POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH
WYDZIAŁ BUDOWNICTWA
KATEDRA MECHANIKI I MOSTÓW

mgr inż. Magda Lubecka

Rozprawa doktorska pod tytułem:

Analiza naporu na pionowe ściany zagłębione w gruncie na terenach górniczych

Promotor: dr hab. inż. Jan Fedorowicz, prof. nzw. Pol. Śl.

Gliwice, 2013

Rozprawa doktorska pod tytułem:

"Analiza naporu na pionowe ściany zagłębione w gruncie na terenach górniczych"

STRESZCZENIE

Praca odnosi się do inżynierskich problemów oceny wielkości parcia gruntu na ściany budowli posadowionych na terenie górniczym. Zawiera szczegółową, numeryczną analizę zmian tego parcia w zależności od czynników związanych z geometrią budowli, ukształtowaniem terenu, stanem i rodzajem gruntu oraz wielkością wpływu eksploatacji górniczej. Przedmiotem rozważań jest przypadek zgłębiania ściany w podłożu poddanym wpływom poziomych odkształceń zagęszczających grunt.

Postawiono tezę, że na podstawie analiz numerycznych (w odpowiednio wykalibrowanym modelu) możliwe jest określenie zależności, która zachodzi pomiędzy wielkością oddziaływań górniczych wyrażonych poziomym odkształceniem podłoża ε, a powodowaną tymi oddziaływaniami wielkością siły naporu gruntu na pionową przeszkodę w nim zagłębioną. Podstawowym założeniem badań podjętych dla udowodnienia tezy było przyjęcie, że własności odkształcającego się podłoża w wyniku eksploatacji górniczej można dla założonych celów odzwierciedlić przy pomocy sprężysto-plastycznych modeli materiału podłoża. W pracy stosowano dla gruntu podłoża model sprężysto plastyczny z powierzchnią plastyczności Coulomba Mohra, a jako tło analiz model mechaniki stanu krytycznego Modified Cam-Clay.

Przedstawione w pracy zadanie łączy problemy:

- budowy racjonalnych, numerycznych modeli układów budowla - podłoże górnicze,
- określenia zależności jaka zachodzi pomiędzy wielkością oddziaływań górniczych, a wielkością siły naporu.

Rozważania rozpoczęto od sprecyzowania sposobu tworzenia numerycznego modelu obliczeniowego i interpretacji uzyskiwanych za jego pomocą wyników (*metoda Mn*). W ramach tego zadania ustalono sposób odtworzenia w modelu podłoża deformującego się zgodnie z przebiegiem eksploatacji górniczej za pomocą kinematycznych warunków brzegowych w postaci przemieszczeń poziomych u. Sprawdzono wpływ występującej wraz z poziomymi odkształceniami podłoża ε krzywizny terenu K na wielkość naporu gruntu. Określono minimalną wielkość obszaru modelu podłoża oraz sposób jego dyskretyzacji, tym samym zapewniając niezaburzoną warunkami brzegowymi i wystarczająco dokładną odpowiedź układu obliczeniowego. Sprawdzenie wpływu modelu konstytutywnego gruntu na wielkość naporu dokonano porównując wyniki zadania, w którym ten sam grunt opisano za pomocą modelu Coulomba-Mohra, a następnie za pomocą modelu stanu krytycznego Modified Cam-Clay. Otrzymane w obu modelach ilościowe wyniki obliczeń niemal w całym zakresie zmian wartości odkształceń wykazały taki sam przebieg procesu mobilizacji siły naporu. Występujące różnice dotyczyły głównie zjawisk zachodzących w gruncie i związanych z jego odkształcalnością. Przeanalizowano wpływ zarówno pochylenia naziomu jak i odchylenia ściany od pionu, co pozwoliło na analizę bardziej rzeczywistych sytuacji ukształtowania terenu oraz budowli, a proces kalibrowania modelu uzupełniony został określeniem warunków wykonywania obliczeń w płaskim stanie odkształcenia.

Wszystkie przeprowadzane w pracy obliczenia numeryczne poddawano weryfikacji poprzez przyrównywanie wyników uzyskiwanych w stanach równowagi gruntu

z wyznaczonymi analitycznie odpowiadającymi im wartościami sił parcia. W tym celu każde z obliczeń numerycznych rozpoczynano, gdy na nieruchomą ścianę działało parcie spoczynkowe. Wymuszane w modelu poziome zagęszczanie gruntu powodowało stopniowy wzrost naporu, aż do momentu gdy osiągał on wartość graniczną równą parciu biernemu. Przeprowadzana kontrola wyników była możliwa przy zastosowaniu dla gruntu modelu materiału sprężysto idealnie-plastycznego o powierzchni plastyczności Coulomba Mohra, na którym oparta jest teoria parcia.

Przeprowadzona w pracy analiza parametryczna pozwoliła na określenie wpływu poszczególnych czynników na wartość naporu oraz na opracowanie własnego algorytmu jego wyznaczania (*metoda Mt*). Wykorzystując dyskretne dane w postaci siły naporu oraz wartości odpowiadających jej odkształceń poziomych podłoża określono zależności pomiędzy nimi dla dwóch przedziałów wartości odkształcenia. W pierwszym, charakter zależności określono jako liniowy, a wartość naporu zmieniała się od wartości równej parciu spoczynkowemu do wartości wyznaczonej wyprowadzonym przez autorkę wzorem. Drugi przedział obliczeniowy odpowiadał odkształceniom podłoża mieszczącym się w zakresie od wartości ε_l, w przypadku ścian gładkich równej 60% odkształcenia granicznego, do wartości odkształcenia granicznego ε_{gr} przy którym siła naporu stabilizowała się. Wartość naporu wyznaczono w tym przedziale stosując interpolację liniową pomiędzy wartością określoną na końcu przedziału pierwszego oraz wartością graniczną równą parciu biernemu. W celu umożliwienia wykorzystania tych zależności zbudowano nomogram pozwalający na ocenę wartości odkształcenia granicznego ε_{gr}. *Metoda Mt* w swych założeniach granicznych wartości naporu nawiązuje do istniejących metod obliczeniowych. Jest jednak bardziej rozbudowana w przypadku określania granicznej wartości odkształcenia poziomego podłoża ε_{gr}. Widocznym skutkiem uzależnienia jej nie tylko od wysokości ściany ale również od czterech, dodatkowych parametrów jest uzyskanie odmiennego w stosunku do istniejących metod przebiegu mobilizacji siły naporu

Przeprowadzona analiza zgodności opracowanych przez autorkę metod określania naporu (*metoda Mn* i *metoda Mt*) oraz metod analitycznych wykazała pewne podobieństwa zwłaszcza przy zastosowaniu dla gruntu modelu stanu krytycznego Modified Cam-Clay. Konstytutywny model Modified Cam-Clay pozwala na bardziej realistyczne odtworzenie zachowania się gruntu poddanego poziomym odkształceniom zagęszczającym w obszarach jego naporu na zagłębioną w nim przeszkodę. Otrzymywane przy jego wykorzystaniu wartości maksymalnych sił naporu były nieomal w całym zakresie zmian większe niż te, które wynikały z teorii parcia, zgodne zaś z wynikami badań in situ oraz badań laboratoryjnych.

W niniejszej rozprawie problematyka określania naporu rozszerzona została o dodatkowe zagadnienie możliwości zmniejszenia tego oddziaływania poprzez usytuowanie przed narażoną na napór ścianą innej ściany lub poprzez zapewnienie możliwości odsunięcia ściany od gruntu w czasie jego zagęszczania.