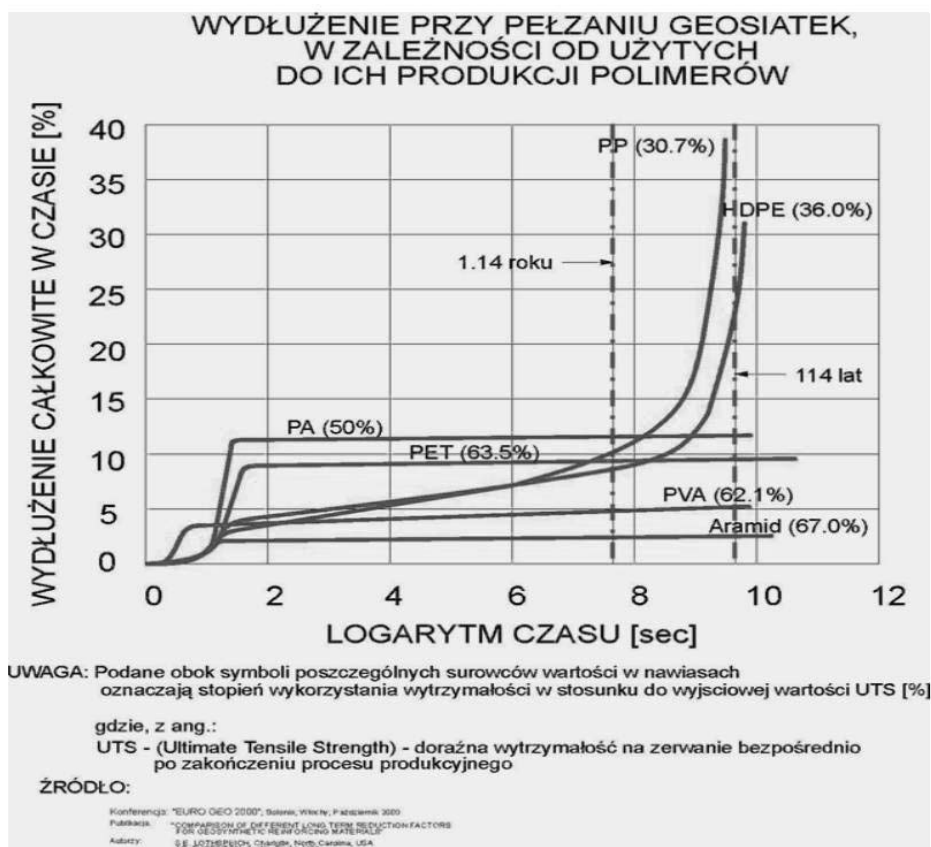
Geneza wzmocnień słabo nośnego podłoża przy wykorzystaniu geowebu wywodzi się z zastosowań inżynierii wojskowej do budowy dróg na terenach pustynnych (piaszczystych).

Komórkowa struktura przestrzenna czyni go szczególnie przydatnym w przypadku konieczności ograniczenia swobody poprzecznej odkształcalności gruntu (lub innego materiału) „uwięzionego” w ograniczonej przestrzeni pojedynczej komórki otoczonej obwodowo polimerową taśmą o zmiennej, w zależności od asortymentu, grubości jak i szerokości. W dotychczasowych rozwiązaniach dominował polipropylen-PP lub HDPP).

Uznaje się, że jest to struktura przydatna głównie w trakcie budowy dróg lub kolei na etapie formowania ochronnych warstw sypkich, jak i w celu ułatwienia transportu warstw kruszyw. Funkcja techniczna wyrobu kończy się w tym przypadku na etapie zakończenia robót budowlanych.

Wyrób nie był dotąd przeznaczony do wbudowania w podłoże nasypów celem ich wzmocnienia, głównie z uwagi na niską wytrzymałość długotrwałą surowca, co wynikało ze znacznej redukcji jego wytrzymałości w funkcji czasu i działającego w sposób ciągły obciążenia stycznego w strefach przyskarpowych (grawitacyjnego). Dodatkowym elementem osłabiającym ten materiał są zgrzewy połączeń lub mechaniczne łączniki na stykach taśm kolejnych segmentów.

Należy podkreślić, że fakt posiadania tzw. Aprobat Technicznych na wybrane grupy geosyntetyków, nie jest równoznaczny z dokumentem dopuszczającym wyrób do obrotu i stosowania w budownictwie komunikacyjnym (Dz.U. nr 207 z 2003r poz.2016), co regulują odrębne przepisy.



Rys.5. Wydłużenie geosyntetyków przy pełzaniu dla różnych materiałów bazowych (polimerów)

Należy zwrócić uwagę na znaczną wydłużalność niektórych materiałów bazowych (polimerów), co w szczególności dotyczy polipropylenów (PP). Będzie to ograniczało w istotnym zakresie ich skuteczność jako elementu zbrojenia podłoża

konstrukcji nawierzchni dróg szynowych, zwłaszcza na terenach górniczych. Odształcalność (wydłużalność) zbrojenia nie zabezpieczy leżących powyżej warstw nawierzchni przed analogicznymi odształceniami jednostkowymi, co może przyczynić się do przyspieszonego narastania deformacji niwelety.

W zakresie obliczeń dotychczasowy system bazujący na metodzie globalnego współczynnika bezpieczeństwa 'GWB' jest obecnie zastępowany w formie tzw. załączników narodowych (do EC7) systemem nowym, bazującym na metodzie stanów granicznych 'SG'. W odniesieniu do geosyntetyków obie metody wymiarowania są bardzo konsekwentne, zalecając w zakresie określania obliczeniowej wartości wytrzymałości na rozciąganie korzystać z zależności:

$$\text{metoda GWB} \Rightarrow \quad F_d = F_{Bk0} / (A_1 A_2 A_3 A_4 \gamma) \quad (1)$$

$$\text{metoda SG} \Rightarrow \quad F_{Bd} = F_{Bk0} / (A_1 A_2 A_3 A_4 \gamma_B) \quad (2)$$

gdzie:

$A_{1...4}$ – niezależne od metody wymiarowania współczynniki materiałowe charakteryzujące:

A_1 – pełzanie (dla PP-polipropylenu i PEHD-polietylenu wysokiej gęstości $> A_1 = 5,0$, PA - poliamidu, PES-poliestru, PVA-polivinyloalkoholu, Aramidu $> A_1 = 2,5$),

A_2 – uszkodzenia mechaniczne na budowie (grunty drobnoziarniste $A_2 = 1,5$, żwirowe $A_2 = 2,0$, kamieniste $A_2 = >$ wg badań polowych),

A_3 – utrata wytrzymałości na połączeniach,

A_4 – wpływ środowiska wodno-gruntowego (PA $> A_4 = 3,3$; PP i PEHD $> A_4 = 3,3$; PVA i PES $> A_4 = 2,0$),

F_{Bk0} – wartość charakterystyczna, krótkoterminowa (UTS) wytrzymałości na rozciąganie wg EN ISO PL 10319, deklarowana dla poziomu ufności 95%,

γ – współczynnik bezpieczeństwa materiałowego, w metodzie GWB $\Rightarrow \gamma = 1,75$

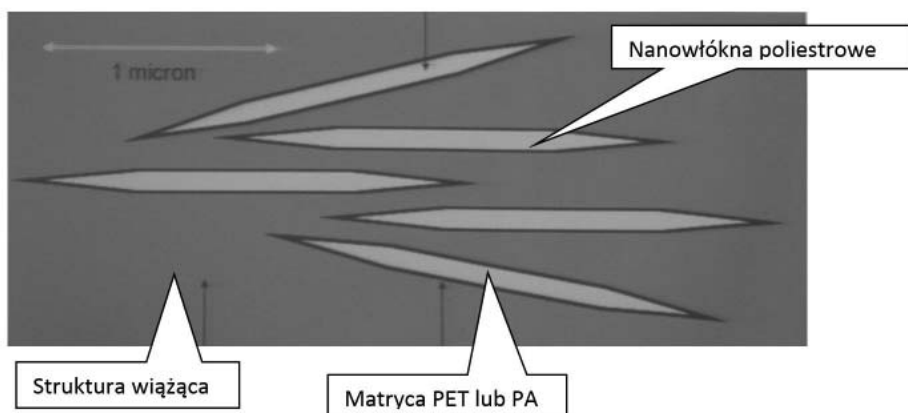
$\gamma_B = >$ współczynnik bezpieczeństwa materiałowego, w metodzie SG $\Rightarrow \gamma_B = 1,4$ dla stanu podstawowego obciążeń,

$\gamma_B = 1,3$ dla stanu budowlanego,

$\gamma_B = 1,2$ dla stanu wyjątkowego.

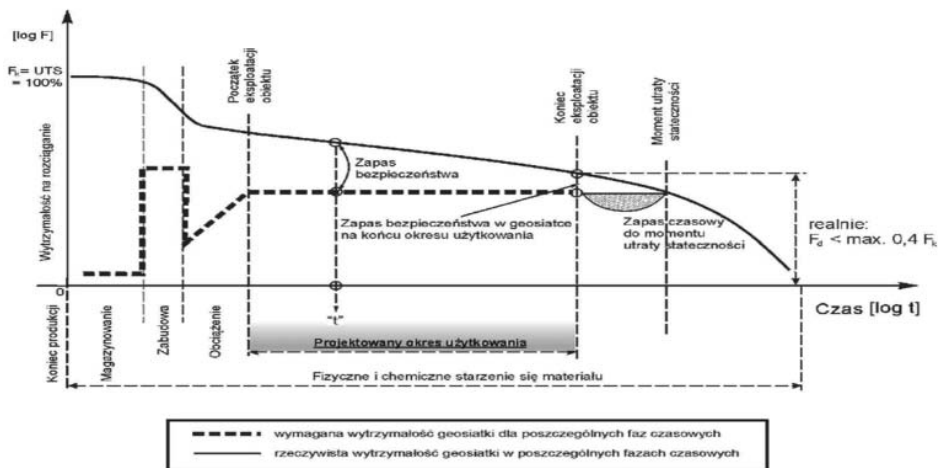
W zależności od metody (systemu normowego) dany materiał geosyntetyczny może zatem cechować dość znacznie zróżnicowana wartość liczbowa wytrzymałości obliczeniowej F_d / F_{Bd} .

Eliminacja tych wad i ograniczeń polega na poszukiwaniu nowych struktur chemicznych eliminujących w głównej mierze pełzanie, jako podstawową wadę dotąd stosowanych polimerów, zwłaszcza PP lub HDPE. Przykładem takiej struktury jest przedstawiony poniżej schemat materiału, w którym funkcję nośną spełniają nanowłókna poliestrowe zatopione w strukturze wiążącej (rys. 6).



Rys. 6. Przykład Nano technologii w kształtowaniu geosyntetyków nowej generacji

Wykorzystanie w/w typów polimerów do produkcji geowebu nowej generacji ma już obecnie miejsce. Ich znacznie wyższą wytrzymałość długotrwałą ilustruje rys. 7 poprzez mniejszą zmienność wytrzymałości w czasie i jej korzystniejszy wpływ na redukcję zapasu bezpieczeństwa konstrukcji nawierzchni i podtorza.



Rys. 7. Zmienność wytrzymałości geosyntetyków w czasie i jej wpływ na redukcję zapasu bezpieczeństwa konstrukcji nawierzchni i podtorza

3. Wnioski

Geosiatki komórkowe (geoweb) nowej generacji nie są już geosyntetykiem o tymczasowym przeznaczeniu, którego funkcja użytkowa zanika po zakończeniu robót budowlanych. Fakt ten może zwiększać w sposób istotny zakres stosowalności tych geosyntetyków, głównie z uwagi na znacznie wyższą wytrzymałość długo-

trwałą jak i mniejsze odkształcenia tego materiału w warunkach stałych obciążeń. Zakres jego możliwych zastosowań nie ogranicza się tylko do gruntów piaszczystych w warunkach pustynnych, lecz może być poszerzony na inne warunki słabo nośnego podłoża, również w budownictwie kolejowym na różnych etapach modernizacji i wzmacniania podtorza wraz ze skarpami, odwodnienia powierzchniowego, dróg, itp.

Literatura

- [1] ATSF tests grid system for track stabilization. Progressive Railroading, 1987.
- [2] Bathurst R.J., Raymond P, Jarrett P.M., Performance of geogrid-reinforcement ballast railroad track support. 3-rd Int.Conf. on Geotextiles, Vienna, 1986, str.43-48.
- [3] Bathurst R.J., Karpurapu R., Large-scale triaxial compression testing of geocell-reinforced granular soils. Geotechnical Testing Journal, 1993, str.296-303.
- [4] Emersleben A., Operating Principles of Cellular Confinement Systems. TU Clausthal, 2010.
- [5] Geoweb Grid Confinerment Systems: Technical data, Presto products, Inc., Appleton, 1985.
- [6] Gryczmański M., Kłosek K., Sękowski J., Wykorzystanie współczesnych metod wzmacniania gruntów dla celów utrzymania dróg kolejowych. Mat. IV Krajowej Konf. Nauk. Drogi Kolejowe, Jachranka/k. Warszawy, 1987, str.7-22.
- [7] Izvolt L., Drusa M., Navrh kolajoveho lozka na vysluzenom podlozi bunkovym systemom Geoveb (Projekt podsypki torowej na slabym gruncie z wykorzystaniem Geowebu tl.) Vysoka Skola Dopravy a Spojov, Žilina, 1996.
- [8] Jędrzejewski T., Kessler A., Martin S., Senf D., Zastosowanie komórkowego systemu ograniczającego jako nowej, przyjaznej dla środowiska technologii do stabilizacji gruntów. Kraj. Konf. IOŚ-PAN, Kraków, 1996.
- [9] Kłosek K., Efficiency of geosynthetic strengthening of railway bed in conditions of dynamic reactions of vehicles. Proc. of the Int. Symp. on „Application of geosynthetic technology”, Jakarta, 1992, str I/07-12.
- [10] Kłosek K., The diagnostic of new permanent way type under conditions of great service load of rolling stock. Int. Heavy Haul Ass. Conf. on „Freight Car Truck- Bogies”, Montreal, 1996.
- [11] Kłosek K., Gad P., Using geoweb for reinforcing weak load-bearing subgrade in turnouts in sub-turnouts made of prestressed concrete. Summary of Railroad related Research Involving the Geoweb Cellular Confinement System. PRS Mediterranean Ltd., 1999.

-
- [12] Motak E., Rawicki Z., Sprawozdanie z badań nośności złącza w sekcjach komórkowego systemu ograniczającego „presto geoweb”. Kraków, 1996 (maszynopis).
- [13] Presto Products Company: Technical Literature on the Geoweb Cellular Confinement System. 1985-1996.

