

ZASIĘG OBSZARU STANU GRANICZNEGO W GRUNCIE WSPÓLPRACUJĄCYM ZE STALOWĄ KONSTRUKCJĄ Z BLACHY FALISTEJ

Krzysztof GÓRSKI,
Politechnika Opolska, Opole

1. Wstęp

Powłoki z blach falistych używane przy projektowaniu różnych obiektów infrastruktury podziemnej posadowionych w gruncie, takich jak na przykład: przepusty i kolektory lub konstrukcje tuneli czy specyficzne kładki mostowe dla zwierząt, są aktualnie jednym z najczęściej stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych. Przykładem tego typu działań jest wprowadzenie przez szereg firm budowlanych, w Polsce i na świecie, gotowych elementów o rozmaitych typach przekrojów poprzecznych konstrukcji, służących do szybkiego montażu na budowie.

2. Model obliczeniowy konstrukcji przepustu z blachy falistej

Obliczenia zasięgu strefy uplastycznienia, przeprowadzono przy pomocy analizy numerycznej na przykładzie przepustu o konstrukcji skrzynkowej z utwierdzonymi końcami w ścianie monolitycznej żelbetowej. Przyjęto następujące założenia:

- występuje pełna współpraca obudowy z blachy falistej i ośrodka gruntowego w przenoszeniu obciążeń działających na konstrukcję,
- konstrukcja występuje w postaci łuku o szerokości po długości przepustu 1m i pracuje wraz z gruntem w płaskim stanie odkształcenia,
- model pracy konstrukcji z blachy falistej jest liniowo-sprężysty,
- oddziaływanie konstrukcji z blachy falistej na grunt występuje w postaci warunku Winklera-Zimmermanna,
- model obliczeniowy gruntu jest Coulomba-Mohra, z obciętą strefą naprężeń rozciągających w modelu,
- zakłada się proporcjonalną, co do sztywności giętnej EI, wartość oddziaływania więzi konstrukcji na ośrodek gruntowy (w danym węźle dyskretyzowanego łuku),
- w czasie zasypywania i eksploatacji łuku pojawiają się deformacje wyboczeniowe (postacie utraty stateczności wyznaczane numerycznie dla konstrukcji prętowej łuku z zagadnienia własnego),
- w miejscach, gdzie występuje deformacja łuku „do wnętrza konstrukcji” pomija się więzi sprężyste modelujące oddziaływania obudowy na ośrodek gruntowy,

- warunki podparcia ośrodka gruntowego wywołują pojawienie się w ośrodku gruntowym obszarów stanu granicznego, gdzie naprężenia styczne τ [1]

$$\begin{aligned} |\tau| &= \tau_f \\ \tau_f &= f(\sigma), \end{aligned} \quad (1)$$

- w obszarach uplastycznionych (stanu granicznego) powstają potencjalne powierzchnie poślizgu (kliny odłamu), dzięki którym można określić wielkość i zakres obciążenia działającego na konstrukcję łuku z blachy falistej.

Przykładowe dane materiałowe dla gruntu zasypki i dla konstrukcji z blachy falistej zastosowane do obliczeń numerycznych podano w tablicy 1 i 2.

Tablica 1. Parametry gruntu w modelu Coulomba-Mohra zastosowane w obliczeniach numerycznych

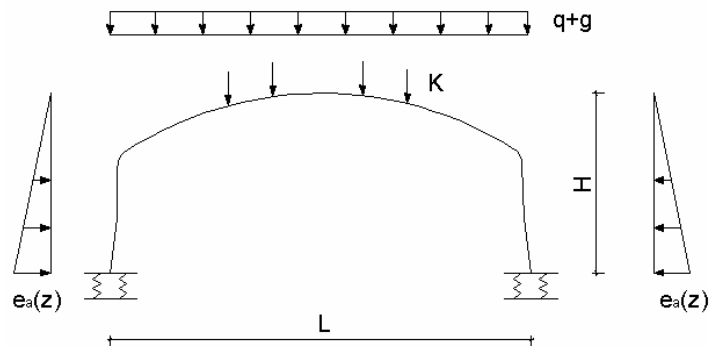
Grunt	Parametr	Symbol	Wartość	Jednostka
Pospółka	Wskaźnik zagęszczenia	I_s	0,95	-
	Moduł odkształcenia	E_o	114000	[kPa]
	Kąt tarcia wewnętrznego	φ	40	[°]
	Spójność	c	0	[kPa]
	Kąt dylatacji	ψ	10	[°]

Tablica 2. Ogólne dane dotyczące zastosowanej stali i betonu do konstrukcji łuku w obliczeniach numerycznych

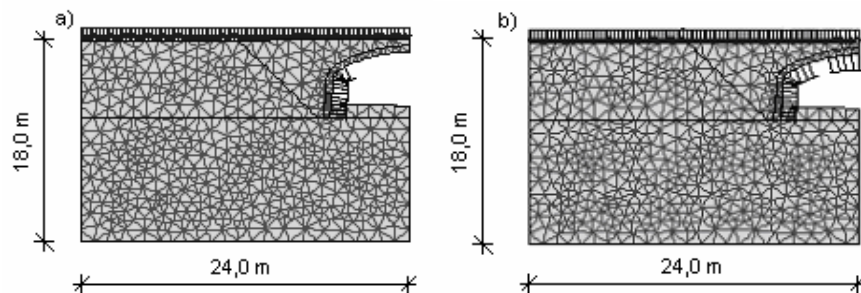
Materiał	Parametr	Symbol	Wartość	Jednostka
Stal (St3S)	Moduł Younga	E	205000	[MPa]
	Grubość blachy falistej	d	7	[mm]
	Profil blachy falistej	380mm * 140mm		
Beton B25	Moduł Younga	E	29000	[MPa]
	Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie	f_{cd}	13,3	[MPa]

Obliczenia przeprowadzono dla 10 początkowych postaci utraty stateczności przy wyboczeniu. Schemat obliczeniowy przepustu jest przedstawiony na rysunku 1.

Obliczenia numeryczne wykonano w programie PLAXIS. Model podłoża gruntowego w sąsiedztwie przepustu zamodelowano trójkątnymi elementami skończonymi o 15 węzłach w każdym elemencie. Każdy węzeł posiada dwa stopnie swobody. Stan naprężeń w konstrukcji przyjęto zgodnie z założeniami płaskiego stanu odkształcenia. Liczba elementów skończonych wynosiła 1068, natomiast liczba węzłów 8753. Związek fizyczny Coulomba-Mohra dla gruntu jest zdefiniowany jako model ciała sprężysto-idealnie plastycznego.



Rys. 1. Schemat obliczeniowy konstrukcji przepustu z blachy falistej
 Fig. 1 Example loading of the multi plate corrugated steel structure



Rys. 2. Przykładowe modele numeryczne zasypki współpracujące z obudową przepustu, która przyjmuje określoną postać utraty stateczności, a) model gruntu dla postaci 1 utraty stateczności, b) model gruntu dla postaci 8 utraty stateczności

Fig. 2 Numerical models of FEM of the multi plate corrugated steel structure
 a) for 1st mode of stability lost, b) for 8th mode of stability lost

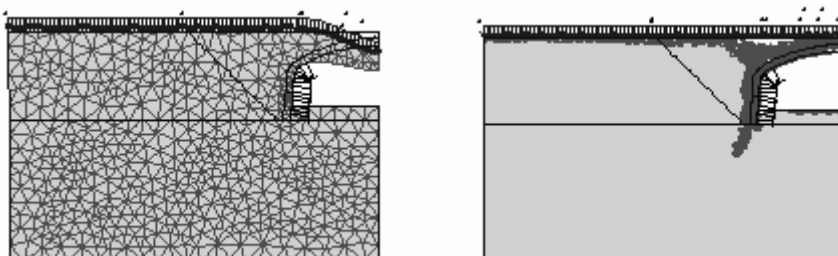
3. Wyniki obliczeń numerycznych

Uzyskane wyniki zasięgu stref uplastycznienia dla gruntu opisanego warunkiem stanu granicznego Coulomba-Mohra przy niektórych modach wyboczeniowych są zamieszczone w tabelicy 3.

Tabela 3. Przykładowe wartości zasięgu i płaszczyzna klina odłamu, przy wybranych modach wyboczeniowym

Postać utraty stateczności	Zasięg klina odłamu w stosunku do połowy rozpiętości konstrukcji łuku	Kąt płaszczyzny odłamu względem osi poziomej
Bez utraty stateczności	1,78	134,69
1	1,4	112,92
9b	1,16	99,17

Zdeformowana siatka elementów skończonych oraz zasięg obszaru uplastycznienia są zilustrowane dla jednego wybranego modu na rysunku 3.



Rys. 3. Przykład zdeformowanej siatki MES oraz strefy uplastycznienia modelu numerycznego

Fig. 3 Example of deformed FEM mesh and plastic zone of numerical model

4. Wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników obliczeń można stwierdzić, że:

- 1) Deformacja konstrukcji przepustu z blachy falistej ma istotny wpływ na zasięg stref stanu granicznego w gruncie współpracującym z obudową, a zatem na stan naprężenia, odkształcenia i przemieszczenia konstrukcji układu obudowa-zasyпка.
- 2) Wielkość i rozwój obszarów uplastycznienia świadczy, że na konstrukcję może oddziaływać zmniejszone obciążenie, aniżeli przyjmowane z metody normowej.

5. Literatura

- [1] Izbicki J. R., Sawczuk A.: Podstawy mechaniki ośrodków plastycznych, wyd. I, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1984.
- [2] Materiały pomocy opisu programu Plaksis.
- [3] Witryna Internetowa firmy Ail, www.ail.ca
- [4] Witryna Internetowa firmy ViaCon: www.viacon.com.pl; www.viacon.no
- [5] Pisarczyk S.: Mechanika gruntów, wyd. III, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
- [6] Wiłun Z.: Zarys geotechniki, wyd. III, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1987.

CALCULATIONS OF THE RANGE OF THE LIMIT STATE IN THE SOIL IN INTERACTION WITH THE MULTI PLATE CORRUGATED STEEL STRUCTURE

Summary

The article contains calculations of the range of the limit state in the soil in interaction with the multi plate corrugated steel structure. For soil Coulomb- Mohr model and theory of elasticity for the corrugated steel structure in the numerical calculations are assumed.