

Analiza numeryczna konstrukcji systemu rozsączającego wody opadowe

Piotr Gąska¹

¹ Katedra Geodezji i Geotechniki im. Kaspra Weigla, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Rzeszowska, e-mail: pitg@prz.edu.pl

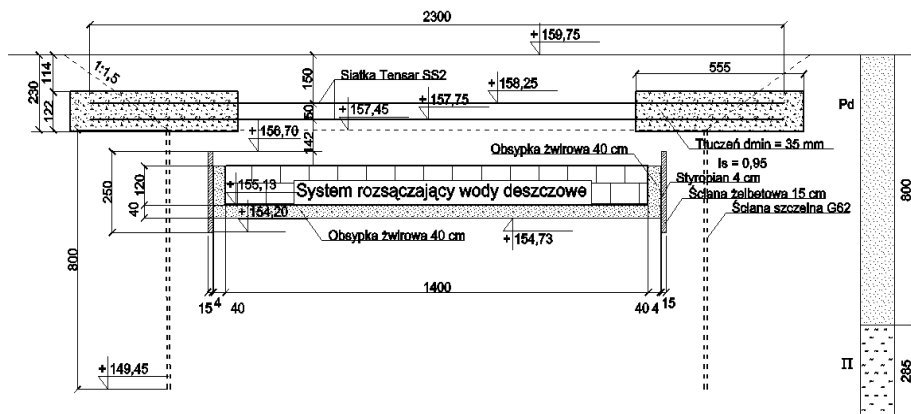
Streszczenie: Dostępność nowoczesnych narzędzi, pozwalających na zaawansowane analizy geotechniczne, skłoniła autora niniejszej publikacji do zweryfikowania przyjętych uprzednio, po części intuicyjnych, rozwiązań technicznych konstrukcji systemu rozsączającego wody opadowe, polegającego na zastosowaniu elementów odciążających w postaci ścian żelbetowych oraz poziomych geosiatek. Metodą elementów skończonych w modelu numerycznym otrzymano ilościową analizę rozkładu naprężeń w ośrodku gruntowym otaczającym system rozsączania wód opadowych, która potwierdza intuicyjne, jakościowe, założenia projektu technicznego. Dzięki zastosowaniu żelbetowych ścian przenoszących parcie boczne gruntu na grunt powyżej jak i poniżej systemu rozsączającego uzyskano dwukrotne zmniejszenie poziomych składowych naprężeń ośrodka gruntowego w strefie pomiędzy żelbetowymi ścianami a systemem rozsączającym. Zastosowanie dwóch warstw geosiatki powyżej systemu rozsączającego umożliwiło odciążenie systemu rozsączania (w środkowej, najbardziej wrażliwej strefie) w kierunku pionowym o około 75%.

Słowa kluczowe: system rozsączający, odciążenie gruntu, model numeryczny, geosiatka, ściana żelbetowa, stateczność.

1. Założenia techniczne

Analiza numeryczna metodą elementów skończonych dotyczy podziemnego systemu rozsączającego wody opadowe [1, 2]. Elementy konstrukcyjne systemu rozsączającego ułożone są w sześcian o wymiarach 14,0 x 22,0 x 1,2 m (długość x szerokość x wysokość) i znajdują się w obsypce filtracyjnej o grubości 0,4 m ze żwiru. System rozsączający jest wykonany w wykopie o głębokości 5,02 m. Geometrię systemu rozsączającego przedstawiono na rys. 1.

Podstawowe parametry techniczne elementów konstrukcyjnych systemu zestawiono w tab. 1.



Rys. 1. Konstrukcja systemu rozsączającego – przekrój pionowy

Tabela 1. Podstawowe parametry techniczne elementów konstrukcyjnych systemu rozsączającego

Maksymalne obciążenie poziome [kPa]	Maksymalne obciążenie pionowe [kPa]	Wymiary jednego elementu konstrukcyjnego [m]
20	200	0,5 x 1,0 x 0,4

2. Warunki geotechniczne w miejscu inwestycji

W miejscu inwestycji stwierdzono występowanie bezpośrednio poniżej poziomu terenu do głębokości 8,0 m warstwy piasków drobnych w stanie średniozagęszczonym i zagęszczonym. W warstwie piasków nie występuje strefa saturacji. Poniżej warstwy piasków stwierdzono zaleganie pyłów w stanie półzwartym i zwartym. Spagu warstwy pyłów nie ustalono (warstwa pyłów w badaniach penetracyjnych nie została przewiercona).

Badania warunków geotechnicznych zostały ustalone na podstawie wierceń geotechnicznych, badań stopnia zagęszczenia gruntów niepoistych sondą dynamiczną lekką oraz badań laboratoryjnych, pobranych podczas wiercenia, próbek gruntów. Parametry geotechniczne warstw gruntów budowlanych zestawiono w tab. 2 – charakterystyczne wartości całkowite a zarazem efektywne, ze względu na brak nawodnienia niespoistego ośrodka gruntowego.

Tabela 2. Parametry geotechniczne gruntów budowlanych w miejscu inwestycji

Rodzaj gruntu	Ciężar objętościowy [kN/m ³]	Kąt tarcia wewnętrznego [°]	Spójność [kPa]	Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej [kPa]
Piasek drobny	19	31	0	80000
Pył	19,5	18	30	45000

3. Rozwiązanie techniczne zabezpieczenia stateczności poziomej oraz pionowej konstrukcji systemu rozsączania

Ze względu na występowanie do poziomu wykopu gruntów niespoistych oraz ograniczoną możliwość wykonania rozkopu wykop przyjęto wykonać w zabezpieczeniu konstrukcjami oporowymi wspornikowymi z grodziec stalowych G62.

Na dnie wykopu przewidziano wykonanie konstrukcji systemu rozsączającego według wytycznych producenta systemu [2]. Ponieważ parcie boczne gruntu na wysokości elementów konstrukcyjnych systemu rozsączającego jest wyższe (w granicach od 22,7 do 28,3 kPa) od dopuszczalnego przez producenta systemu (do 20 kPa) postanowiono zastosować odciążenie poziome w postaci ściany żelbetowej o wysokości całkowitej 2,5 m i grubości 15 cm. Dzięki temu parcie boczne zasyпки z odcinka 1,2 m wysokości konstrukcji systemu rozsączającego zostanie przeniesione na grunt rodzimy – odpowiednio powyżej oraz poniżej konstrukcji systemu rozsączającego. Zasadę konstrukcji zabezpieczającej system rozsączający przed bocznym parciem gruntu zasyпки przedstawiono na rys. 1.

System rozsączający jest przykryty, zagęszczanym warstwami, gruntem wybranym z wykopu, a teren użytkowany jest jako parking dla samochodów osobowych o charakterystycznej wartości zastępczego obciążenia powierzchniowego 10 kPa [3]. Ze względu na lokalizację systemu rozsączania wykonawca miał obawy co do stateczności pionowej systemu, dlatego warstwę przekrycia systemu rozsączającego postanowiono wzmocnić dwoma warstwami geosiatki Tensar. Geosiatki są zakotwione w blokach oporowych, wykonanych z kruszywa łamanego. Bloki oporowe znajdują się na skrajach, na zewnątrz systemu rozsączającego (rys. 1).

4. Weryfikacja przyjętych rozwiązań technicznych metodą elementów skończonych

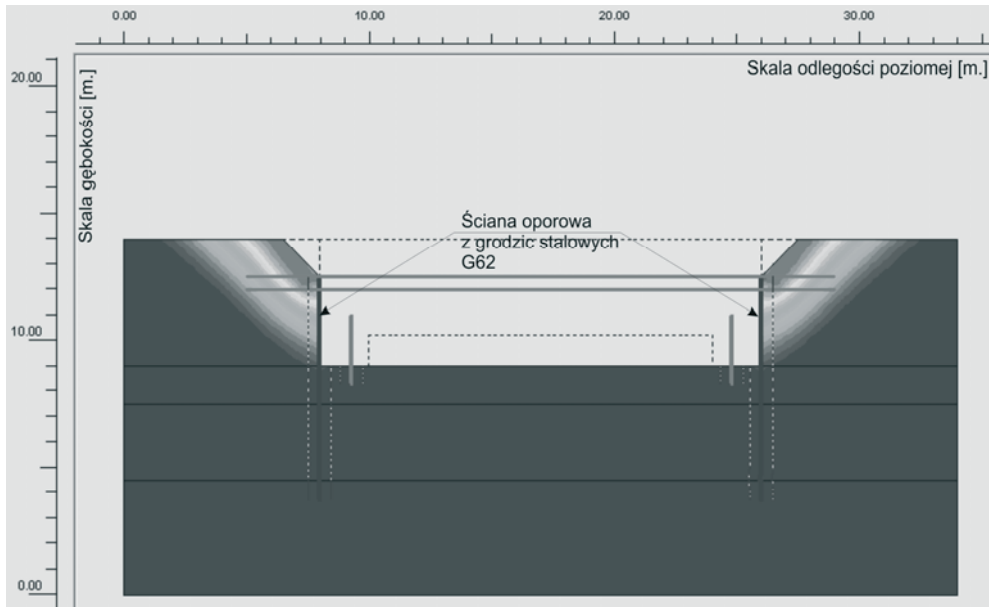
Dostępność nowoczesnych narzędzi obliczeniowych [4] (program PLAXIS) umożliwiła autorowi zastosowanych już rozwiązań (technicznie poprawnie funkcjonujących) dokładniejszą analizę stanu naprężenia i odkształcenia systemu rozsączającego oraz otaczającego go ośrodka gruntowego.

W programie PLAXIS zbudowany został płaski numeryczny model przekroju pionowego systemu rozsączającego (według rys. 1). W analizach numerycznych stosowano model gruntu Coulomba-Mohra a parametry materiałów zestawiono w tab. 3. Przyjęty w modelu numerycznym kąt tarcia gruntu o ścianę oporową wynosi 2/3 kąta tarcia wewnętrznego gruntu. Tarcie w styku grunt ściana oporowa wprowadzono za pomocą elementów kontaktowych.

W pierwszym etapie w modelu numerycznym symulowano wykonanie wykopu zabezpieczonego grodzicami stalowymi. Na rys. 2 przedstawiono kształt potencjalnie krytycznej powierzchni poślizgu (powierzchni klina odłamu) o współczynniku stateczności $F = 11,42$, określonym metodą redukcji ϕ i c [5]. Otrzymana powierzchnia poślizgu (powierzchnia klina odłamu) nie jest płaska jak w przypadku założenia Coulomba w rozwiązaniu zagadnienia parcia granicznego gruntu niespoistego na konstrukcje oporowe.

Tabela 3. Parametry materiałów modelu numerycznego

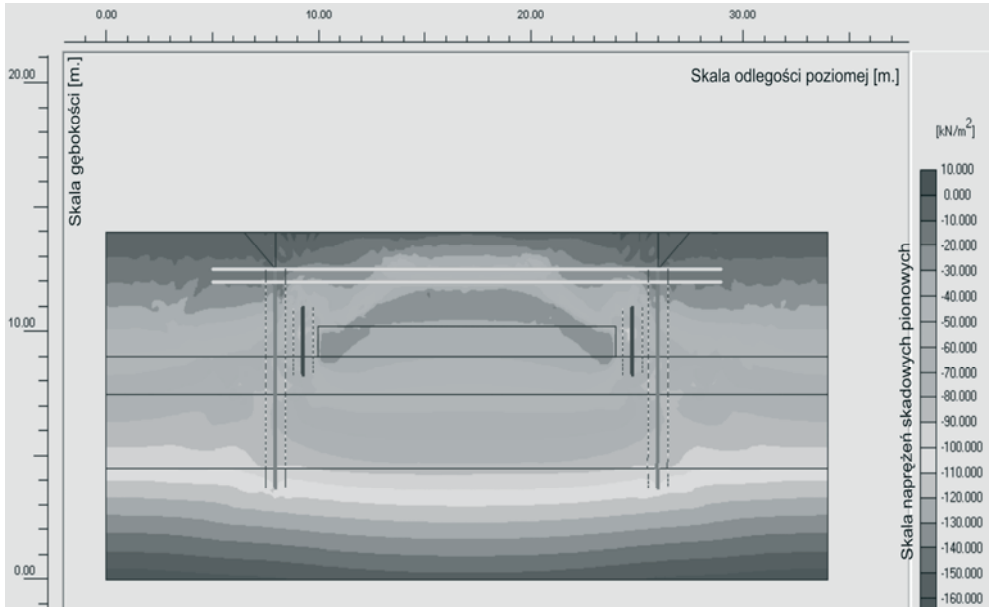
Material	Ciężar objętościowy [kN/m ³]	Kąt tarcia wewn. [°]	Spójność [kPa]	Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej [kPa]	Moduł sprężystości [MPa]	Liczba Poissona [-]
Piasek drobny	19	31	0	80000	60	0,36
Pył	19,5	18	30	45000	25	0,4
Żelbet	25	-	-	-	30000	0,2
System rozsącz.	0,34	-	-	-	1000	0,3
Grodzice G62	75	-	-	-	200000	0,28



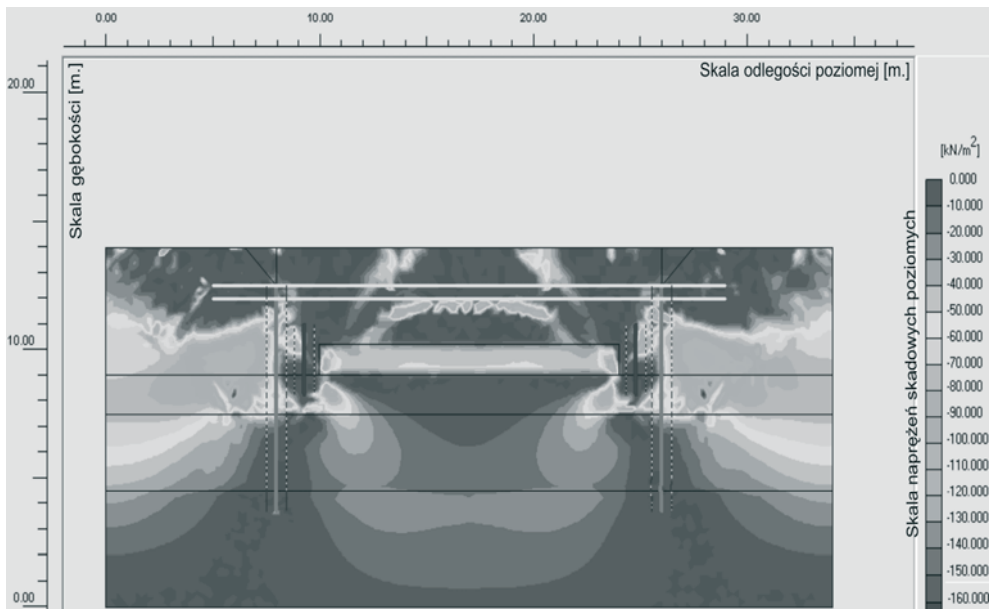
Rys. 2. Kształt potencjalnie krytycznej powierzchni poślizgu (powierzchni kina odłamu) o współczynniku stateczności $F = 11,42$

W drugim etapie w modelu MES symulowano sytuację długotrwałego użytkowania systemu rozsączającego pod parkingiem dla samochodów osobowych. W poziomie terenu przyjęto zgodnie z polską normą [3] zastępcze obciążenie powierzchniowe o wartości charakterystycznej 10,0 kPa. Rozkład całkowitej pionowej składowej naprężenia modelu numerycznego przedstawiono na rys. 3 a na rys. 4 przedstawiono rozkład całkowitej składowej poziomej.

Otrzymany w modelu numerycznym rozkład pionowych i poziomych składowych naprężenia potwierdza słuszność założeń projektowych tj. efektu odciążenia systemu rozsączającego w wyniku zastosowania pionowej ściany żelbetowej oraz poziomej przepony nad systemem rozsączającym. W środkowej strefie systemu rozsączającego (na poziomie stropu systemu) występuje aż czterokrotnie mniejsza wartość pionowej składowej naprężenia w porównaniu z obszarem bez zabezpieczeń odciążających. Składowe poziome naprężeń w strefie pomiędzy żelbetowymi ścianami a systemem rozsączającym mają wartości około 10 kPa czyli są o połowę mniejsze od wartości dopuszczalnych przez producenta systemu rozsączającego.



Rys. 3. Rozkład całkowitej składowej pionowej naprężenia



Rys. 4. Rozkład całkowitej składowej poziomej naprężenia

5. Podsumowanie

Metodą elementów skończonych w modelu numerycznym przeprowadzono ilościową analizę rozkładu naprężenia w ośrodku gruntowym otaczającym system rozsączania wód opadowych, która potwierdza intuicyjne, jakościowe, założenia projektu technicznego.

Dzięki zastosowaniu żelbetowych ścian przenoszących parcie boczne gruntu na grunt powyżej jak i poniżej systemu rozsączającego uzyskano dwukrotne zmniejszenie

poziomych składowych naprężenia ośrodka gruntowego w strefie pomiędzy żelbetowymi ścianami a systemem rozsączającym. Zastosowanie dwóch warstw geosiatki powyżej systemu rozsączającego umożliwiło odciążenie systemu rozsączania (w środkowej strefie) w kierunku pionowym o około 75%.

Literatura

- 1 Gąska P.: Projekt wykonawczy konstrukcji zabezpieczenia systemu rozsączającego wody deszczowe. Rzeszów, 2006
- 2 Wavin Poland.: Informator techniczny systemu Azura. Warszawa, 2005
- 3 PN-PN-82/B-02004. Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Obciążenia pojazdami
- 4 Plaxis BV, Delft, Holandia: Program komputerowy Plaxis 7.2
- 5 Brinkgreve R. B. J., Bakker H. L.: Non-linear finite element analysis of safety factors. Proc. 7th Int. Conf. On Comp. Methods and Advances in Geomechanics. Cairns, Australia 1991

Numerical analysis of construction of drainage system for precipitation waters

Piotr Gąska¹

¹ *Department of Geodesy and Geotechnics, Faculty of Civil Engineering and Environmental Engineering, Rzeszów University of Technology, e-mail: pitg@prz.edu.pl*

Abstract: Progressive implements which make possible advanced geotechnical analysis, induced the author to verify previously accepted engineering solutions of construction of rain waters drainage system with the use of reinforced concrete walls and horizontal geogrids. The quantitative analysis of stress distribution in ground medium around the drainage system was performed in numerical model with the use of finite element method. This analysis confirmed previous – intuitive and qualitative - assumptions of the technical design. The application of reinforced concrete walls, transmission of ground lateral pressure to the soil below and the above drainage system, result in twofold reduction of horizontal components of ground stresses in area between reinforced walls and the drainage. The usage of two layers of geogrid over the drainage system made possible strain relief of this system (in the middle, the most sensitive zone) in vertical direction of about 75%.

Keywords: drainage system, strain relief, numerical model, geogrid, reinforced concrete wall, stability.