

Andrzej SUROWIECKI

Politechnika Wrocławska

METODA BADAŃ GRUNTU ZBROJONEGO DLA CELÓW BUDOWNICTWA KOLEJOWEGO

Streszczenie. W referacie omówiono laboratoryjną metodę badawczą gruntu zbrojonego, w celu wykorzystania do racjonalnego kształtowania kolejowych budowli ziemnych. Otrzymane wyniki badań mogą stanowić podstawę do opracowania sposobu wymiarowania gruntu zbrojonego.

1. WSTĘP

Przez centralne rejony niektórych dużych miast przebiegają trasy linii kolejowych (często dwu lub wielotorowych) w nasypach lub wykopach, które zajmują dość szeroki pas wartościowych terenów budowlanych. Zastosowanie pionowych skarp w budowlach ziemnych kolejowych spowodowałoby znaczne ograniczenie strat terenów miejskich. Problem ten został już ogólnie zasygnalizowany w kraju, a.in. w roku 1985 [2].

W niniejszym referacie zaproponowano laboratoryjną metodę badawczą gruntu zbrojonego, która ma na celu określenie wpływu zbrojenia na zmienną wielkość klina odbiłu gruntu. Metoda ta mogłaby stanowić podstawę wyjściową do projektowania ekonomicznych komunikacyjnych konstrukcji oporowych o pionowej skarpie z gruntu zbrojonego, a w szczególności dostarczyć wytycznych do wymiarowania zbrojenia.

2. CEL I PRZEDMIOT BADAŃ

Rozpatrywany jest grunt zbrojony wg pomysłu H. Videla [5], który stanowi materiał konstrukcyjny nasypu ziemnego o pionowej skarpie. W takich konstrukcjach, z uwagi na ekonomikę wykonawstwa, ważne jest przyjęcie odpowiedniego mechanizmu zniszczenia i w rezultacie prawidłowe określenie powierzchni peźlizgu.

Wykonano badania doświadczalne podstawowe, o charakterze porównawczym, na modelu laboratoryjnym. Badania te dotyczyły sypkiego gruntu zbrojonego i niezbrojonego. Stanowią one podstawę wyjściową do opracowania metody wyznaczenia wielkości klina odbiłu dla gruntu zbrojonego i wymiarowania konstrukcji oporowych z tego materiału, dla przyjętych kryteriów (np. minimum zbrojenia).

Celem badań było określenie wielkości klina odłamu w piasku zbrojonym w stosunku do niezbrojonego oraz zmiany wielkości tego klina, zależnie od ilości i rodzaju zbrojenia.

Przedmiotem badań były:

- Pomiary wielkości i rozkładu parcia bocznego w modelu skarpy pionowej z gruntu zbrojonego, obciążonego przemieszczającym się poziomym "stem-plem".
- Pomiary odkształceń wkładem zbrojeniewych w gruncie, metodą tensometrii elektrooporowej, dla zmiennej ilości poziomego zbrojenia warstwowego.

Postawiono ogólne tezy, wynikające z celu badań:

- Za pomocą proponowanej, laboratoryjnej metody badawczej można określić zmniejszenie wielkości klina odłamu w piasku zbrojonym, w odniesieniu do piasku bez zbrojenia.
- Wielkość klina odłamu w gruncie zbrojonym zależy od ilości i rodzaju zbrojenia.

3. SPOSÓB WYKONANIA BADAŃ

Jak wiadomo, grunt zelegający za ścianą oporową może znajdować się w różnych stanach równowagi [1]. Stan równowagi gruntu, istniejący bez przemieszczenia idealnie sztywnej ściany oporowej, jest określony przez parcie spoczynkowe. Wywołanie stanu parcia gruntu czynnego lub biernego wymaga przemieszczenia ściany.

Z podjęcia teoretycznego do problematyki parcia wynika (R. Piętkowski, Cz. Bojarski [3]), że stosunek pomiędzy naprężeniami poziomymi i pionowymi może się kształtować dla każdego gruntu w dość szerokich granicach, nie wywołując jeszcze ruchu klina odłamu, a więc nie powodując powstania żadnego z dwóch ekstremalnych stanów równowagi granicznej. W związku z tym istotną rolę mają do spełnienia możliwości przemieszczeń ściany oporowej względem osywu gruntowego, pozwalające na przyjęcie mechanizmu zniszczenia gruntu i w rezultacie prawidłowe określenie powierzchni podlizgu.

Badania doświadczalne parcia bocznego czynnego były wykonywane wielokrotnie (K. Terzaghi, D. Taylor i inni). W zależności od rodzaju sztucznie wymuszonego przemieszczenia sztywnej ściany oporowej (obrót wokół dolnej lub górnej krawędzi ściany albo prze sunięcie równoległe) otrzymywano zakrzywioną powierzchnię podlizgu lub płaszczyznę. Ponadto (wg C.A. Dubrowy) zeienia się też kształt krzywej rozkładu parcia i położenie środka ciężkości tego wykresu. Badania te, w odniesieniu do parcia granicznego i rozmiarów klina odłamu, były przypuszczalnie obarczone błędem wynikającym ze sposobu zadanego przemieszczenia ściany i tarcia na kontakcie grunt-powierzchnie boczne pojemnika badawczego.

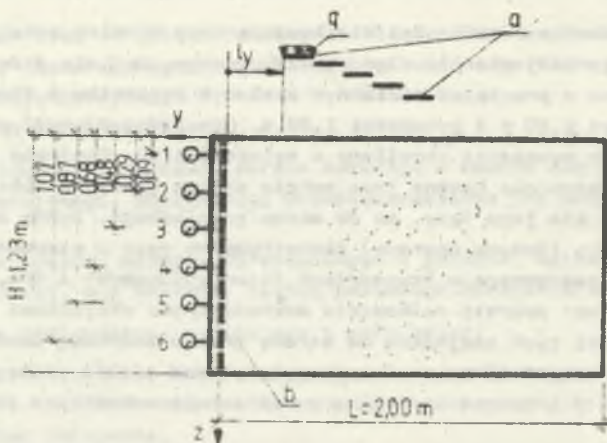
Stanowisko badawcze autora jest wielkowymiarowym modelem symulacyjnym pracy nasypu o pionowej skarpie z gruntu zbrojonego. Badania doświadczalne były wykonywane w prostopadłościennym stalowym pojemniku o długości 2,00 m, szerokości 1,20 m i wysokości 1,23 m. Niezbędną długość pojemnika w stosunku do jego wysokości określono z zależności Ch. Coulomba przyjmując, że na tym stanowisku badana jest parcia czynna gruntu w zakresie obejmująca wszystkie jego fazy, aż do stanu granicznego. Jedną ze ścian czołowych pojemnika (ściana oporowa) skonstruowana jest z pionowego szkieletu, nieruchomo osadzonego w krawędziach ścian podłużnych i dna. Szkielec ściany czołowej jest pokryty całkowicie mechanicznymi czujnikami ciśnienia poziomych. Końcówki tych czujników od strony gruntu stanowią kwadratowe płytki stalowe o bokach 60 mm, które niezależnie od siebie zbierają lokalną parcia gruntu i tworzą jednolitą powierzchnię wewnętrzną ściany oporowej.

Sztywna ściana oporowa skonstruowana została celowo jako nieruchoma. Należy zauważyć, że w skutek specyficznej konstrukcji powierzchni wewnętrznej ściany, istnieje trwały kontakt z napierającą gruntem (pomijając lokalne, możliwe układy skłapieniowe ziarn gruntu). Charakter odkształceń elementów przemieszczających się ściany oporowej jest adekwatny do odkształceń gruntu. Przyjęta konstrukcja ściany oporowej gwarantuje eliminację zakłóceń, występujących przy badaniu parcia i położenia powierzchni poślizgu metodami "klasycznymi".

Zastosowana technika badawcza wymagała wprowadzenia obciążenia naziomu, które wzbudzało zmianę stanu parcia gruntu na ścianę, w zakresie od wartości parcia spoczynkowego do granicznego czynnego. Stan gruntu, w którym wytworzył się klin odłamu dążący do poślizgu, osiągnięto poprzez zastosowanie obciążenia naziomu równomiernie rozłożonego pasowego, pionowego i zlokalizowanego poziomo oraz równoległe do ściany oporowej (rys. 1). Wielkość tego obciążenia, jednakowe dla wszystkich doświadczeń, została ustalona drogą prób (poprzez testowanie przebiegu parcia piasku i faz osiadania konstrukcji obciążającej naziom), jako minimalna, lecz konieczna do spowodowania ruchu klina wzdłuż poszukiwanej powierzchni poślizgu.

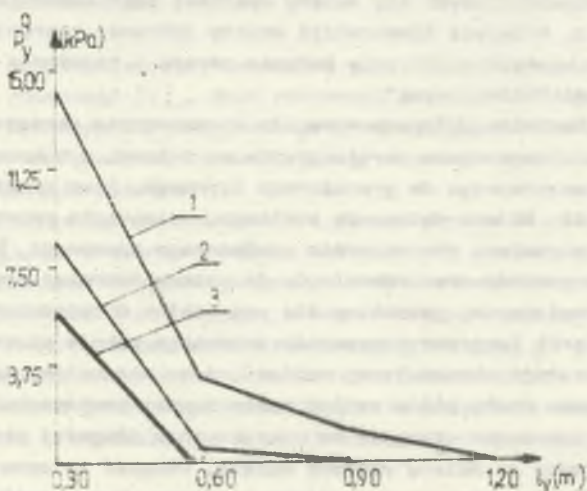
Przyjęta metoda badań polegała na poszukiwaniu długości strefy wpływu parcia klina gruntu na ścianę oporową modelu. Długość tę oznaczono przez l_{ygr} i jest zmienna na wysokości ściany oporowej. W szczególności analizowano zmiany wartości przyrostów parcia gruntu od obciążenia naziomu (w stosunku do parcia gruntu nieobciążonego) jako funkcję odległości l pasa obciążającego od wewnętrznej powierzchni ściany oporowej (rys. 1). Na podstawie przebiegu zjawiska zanikania przyrostów parcia w miarę oddalania pasa obciążającego od ściany, określono rozmiary klina odłamu w stanie granicznym czynnym.

Na rys. 2 pokazano proces zanikania wpływu obciążenia naziomu $q=63$ kPa, na parcia piasku suchego luźno usypanego niezbrojonego (krzywa 1) i zbrojonego (krzywa 2 i 3) na głębokości ściany oporowej $z = 0,09$ m od góry,



Rys. 1. Przekrój pionowy podłużny przez pojemnik na grunt z pokazaniem sposobu obciążenia naziemu stępem (a), b - ściana oporowa modelu

Fig. 1. Longitudinal vertical section through the container with the ground: a - loading shore, b - retaining wall



Rys. 2. Proceś zaniku wpływu obciążenia naziemu $q = 63$ kPa na stan pęrcia piasku suchego, luźno usypanego, na wysokości ściany oporowej $z = 0,09$ m od góry, w funkcji odległości stępem od ściany.

Oznaczenia: 1 - piasek niezbrojony, 2 - zbrojenie taśmami stalowymi w pięciu poziomych warstwach po 9 sztuk w warstwie, 3 - zbrojenie jak powyżej, lecz taśmy z opozami na powierzchniach

Fig. 2. Influence of surcharge load on the dry-sand pressure, loose poured, on height of the retaining wall $z = 0,09$ m in function of displacement of the loading shore

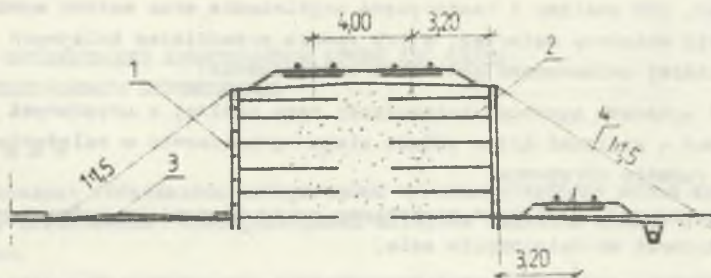
1 - reinforced sand, 2 and 3 - sand without reinforcement

w funkcji odległości stępła obciążającego od tej ściany. Zasięg strefy wpływu (1 ygr) jest znacznie mniejszy w gruncie zbrojonym i zależy od rodzaju zbrojenia.

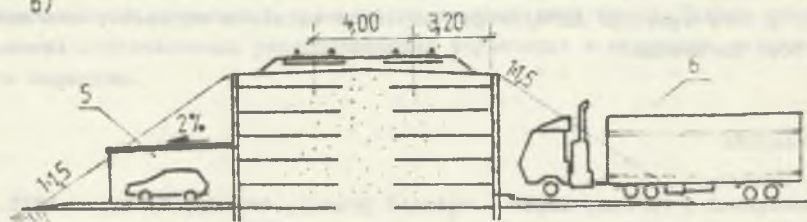
4. PRZYKŁADY EKONOMICZNYCH ROZWIĄZAŃ KOLEJOWYCH BUDOWLI ZIEMNYCH

W przypadku budowy trasy kolejowej w nasypie, zastosowanie gruntu zbrojonego umożliwi budowę ciągów komunikacyjnych miejskich (rys. 3a), parkingów albo garaży (rys. 3b) na terenie odzyskany. Skarpy wykopów istniejących tras kolejowych można przebudować według schematu na rys. 4. Wtedy uzyskuje się (powyżej trasy) tereny dla komunikacji miejskiej (np. ulicę lub torowisko szybkiej kolei miejskiej). W literaturze (np. [4]) przedstawiono wiele rozwiązań ścian osłonowych (1) z umożliwieniem odprowadzenia wody na zewnątrz, np. do koryt odwadniających (2). Rozwiązania tras kolejowych na terenach miejskich, które powyżej przedstawiono, są od szeregu lat wprowadzane w innych krajach. Wyniki badań autora potwierdzają ekonomiczne zastosowanie gruntu zbrojonego w kolejowym budownictwie ziemnym.

a)



b)

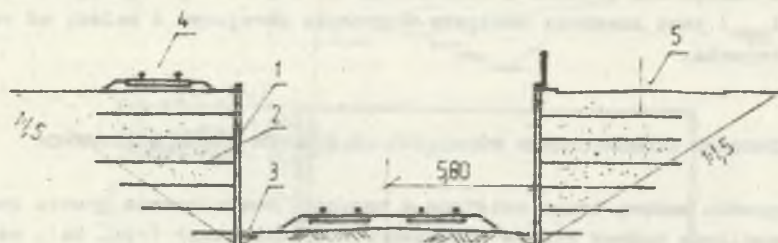


Rys. 3a, b. Koncepcja budowy linii kolejowej w nasypie z gruntu zbrojonego z wykorzystaniem terenu przyległego

1 - ściana osłonowa, 2 - zbrojenie, 3 - ulica, 4 - tor szybkiej kolei miejskiej, 5 - garaż, 6 - parking

Fig. 3a, b. Konstruktion of railway embankment from reinforced ground with using of the clinging area

1 - curtain wall, 2 - srwature, 3 - street, 4 - track of subway, 5 - garage, 6 - car-park



Rys. 4. Koncepcja przebudowy skarp istniejącej linii kolejowej w wykopie
 1 - ściana osłonowa, 2 - zbrojenie, 3 - żelbetowa rynna ściękowa, 4 - tor szybkiej kolei miejskiej, 5 - ulica

Fig. 4. Reconstruction of railway cut slope

1 - curtain wall, 2 - armature, 3 - gutter, 4 - track of subway, 5 - street

5. PODSUMOWANIE

Wyniki badań, ich analiza i teoretyczne uogólnienie oraz metoda wymiarowania stanowią obszerny materiał, który będzie przedmiotem kolejnych publikacji. Poniżej umieszczono generalne stwierdzenia:

- W roku badań wykazano zgodność postawionej tezy ogólnej z uzyskanymi wynikami badań - wielkość klina odłamu ulega ograniczeniu w zależności od ilości i rodzaju zbrojenia.
- Zweryfikowane zostały założenia mechanizmu pracy stanowiska badawczego i jego przydatność do osiągnięcia celu.
- Otrzymane wyniki badań mogą stanowić wystarczającą podstawę do wymiarowania gruntu sypkiego zbrojonego, ponieważ ustalono minimalną ekonomiczną ilość zbrojenia.

LITERATURA

- [1] Dembicki E., Parcie, odpór i nośność gruntu, Arkady, Warszawa 1979.
- [2] Kuczyński J., Wysocki L., Racjonalne kształtowanie skarp wykopów i nasypów kolejowych, w celu zaniejszenia strat terenów przydatnych dla celów budowlanych, Pr. Nauk. I.I.L., P. Wr., Nr 31, Si. Konf., nr 11, Wrocław 1985, s. 129-133.
- [3] Piętkowski R., Cz. Bojarecki R., Mechanika gruntów, Arkady, Warszawa 1979.
- [4] Schlosser F., Grunt zbrojony w budownictwie lądowym, Arch. Hydrot., t. XXI, z. 2, 1974, s. 299-336.

[5] Vidal H., La terre armée, Annales de L. I. T. B. T. P., Nr 299, Nov., 1972, S: Mat., nr 43, s. 140-176.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Maciej Gryczmański

Wpłynęło do Redakcji 8.02.1991 r.

METHOD OF TESTING OF A REINFORCED SOIL FOR RAILWAY ENGINEERING

Summary

The paper gives a description of method of testing of the reinforced soil which is the composite of the embankment with the vertical slope. In this investigation was the dimension of soil wedge specified.

There are showed the possibility of rational constructions for the railway earthen structures on the towns terrain with the reinforced soil application.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ АРМИРОВАННОЙ ПОЧВЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Резюме

В докладе обсуждается лабораторный исследовательский метод армированной почвы, составляющей конструкторский материал земляной насыпи с вертикальным откосом.

Представлены возможности рациональных конструкторских решений для железно-дорожных земляных сооружений с применением армированной почвы. Поданы также предложения использования рекуперационной территории в окружении железнодорожного маршрута.