

OBLICZENIA WSKAŹNIKA STATECZNOŚCI NASYPU Z GRANULATU POPIOŁOWEGO

Krzysztof GÓRSKI,
Politechnika Opolska, Opole
Marek WYJADŁOWSKI,
Politechnika Wrocławska, Wrocław

1. Wstęp

Zwiększająca się ilość odpadów energetycznych produkowanych przez cywilizowane społeczeństwa wymaga ich zagospodarowania, aby uchronić środowisko naturalne przed ich nadmiernym nagromadzeniem. Przykładami tego typu materiałów odpadowych, które na stałe znalazły swoje miejsce w drogownictwie są żużel wielkopiecowy granulowany, będący ubocznym produktem procesu wytopu surówki żelaza, żużle paleniskowe i popioły lotne.

Nie mniej istotnym zagadnieniem jest zastosowanie analizy stateczności zboczy, czy nasypów budowlanych wykonanych z tych materiałów, do oszacowania bezpieczeństwa eksploatacji realizowanych obiektów komunikacyjnych, jakimi są drogi czy trasy kolejowe.

2. Materiały odpadowe stosowane w drogownictwie

Prace poszukiwawcze uzyskania najlepszych kompozytów do konstrukcji dróg z zastosowaniem klasycznych materiałów są bogato udokumentowane i wybrane artykuły są między innymi w pracach [1, 2, 3, 6 7, 8, 9].

3. Obliczenia numeryczne

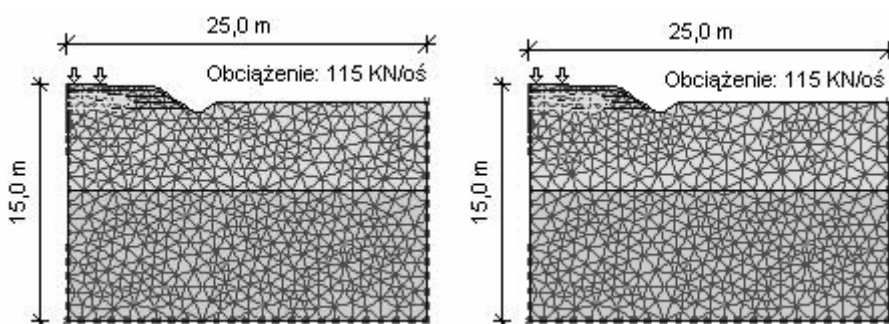
Obliczenia numeryczne wykonano w programie PLAXIS. Zamodelowano układ warstw nawierzchni konstrukcji drogi wzmocnionej materacem z geomembrany wypełnionej odpadami UPS, a dokładnie granulatu popiołowego..

Dane dotyczące granulatu popiołowego przyjęto jak dla mieszanki typu C, zaczerpniętej z ekspertyzy laboratoryjnej [6]. Przyjęto następujące proporcje składników mieszanki: kruszywo granulowane kuliste w ilości 54%, kruszywo granulowane łamane w ilości 37% oraz popioły fluidalne w ilości 9%.

Globalny współczynnik pewności F (nazywany również wskaźnikiem stateczności) wyznaczono na podstawie metody redukcji parametrów kąta tarcia wewnętrznego φ oraz spójności c (metoda Phi-c-reduction) [4].

Model numeryczny połowy przekroju drogi stworzono bazując na metodzie elementów skończonych. W modelu wykorzystano trójkątne sześciowzłowe elementy skończone LST (Linear Strain Triangle), z dwoma stopniami swobody w każdym węźle. Ogólna liczba elementów skończonych wynosiła 1073. Dla gruntu przyjęto warunek stanu granicznego Coulomba-Mohra, opisujący ciało sprężysto-idealnie plastyczne.

Na rysunku 1 przedstawiono widok ogólny modelu nawierzchni drogi zbrojonej materacami z geosyntetyku wypełnionego mieszanką popiołową typu C. Przyjęto następujące wymiary materacy, w kierunku prostopadłym do osi trasy: 2,70m, 3,30m oraz 4,20m. Grubość wszystkich warstw materacy pozostała stała i odpowiadała grubości warstwy nasypu z rysunku 1.



Rys. 1. Przykłady nasypu korpusu drogi wzmocnionego materacem o szer. 2,70, 3,30m.

Fig. 1 Example roads embankment with of reinforcement geomembrane mattress width 2,70, 3,30m.

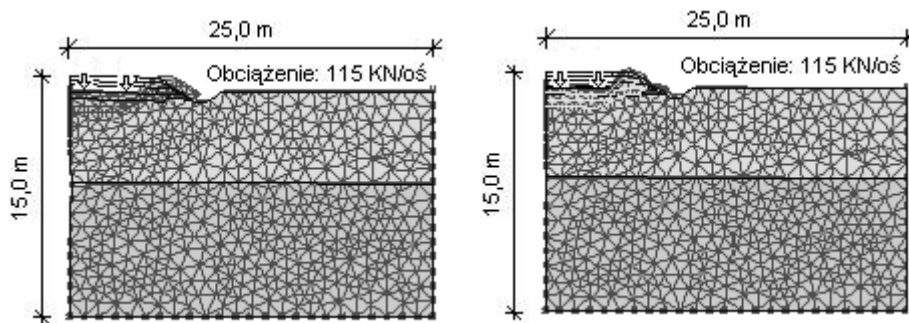
W pracy uzyskano wyniki obliczeń pozwalające na określenie stref plastycznych. Przeprowadzono również obliczenia wartości współczynnika pewności F , przytoczonych powyżej przekrojów dróg zbrojonych materacami z geomembran, przy czym przyjęto w tych przypadkach redukcję wartości wytrzymałości na kontakcie równą 50%.

Obliczenia numeryczne wykonano przy pomocy programu PLAXIS. Przyjęto warunek stanu granicznego Coulomba-Mohra dla gruntów oraz dla granulatu popiołowego, natomiast warstwy nawierzchni drogi zamodelowano jako materiał liniowo-sprężysty.

4. Wyniki obliczeń numerycznych

Rezultaty otrzymanych wskaźników stateczności F z obliczeń numerycznych zostały przedstawione w tabelicy 1 (i oznaczone odpowiednio od numeru 1 do numeru 3), przy czym w kolumnie oznaczonej symbolem „F1” przedstawiono wartości współczynnika pewności F dla nasypu drogi niezbrojonej geomembraną oraz przy jej pełnym szczenienu z podłożem gruntowym. W kolumnie „F2” zostały zamieszczone wyniki współczynnika pewności F przy przyjęciu zredukowanej wartości wytrzymałości na kontakcie geomembrany z podłożem gruntowym równej 50% siły ścinającej podłoże gruntowe.

Ze względu na ograniczoną objętość artykułu przedstawiono na rysunku 2 tylko dwie postacie deformacji siatki elementów skończonych.



Rys. 2. Deformacja siatki MES nasypu niezbrojonego materacem z geomembran oraz nasypu wykonanego z materacu o szerokości 4,20m
 Fig. 2 Deformation of FEM mesh roads embankment with and without reinforcement geomembrane mattress (width 4,20m)

Tablica 1. Współczynniki pewności F w poszczególnych rozwiązaniach numerycznych

Model konstrukcji drogi	F1	F2
1	1,79	1,79
2a	2,32	1,76
2b	2,62	1,99
2c	3,12	2,14
3	2,76	2,60

5. Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników, można wysnuć następujące wnioski:

- ⇒ najmniejszą wartość współczynnika pewności korpusu drogi uzyskuje się, gdy nie ma zbrojenia nasypu materacem z geosyntetyku wypełnionym mieszanką granulatu popiołowego,
- ⇒ w przypadku zastosowania materacy uzyskano odpowiednio coraz mniejsze wartości wskaźnika stateczności wraz z malejącymi wymiarami szerokości poduszki z geosyntetyku.
- ⇒ pochylenie odwrotne ścian bocznych materacu przyczynia się do znacznego spadku wartości współczynnika pewności F.

6. Literatura

- [1] Zarski C.: Drogi gruntowe i ich wzmacnianie. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, wyd. I, Warszawa 1986, s.144.
- [2] Bugajski M., Grabowski W.: Geosyntetyki w budownictwie drogowym, wyd. I, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1999, s.137.
- [3] Wiłun Z.: Zarys geotechniki, wyd. III, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1987, s.724.
- [4] Cała M., Flisiak J.: Analiza stateczności skarp i zboczy w świetle obliczeń analitycznych i numerycznych. XXIII Zimowa Szkoła Mechaniki Górniczej. Geotechnika i Budownictwo Specjalne 2000. Bukowina Tatrzańska 2000 r., s. 32

- [5] Chrzanowski Z.: Drogi lokalne – gminne i wiejskie. Sposób na poprawę sieci dróg w gminach – z witryny internetowej www.zuter.pl/drogi1.html
- [6] Sprawozdanie z badania granulatu popiołowego Euro-W/0-32/P jako kruszywa drogowego. Praca badawcza Instytutu Badawczego Dróg i Mostów – Zakładu Geotechniki, Warszawa 1999.
- [7] PN-S-06103:1997 – Drogi samochodowe. Podbudowa z betonu popiołowego.
- [8] PN-S-96035:1997 – Drogi samochodowe. Popioły lotne.
- [9] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Dz. U. Nr 43, poz. 430.

NUMERICAL MODELLING OF THE SLOPE STABILITY OF ROAD EMBANKMENT REINFORCEMENT GEOMEMBRANE MATTRESS

Summary

In this work the results of numerical analysis of the slope stability of road embankment reinforcement geomembrane mattress are shown. The mattress is filled by granulated ash-slag mixtures. The results are compared with road without reinforcement. In this paper the estimation of the factor of safety (F) for the slopes are calculated.