

Obszary sprężyste (bez możliwości uplastycznienia)

Program: MES

Plik powiązany: Demo_manual_34.gmk

Wprowadzenie

Obciążenie gruntu może powodować powstawanie stanu naprężenia przekraczającego powierzchnię plastyczności, co zapoczątkowuje powstawanie odkształceń trwałych w gruncie, które pozostają po odciążeniu ośrodka. Odkształcenie trwałe nazywane jest również odkształceniem plastycznym, a jego rozwój może być opisany za pomocą klasycznych modeli konstytutywnych gruntów, jak model Mohra-Coulomba czy Druckera-Pragera, lub przyjmując dużo bardziej zaawansowane modele jak model Cam-Clay.

Niektóre, opisane poniżej przypadki, mogą wymagać ograniczenia powstawania odkształceń trwałych w wybranych obszarach i fazach obliczeniowych. Powyższy efekt można uzyskać wykorzystując odpowiednio funkcję *obszarów sprężystych*.

Kiedy stosować *obszary sprężyste*

Ograniczanie powstawania odkształceń plastycznych może się okazać przydatne w następujących sytuacjach:

- Nadmierne odkształcenia plastyczne w pewnym, zwykle niewielkim, obszarze nie wpływają na zachowanie analizowanej konstrukcji, ale mogą prowadzić do utraty zbieżności nieliniowej analizy numerycznej.
- Uproszczenia zastosowane w modelu obliczeniowym mogą prowadzić do powstawania i rozwoju nierealnych odkształceń plastycznych. Do takich sytuacji może dochodzić przykładowo w przypadku podstawy ścianki szczelnej lub w węźle dowiązującym kotew gruntową do siatki.
- Gdy chcemy poznać wpływ odkształceń plastycznych na przemieszczenia całkowite i naprężenia porównując obliczenia przy założeniu sprężysto-plastycznego zachowania gruntu z czysto sprężystą odpowiedzią analizowanej konstrukcji.

Jakie modele materiałowe można zastosować do *obszarów sprężystych*

Funkcja *obszary sprężyste* może być stosowana z następującymi modelami gruntów:

- model Mohra-Coulomba
- model Mohra-Coulomba Modyfikowany
- model Druckera-Pragera

Aktywacja opcji *obszary sprężyste* nie wpływa na zachowanie gruntu w przypadku zastosowania pozostałych modeli materiałowych.

Parametry gruntów w *obszarach sprężystych*

Elementy skończone zawierające się w obszarze sprężystym nie zmieniają swoich parametrów sprężystych, takich jak moduł Younga, współczynnik Poissona oraz moduł ścinania. Wytrzymałościowe parametry materiałowe gruntów, takie jak spójność oraz kąt tarcia wewnętrznego

przyjmują natomiast takie wartości, aby naprężenia nigdy nie osiągnęły powierzchni plastyczności, a zatem aby nie doszło do powstania odkształceń trwałych w gruncie.

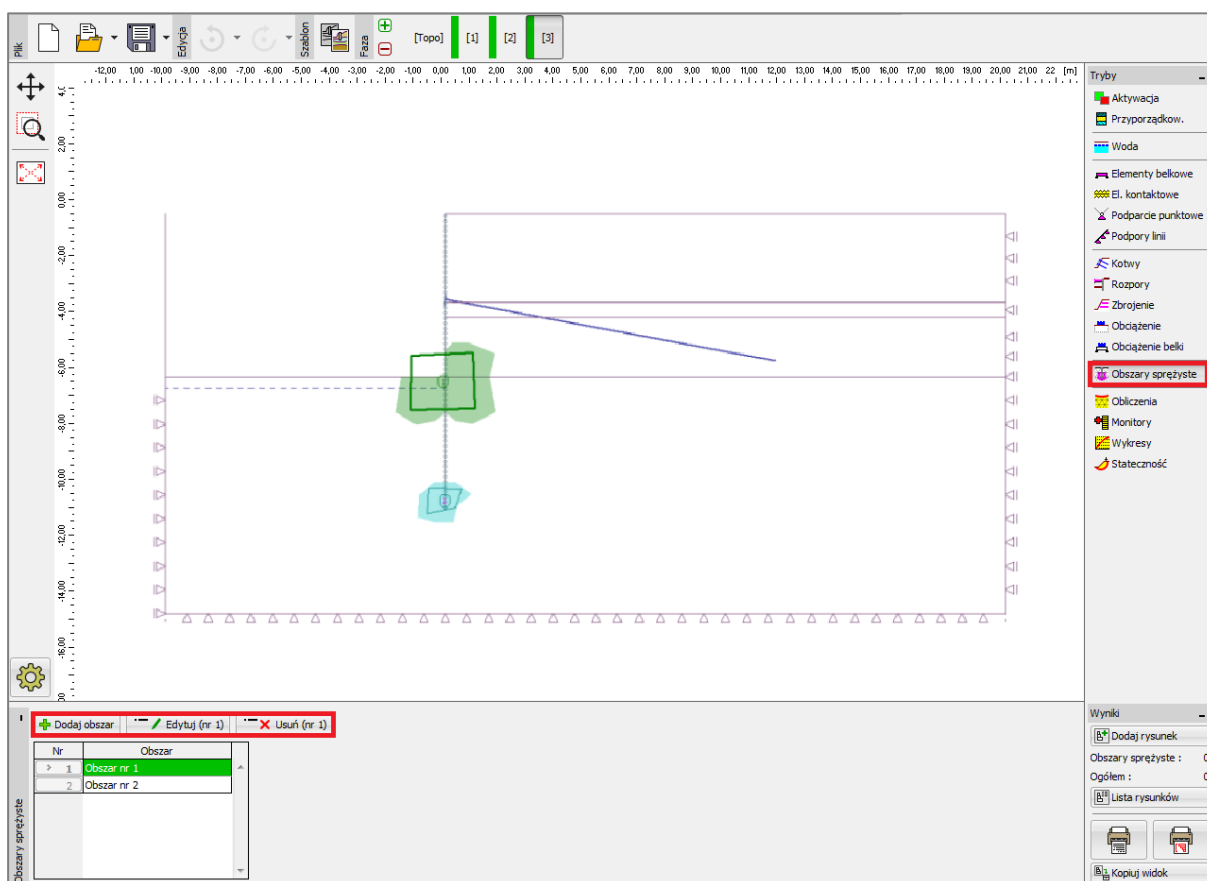
Wymuszone zachowanie sprężyste ma miejsce jedynie w fazie, w której obszar sprężysty został zdefiniowany. W ramach danej fazy obliczeniowej elementy znajdujące się w obszarze sprężystym nie mają możliwości rozwoju odkształceń plastycznych, a zatem zachowują dotychczasowe wartości odkształceń.

Co należy wiedzieć podczas stosowania *obszarów sprężystych*

Stosując obszary sprężyste należy pamiętać, że w wybranych elementach skończonych warunków plastyczności nie zostanie nigdy przekroczony. Oznacza to, że globalna powierzchnia poślizgu, która może prowadzić do globalnej utraty stateczności nie może przejść przez ten obszar.

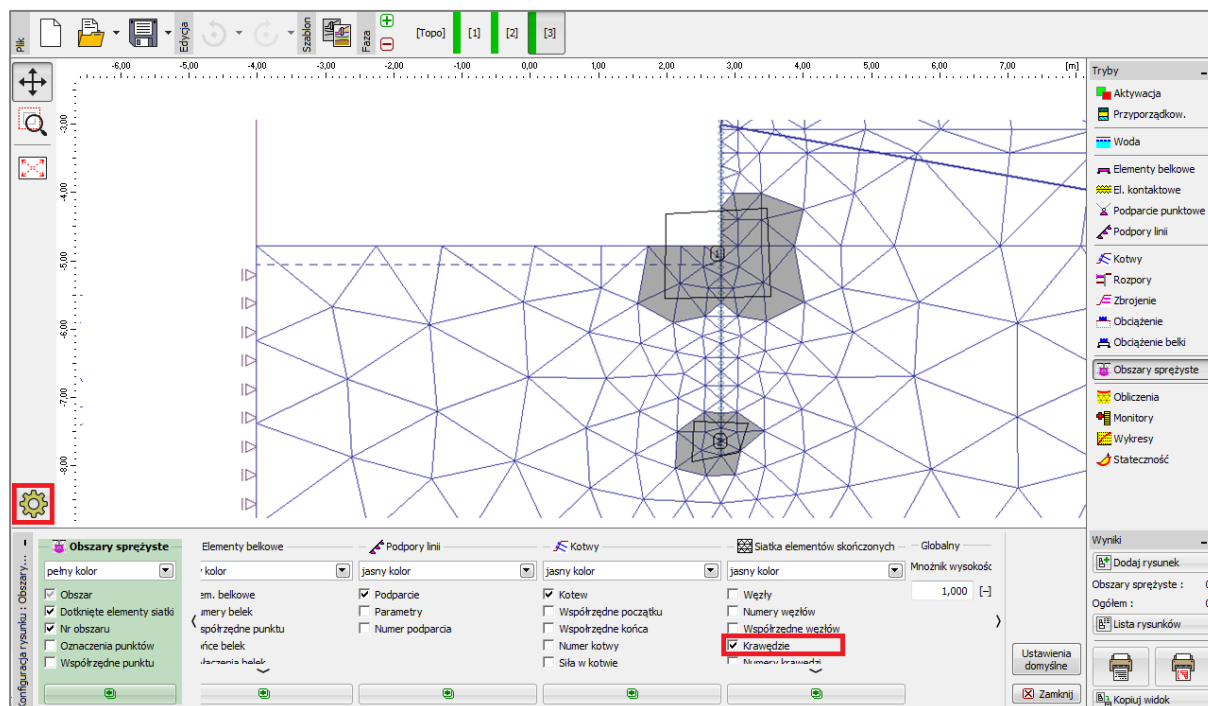
Jak definiować *obszary sprężyste*

Obszary sprężyste definiowane są w danej fazie obliczeniowej jako wielobok o wierzchołkach zdefiniowanych poprzez wprowadzanie punktów na ekranie. Wszystkie elementy, które choćby częściowo zawierają się w zaznaczonym obszarze, zostają podświetlone.



Definiowanie obszarów sprężystych

Uwaga: Podczas definiowania obszarów sprężystych warto włączyć wyświetlanie siatki elementów skończonych wybierając Ustawienia -> Siatka elementów skończonych -> Krawędzie, patrz rysunek poniżej.



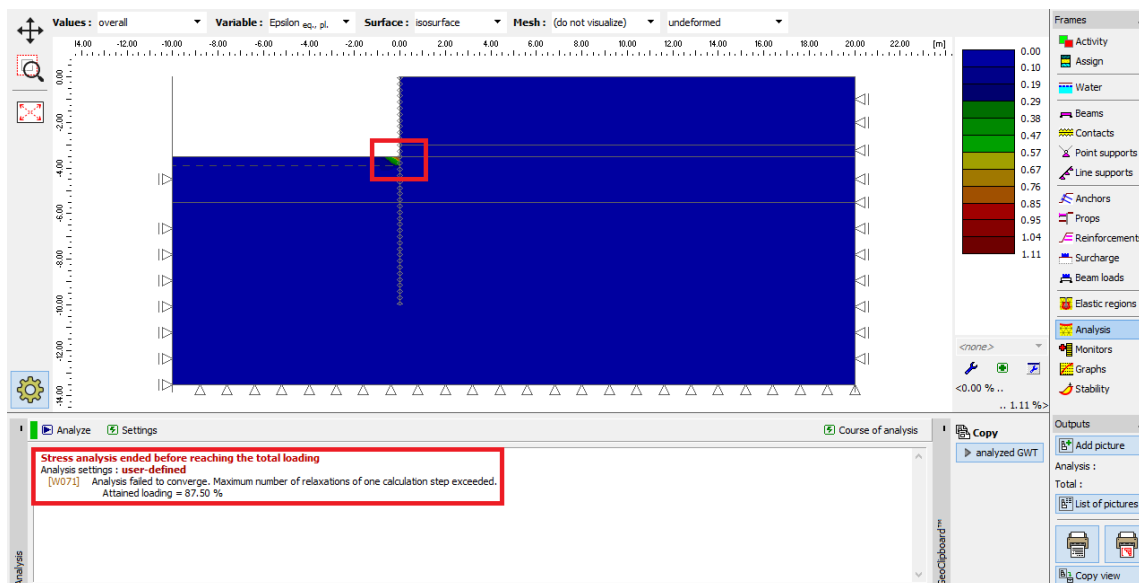
Włączanie wyświetlania siatki elementów skończonych

Obszary sprężyste pozostają aktywne również w następnych fazach, ale mogą zostać deaktywowane. Usunięcie obszaru sprężystego w kolejnej fazie obliczeniowej pozwala na powstawanie trwałych odkształceń w poszczególnych elementach. Oznacza to, że usunięcie obszaru sprężystego prowadzi do redystrybucji naprężeń i w konsekwencji powoduje wzrost odkształceń plastycznych nawet, gdy nie zostało zdefiniowane żadne obciążenie.

Przykład zastosowania *obszarów sprężystych*

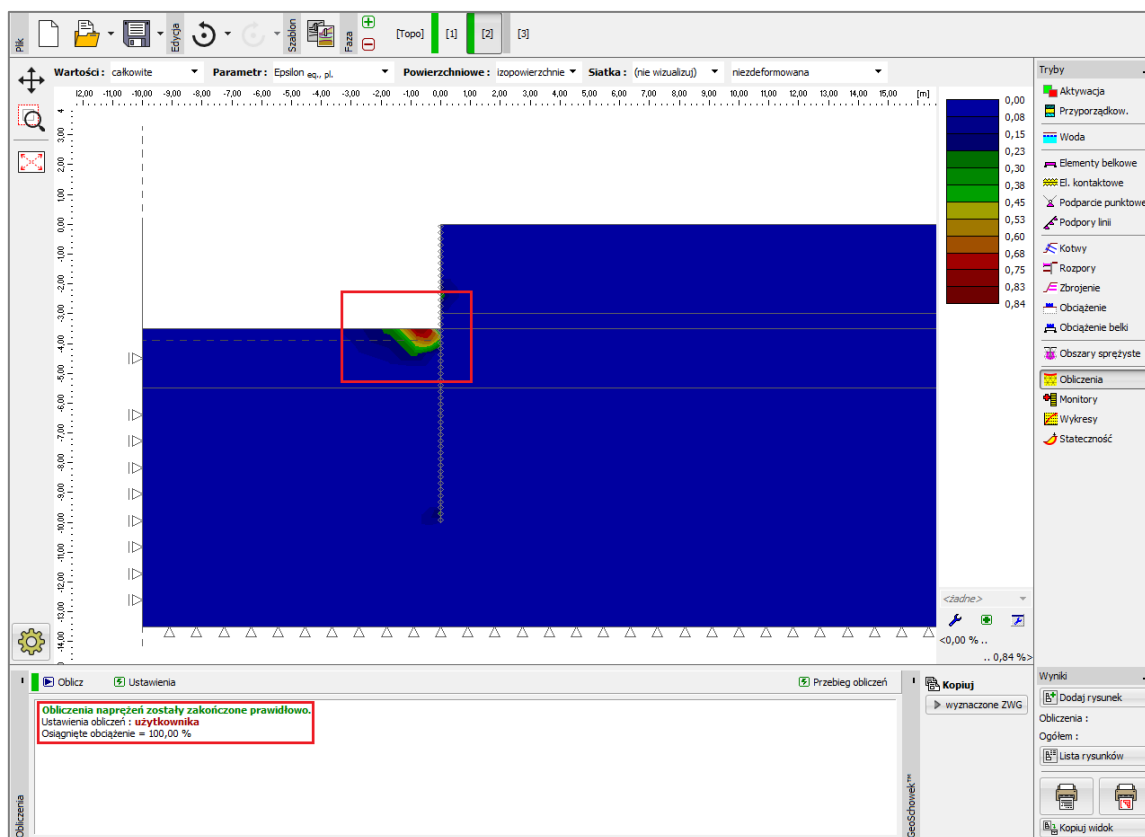
Zastosowanie obszarów sprężystych można zilustrować na przykładzie kotwionej ścianki szczelnej. Geometria, profil podłoża oraz kolejne fazy obliczeniowe przedstawione zostały w pliku demonstracyjnym Demo_manual_34.gmk. Pierwsza faza służy wyznaczeniu naprężeń pierwotnych w gruncie. Element belkowy wraz z elementami kontaktowymi należy zdefiniować w fazie drugiej, a następnie wykonać głębienie wykopu deaktywując odpowiednie warstwy gruntu aż do poziomu kotew gruntowych. Kotwy gruntowe należy zdefiniować w trzeciej fazie obliczeniowej równocześnie z głębieniem wykopu do rzędnej docelowej.

Nie podejmując dodatkowych kroków obliczenia w fazie drugiej prowadzone są do osiągnięcia 87.5% obciążenia całkowitego, co stanowi maksymalną wartość obciążenia, dla którego równowaga została osiągnięta. Należy jednak zauważyć, że odkształcenia plastyczne powstają zaledwie w jednym elemencie skończonym bez ich dalszego rozprzestrzeniania się, patrz rysunek poniżej.



Brak zbieżności obliczeń w fazie nr 2

Biorąc pod uwagę, że nie rozwija się w modelu żadna globalna powierzchnia zniszczenia uzyskany wynik można utożsamiać z niestabilnością natury numerycznej, a nie z możliwością utraty stateczności konstrukcji. W celu rozwiązania tego problemu wykorzystamy funkcję *obszarów sprężystych*. Problematic element is defined as an elastic area, and then we repeat the calculations. It was possible to apply the entire load to the model, and plastic deformations occurred in the adjacent elements, see the drawing.



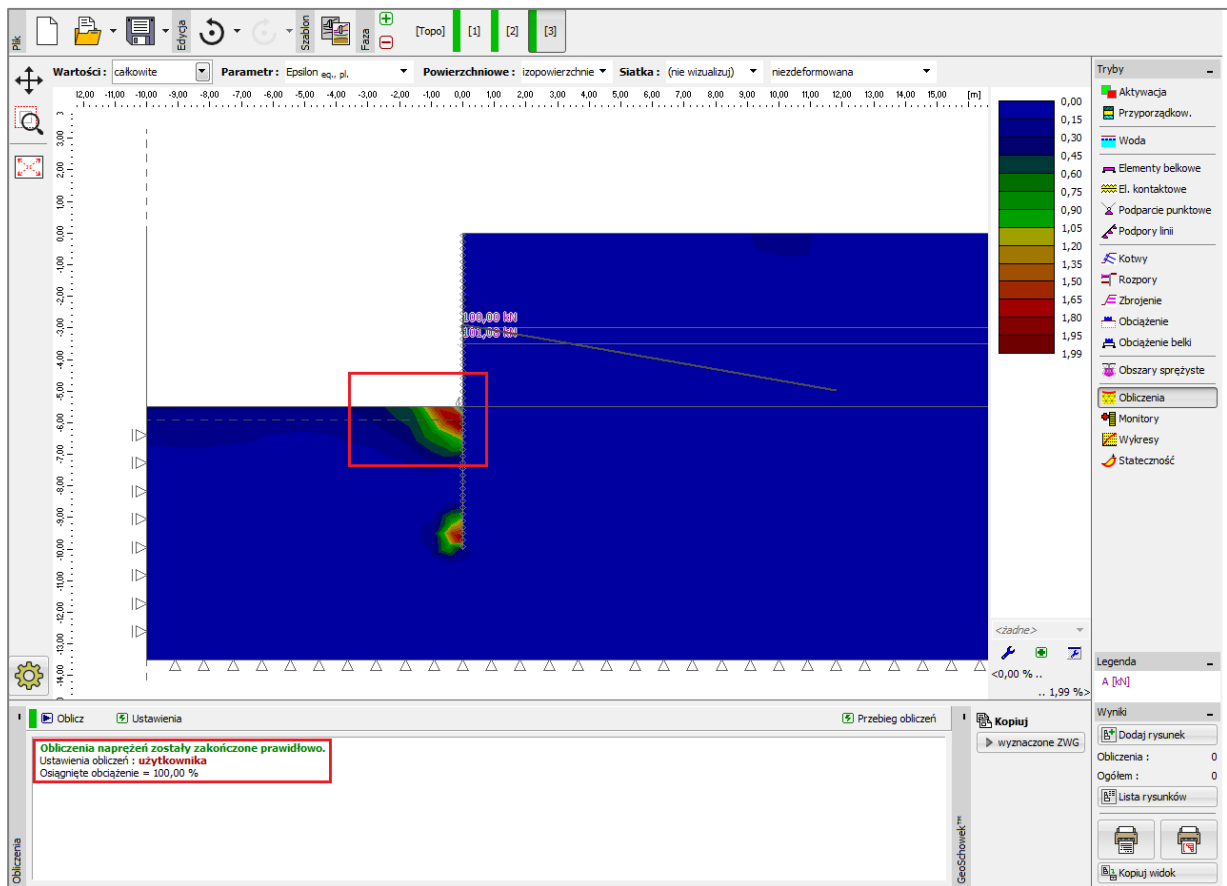
Osiągnięcie zbieżności poprzez zastosowanie obszaru sprężystego zawierającego pojedynczy element

Uwaga: Problematyczny element skończony jest obciążony w kierunku poziomym (przenosi reakcję poziomą od ścianki szczelnej spowodowaną parciem czynnym gruntu działającym z prawej strony za ścianką). Z drugiej strony, w kierunku pionowym element nie jest obciążony. Istotna różnica pomiędzy naprężeniem pionowym i poziomym prowadzi do znacznego wzrostu naprężenia dewiatorowego, a co za tym idzie powstawania ekwiwalentnych odkształceń plastycznych.

Obliczenia przeprowadzone w trzeciej fazie obliczeniowej prowadzą do analogicznych wyników – nie zostaje osiągnięta zbieżność obliczeń przy całkowitym obciążeniu ze względu na powstawanie plastycznych odkształceń w pojedynczym elemencie w dnie wykopu. Problemu można uniknąć poprzez zdefiniowanie tego elementu jako obszar sprężysty.



Zbieżność obliczeń dla całkowitego obciążenia w fazie obliczeniowej nr 3 nie zostaje osiągnięta – brak redystrybucji odkształceń plastycznych, brak zbieżności analizy



Osiągnięcie zbieżności w fazie obliczeniowej nr 3 poprzez zastosowanie obszaru sprężystego

Wnioski

Funkcja *obszary sprężyste* pozwala na wymuszenie zachowania sprężystego gruntu w wybranych elementach skończonych, a co za tym idzie uniemożliwienia rozwoju odkształceń plastycznych w tych elementach. Takie doraźne podejście pozwala na uzyskanie rozwiązania, gdy nie ma zbieżności obliczeń przy zadanym obciążeniu. Należy jednak pamiętać, że takie podejście może być stosowane jedynie w przypadku, gdy brak zbieżności uwarunkowany jest problemami natury numerycznej, tj. powstające odkształcenia plastyczne nie sugerują globalnej utraty stateczności.