

Wpływ geosyntetyków na sztywność torowiska

Marek Krużyński, Dorota Pająk

Celem badań było ustalenie wpływu odkształcalności warstw geosyntetyków separacyjnych umieszczonych pomiędzy warstwami gruntu tworzącymi górną strefę podtorza na sztywność torowiska. Sztywność torowiska jest bardzo istotnym parametrem kontrolnym w jakości użytych materiałów i wykonanych robót w procesie napraw i modernizacji podtorza kolejowego.

Jako geosyntetyki separacyjne stosuje się zwykle geowłókniny o różnej grubości i odkształcalności. Stwierdzono, że rodzaj zastosowanej geowłókniny jako warstwy separacyjnej ma istotny wpływ na sztywność torowiska.

Artykuł recenzowany zgodnie z wytycznymi MNiSW

data zgłoszenia do redakcji: 25.10.2012

data akceptacji do druku: 15.11.2012



dr hab. inż.
Marek Krużyński
Politechnika Wrocławska
Instytut Inżynierii Lądowej
Zakład Infrastruktury
Transportu Szynowego
marek.kruzynski@pwr.wroc.pl



mgr inż. Dorota Pająk
doktorantka w Instytucie
Inżynierii Lądowej
Politechniki Wrocławskiej
dorota.pajak@pwr.wroc.pl

Cel i zakres badań

Celem badań było ustalenie wpływu odkształcalności warstw geosyntetyków separacyjnych umieszczonych pomiędzy warstwami gruntu tworzącymi górną strefę podtorza na sztywność torowiska. W ramach tematu badawczego wykonano serię badań doświadczalnych w laboratorium. Badania polegały na pomiarach sztywności torowiska aparaturą VSS z zastosowaniem różnych grubości warstwy ochronnej z mieszanki kruszyw melałfirowych (niesort). Warstwa ochronna była układana na geowłókninie o zróżnicowanych parametrach. Jako podłoże warstwy geowłókniny zastosowano płytę gumową o odkształcalności 66,20 MPa. Cały model stanowił układ ww. warstw umieszczonych w pojemniku wykonanym z tworzywa sztucznego PEHD o średnicy wewnętrznej $\varnothing=80$ cm i wysokości 52 cm. W ramach serii wykonano badania odkształcalności:

- podłoża warstwy geowłókniny separacyjnej,
- trzech rodzajów warstwy ochronnej podłoża o grubościach 15 cm, 25 cm, 35 cm na podłożu bez geowłókniny, po 3 powtórzenia,
- układów złożonych z pięciu różnych geowłóknin i trzech grubości warstwy ochronnej wykonanej z mieszanki kruszyw melałfirowych.

Łącznie wykonano 57 oznaczeń modułu odkształcenia modelu torowiska na górnej powierzchni warstwy ochronnej oraz poszczególnych elementów przyjątego modelu.

Opis modelu badawczego

Model badawczy został wykonany w postaci pojemnika z tworzywa sztucznego PEHD o średnicy wewnętrznej $\varnothing=80$ cm i wysokości 52 cm. Pojemnik ustawiano na płycie gumowej ułożonej na sztywnym podłożu (rys. 1 i 2).

Badania wykonano za pomocą płyty VSS. Na dnie pojemnika umieszczano arkusze geowłóknin o grubościach: 1,3 mm, 1,4 mm, 2,5 mm, 3,0 mm, 4,0 mm, a na geowłókninie niesort o miąższościach: 15 cm, 25 cm, 35 cm.



1. Stanowisko do badań sztywności torowiska

Opis badań

Model obciążano w zakresie do 0,35 MPa płytą sztywną o średnicy 30 cm (aparat VSS do oznaczania modułu odkształcenia gruntu) (rys. 3 i rys. 4).

Niesort po zasypaniu do pojemnika był zagęszczany każdorazowo warstwami przy pomocy wibratora elektrycznego w czasie około 60 sekund, co dawało w przybliżeniu stałe zagęszczenie o wymaganej wartości wskaźnika $I_s = 1,0$ [1].

Kontrolowana i utrzymywana na stałym poziomie była również wilgotność kruszywa i wynosiła od 10% do 14% (wilgotność optymalna niesortu melałfirowego wynosi w przybliżeniu 12%).

Zostały przeprowadzone następujące badania polegające na każdorazowym oznaczeniu modułu odkształcenia dla następujących elementów modelu (po trzy powtórzenia):

- płyta gumowa stanowiąca podłoże geowłókniny separacyjnej,
- warstwa niesortu o gr. 15 cm ułożona na płycie gumowej bez geowłókniny,



2. Pojemnik do badań



3. Aparatura VSS do oznaczania modułu odkształcenia



4. Płyta statyczna VSS do badania modułu odkształcenia

- warstwa niesortu o gr. 25 cm ułożona na płycie gumowej bez geowłókniny,
- warstwa niesortu o gr. 35 cm ułożona na płycie gumowej bez geowłókniny.

Przeprowadzono również badania 15 modeli w całości wykonanych z kombinacji różnych geowłóknin i różnych grubości warstwy ochronnej.

Modele:

1. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 15$ cm na geowłókninie typu I ($h_w = 4,0$ mm).
2. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 25$ cm na geowłókninie typu I ($h_w = 4,0$ mm).
3. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 35$ cm na geowłókninie typu I ($h_w = 4,0$ mm).
4. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 15$ cm na geowłókninie typu II ($h_w = 3,0$ mm).
5. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 25$ cm na geowłókninie typu II ($h_w = 3,0$ mm).
6. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 35$ cm na geowłókninie typu II ($h_w = 3,0$ mm).
7. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 15$ cm na geowłókninie typu III ($h_w = 2,5$ mm).
8. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 25$ cm na geowłókninie typu III ($h_w = 2,5$ mm).
9. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 35$ cm na geowłókninie typu III ($h_w = 2,5$ mm).
10. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 15$ cm na geowłókninie typu IV ($h_w = 1,4$ mm).
11. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 25$ cm na geowłókninie typu IV ($h_w = 1,4$ mm).
12. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 35$ cm na geowłókninie typu IV ($h_w = 1,4$ mm).
13. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 15$ cm na geowłókninie typu V ($h_w = 1,3$ mm).
14. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 25$ cm na geowłókninie typu V ($h_w = 1,3$ mm).
15. Warstwa ochronna o grubości $h_n = 35$ cm na geowłókninie typu V ($h_w = 1,3$ mm).

Łącznie wykonano 57 oznaczeń modułów odkształcenia.

Analiza wyników badań

W celu dokonania analizy wyników przeprowadzonych w laboratorium badań obliczono dla każdego z nich moduł odkształcenia i wskaźnik odkształcenia według zależności: Moduł odkształcenia E_0 :

$$E_0 = 0,75 \cdot D \cdot \frac{\Delta p}{\Delta s} \quad (1)$$

gdzie:

Δp - różnica nacisków w przedziale od 0,10 do 0,25 [MPa];

Δs - przyrost osiadań odpowiadający tej różnicy nacisków w [mm];

D - średnica płyty w [mm].

Wskaźnik odkształcenia I_0 : $I_0 = \frac{E_2}{E_1} \quad (2)$

gdzie:

I_0 - wskaźnik odkształcenia liczba mianowana;

E_2 - wtórny moduł odkształcenia;

E_1 - pierwotny moduł odkształcenia;

Uzyskane wyniki obliczeń porównano ze sobą i opracowano wykresy zależności tych parametrów (jako wartości średnie z trzech oznaczeń) od charakterystycznych cech modelu:

$\bar{E}_0 = f(h_w)$ dla poszczególnych grubości warstwy ochronnej h_n .

Wyniki zmienności modułu odkształcenia $\bar{E}_0$ przedstawiono na wykresach (rys. 5).

Podobnie opracowano wykresy zależności średniej wartości modułu odkształcenia od miąższości warstwy ochronnej dla różnych rodzajów geowłókniny:

$\bar{E}_0 = f(h_n)$ dla poszczególnych grubości warstwy geowłókniny h_w .

Wyniki przedstawiono na wykresach (rys. 6).

Wyniki zmienności wskaźnika odkształcenia I_0 przedstawiono na wykresach (rys. 7 i 8).

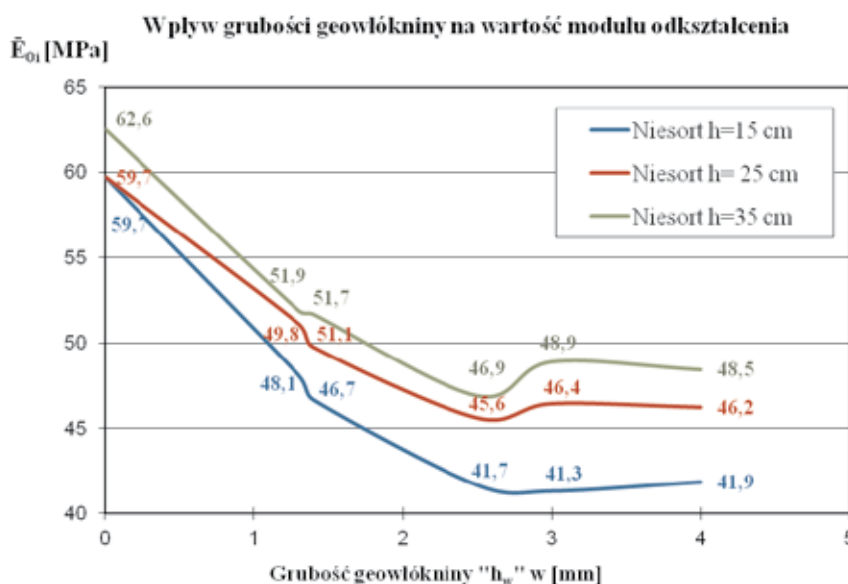
$\bar{I}_0 = f(h_w)$ dla poszczególnych grubości warstwy ochronnej h_n .

$\bar{I}_0 = f(h_n)$ dla poszczególnych grubości warstwy geowłókniny h_w .

Podsumowanie i wnioski

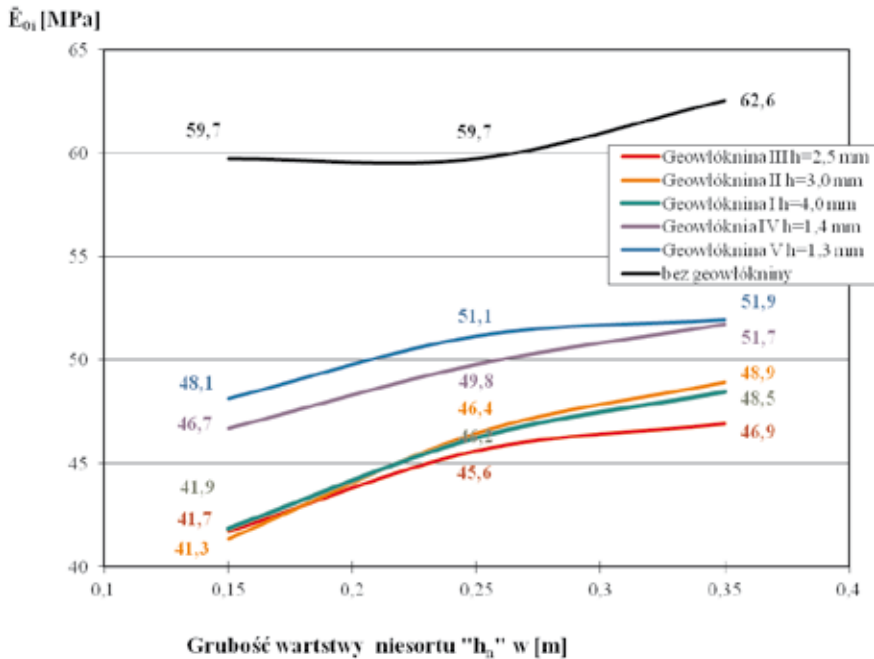
Badania wpływu odkształcalności geowłókniny separacyjnej, występującej w przyjętym modelu bezpośrednio pod warstwą ochronną z mieszanki kruszyw melafirowych i oddzielającej tę warstwę od podłoża, na sztywność torowiska, które reprezentuje górna powierzchnia warstwy ochronnej, przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych. Umożliwiło to zapewnienie powtarzalności warunków badań takich jak: temperatura otoczenia, odkształcalność poprzeczna modelu, wilgotność powietrza i odkształcalność podłoża.

Dołożono również wszelkich starań, aby zapewnić stałą wilgotność gruntu w modelu podtorza, zbliżoną do wilgotności optymalnej i jednakowy stopień zagęszczenia odpowiadający maksymalnemu, uzyskiwanemu w badaniach Proctora. Okazało się to możliwe z tolerancją około 2,5%. Występujące podczas



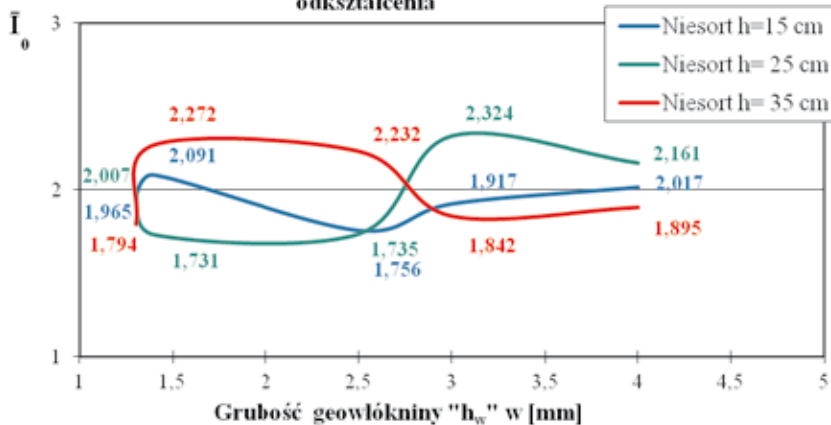
5. Wpływ grubości geowłókniny h_w na wartość modułu odkształcenia dla różnych grubości warstwy ochronnej

Wpływ grubości warstwy ochronnej na wartość modułu odkształcenia



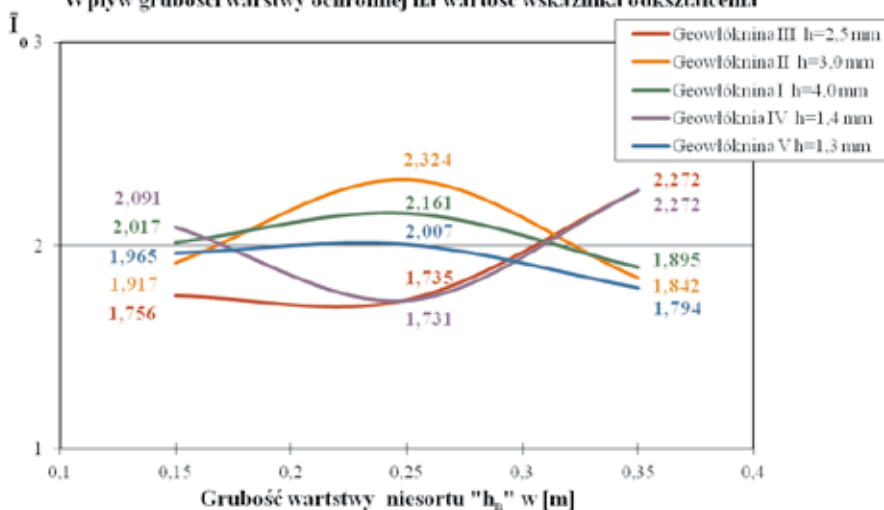
6. Wpływ grubości warstwy ochronnej h_n na wartość modułu odkształcenia

Wpływ grubości geowłókniny na wartość wskaźnika odkształcenia



7. Wpływ grubości geowłókniny h_w na wartość wskaźnika odkształcenia

Wpływ grubości warstwy ochronnej na wartość wskaźnika odkształcenia



8. Wpływ grubości geowłókniny h_w na wartość wskaźnika odkształcenia

badan odchyłki od wilgotności optymalnej i maksymalnego zagęszczenia spowodowały różnice uzyskanych wartości wyników pomiarów modułu odkształcenia sięgające w niektórych przypadkach dla trzech powtórzeń nawet 20%.

Badania, w których stwierdzono największe rozrzuty wyników będzie należało powtórzyć, ponieważ przyjęcie wartości średnich z tych wyników do analizy zmniejszyło w niewielkim stopniu jej rezultaty. Uwzględniając te niedokładności można jednak na podstawie przeprowadzonych badań wyciągnąć uogólniające wnioski.

Wnioski:

1. Z badań i analiz wynika, że wpływ grubości geowłókniny na wartość odkształcenia torowiska jest istotny szczególnie w zakresie wzrostu grubości geowłókniny od $h_w = 1,3$ mm do $h_w = 2,5$ mm. Wraz ze wzrostem grubości geowłókniny w tym zakresie wartość modułu mierzonego na torowisku obniża się o około 7 MPa. Już samo zastosowanie warstwy geowłókniny separacyjnej, nawet tej najcieńszej, w znaczącym stopniu spowodowało obniżenie wartości modułu odkształcenia mierzonego na torowisku, nawet do 12%.
2. Wpływ grubości warstwy geowłókniny na sztywność torowiska zależy również od grubości warstwy niesortu. Przy wzroście grubości warstwy od 0,15 m do 0,35 m moduł odkształcenia torowiska rośnie o około 5 MPa. Ten wzrost wartości modułu wynosi od 5,0 MPa do 7,5 MPa.
3. Grubość warstwy geowłókniny i grubość warstwy ochronnej nie mają jednoznacznego wpływu na wskaźnik odkształcenia reprezentujący zagęszczenie niesortu. Wielkość zagęszczenia zależy prawdopodobnie w większym stopniu od wilgotności kruszywa i niewielkich różnic w procedurze zagęszczania. Niemniej jednak uzyskane wartości zmieniające się w zakresie od 1,73 do 2,32 potwierdzają bardzo dobre zagęszczenie gruntu w badanym modelu reprezentowane przez wskaźnik zagęszczenia $I_s = 1,0$.

Materiały źródłowe

- [1] Id-3 „Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego”, PKP PLK S.A., Warszawa 2009r.
- [2] Krużyński M., Pająk D., Zima G.: „Separacja warstw podtorza geowłókniną” Przegląd Komunikacyjny, Nr 9-10, 2010r.
- [3] Skrzyński E.: „Podtorze Kolejowe”, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2010r.
- [4] Protokoły z badań laboratoryjnych wpływu odkształcalności geowłókniny separacyjnej na sztywność torowiska kolejowego.