

*Wojciech Kozłowski*

## **BADANIA DOŚWIADCZALNE ODKSZTAŁCENÍ MODUŁU GABIONOWEJ ŚCIANY OPOROWEJ NASYPU DRÓG WIEJSKICH**

### **Streszczenie**

Omówiono wyniki badań doświadczalnych pracy w zakresie sprężysto-plastycznym modelu kosza siatkowego kamiennego (gabionu) stanowiącego element ściany oporowej nasypu dróg wiejskich. Model gabionu wykonano w kształcie prostopadłościanu o wymiarach w planie 0,52 x 0,52 i wysokości 0,42 m. Model składa się z obudowy wykonanej z siatki stalowej sześciokątnej. Wnętrze obudowy jest wypełnione materiałem kamiennym. Obiekt umieszczono w pojemniku o specjalnej konstrukcji – ściany i dno złożone są z elementów o niezależnej od siebie, kontrolowanej odkształcalności. Model był obciążany pionowo, naciskiem statycznym w sposób centryczny. Wykonano pomiary odkształceń pionowych, poziomych i pionowych nacisków przekazywanych przez gabion na jednoparametrowe podłoże typu Winklera. Przyjęto parametry zmienne: sztywność powłoki siatkowej rodzaj wypełniającego materiału kamiennego. Stwierdzono redukcję nacisków na podłoże w zakresie od 15 do ponad 30% w odniesieniu do modelu bez powłoki, stanowiącego wzorzec. Ponadto pionowe naciski gabionu na podłoże ulegają zmniejszeniu w miarę zwiększenia sztywności powłoki. Przypuszcza się, że praca obciążonego gabionu jest zdeterminowana jakością współdziałania między ziarnami kruszywa stanowiącego zasypkę i prętami siatki będącej obudową. Natomiast zjawisko współdziałania i jego nasilenie jest związane: z tarciami i poślizgiem na kontakcie ziaren kruszywa z prętami siatki oraz klinowaniem się ziaren w oczkach siatki.

**Słowa kluczowe:** drogi wiejskie, nasypy, ściany oporowe, odkształcenia, badania doświadczalne

## WPROWADZENIE

Obiektem badań jest pojedynczy kosz siatkowo-kamienny, wchodzący w skład pionowej ściany oporowej nasypu drogowego na terenach wiejskich. Ściany oporowe złożone z elementów gabionowych nie są rozwiązaniem nowym [Jarominiak 2002; Kopiński, Surowiecki 2000]. W Polsce w latach 90. XX wieku zaczęto wdrażać to rozwiązanie na szeroką skalę w inżynierii lądowej i wodnej, na przykład jako ściany oporowe nasypów drogowych i kolejowych, przyczółki mostowe, zabezpieczenie brzegów rzek i klifu morskiego przed osuwiskiem. W publikacjach [Surowiecki 2000, 2001] podano wybrane przykłady zastosowania gabionów na Dolnym Śląsku (głównie jako technologia odbudowy nasypów drogowych i brzegu rzek zniszczonych wskutek powodzi roku 1997) oraz na wybrzeżu gdańskim. Istnieje wiele możliwości aranżacji układu gabionów tworzących ścianę:

- lico ściany gładkie od zewnątrz, ściana pionowa lub nachylona względem poziomu,
- lico ściany gładkie od wewnątrz, po stronie zewnętrznej układ gabionów "tarasowy", ściana pionowa lub nachylona względem pionu,
- układ gabionów obustronnie tarasowy (gabiony zlokalizowane na „zakładkę”).

Z powyższych rozważań uwidacznia się wpływ konfiguracji ściany gabionowej na sposób przekazu obciążeń między poszczególnymi gabionami (modułami ściany).

Referat ma na celu prezentację wstępnych badań laboratoryjnych, dotyczących pracy w zakresie odkształceń pojedynczego elementu gabionowego, pod wpływem statycznego obciążenia równomiernie rozłożonego, zlokalizowanego pionowo w stropie modelu. Jest to pierwszy etap realizowanego zadania badawczego. Kolejne etapy obejmować będą problemy:

- zmiany charakteru, kierunku działania i przyłożenia obciążenia zewnętrznego (siła skupiona pozioma, pionowa lub ukośna działająca centrycznie albo w narożu; zespół sił skupionych),
- opracowanie teoretycznego modelu pracy pojedynczego gabionu, przyjmując parametry zmienne: sztywność powłoki, rodzaj materiału wypełniającego, sposób przyłożenia obciążenia i kierunek obciążenia,
- analiza stateczności ściany oporowej złożonej z gabionów w zależności od konfiguracji i jakości współpracy między gabionami (kosze ułożone luźno lub połączone „spinaczami”).

## OPIS BADAŃ LABORATORYJNYCH ODKSZTAŁCEŃ MODELU GABIONU

Badania doświadczalne wykonano w celu oszacowania zakresu redukcji nacisków pionowych elementu gabionowego na podłoże w odniesieniu do warstwy ośrodka ziarnistego bez obudowy siatkowej. Model gabionu znajdował się w prostopadłościennym pojemniku o wymiarach w planie 0,54 x 0,54 m i wysokości 0,42 m [Kopiński, Surowiecki 2000; Surowiecki 2000, 2001]. Powłokę modelu stanowiła siatka stalowa z drutu C100G z sześciokątnymi oczkami o wymiarze 50 x 70 mm, czyli oryginalna siatka stosowana przez budowniczych ścian oporowych złożonych z gabionów (rys. 1, 2).



**Rysunek 1.** Model kosza gabionowego  
**Figure 1.** The gabion's basket model



**Rysunek 2.** Stanowisko badawcze  
**Figure 2.** The laboratory position

Jako materiał wypełniający stosowano tłużeń bazaltowy o wymiarze ziaren 60–80 mm (kąt tarcia wewnętrzznego  $\varphi = 44,1^{\circ}$ ), grys bazaltowy o wielkości ziaren 8–16 mm (kąt  $\varphi = 38,7^{\circ}$ ) oraz rzeczny piasek gruboziarnisty ( $\varphi = 30,2^{\circ}$ ). Z uwagi na wielkość ziaren grysu i piasku mniejszą niż wymiar oczek siatki, przed napełnieniem kosza tymi materiałami w ścianach i dnie rozścielono folię PGV zapobiegającą wysypywaniu się kruszywa na zewnątrz. Pojemnik, w którym znajdowały się modele charakteryzuje się oryginalną konstrukcją ścian i dna, które umożliwiają pomiary odkształceń poziomych i pionowych modelu pod wpływem obciążenia zewnętrznego. Obciążenie przekazywane było na strop modelu przy użyciu stalowej sztywnej kwadratowej płyty jako nacisk statyczny w zakresie 0–24,53 kN zlokalizowany centrycznie. Wartość obciążenia determinowała zjawisko stanu granicznego czynnego parcia modelu na ściany pojemnika. Badania miały charakter porównawczy – pomierzone odkształcenia gabionów porównywano z analogicznymi odkształceniami prostopadłościennej bryły materiału ziarnistego bez osłony siatkowej.

## WYNIKI BADAŃ

W procesie badań oszacowano następujące wielkości:

- jednostkowe poziome parcie modeli na podstawie pomiarów odkształceń poziomych,
- pionowe naciski na jednoparametrowe podłoże Winklera na podstawie pomiarów odkształceń pionowych wykonane w dnie pojemnika,
- osiadanie płyty obciążającej modele (jako średnia arytmetyczna z osiadania czterech narożników płyty).

W referacie ograniczono się do przedstawienia odkształceń dna kosza siatkowo kamiennego, czyli do pionowych nacisków na podłoże. Wartości nacisków  $p_z$  obliczono według zależności:

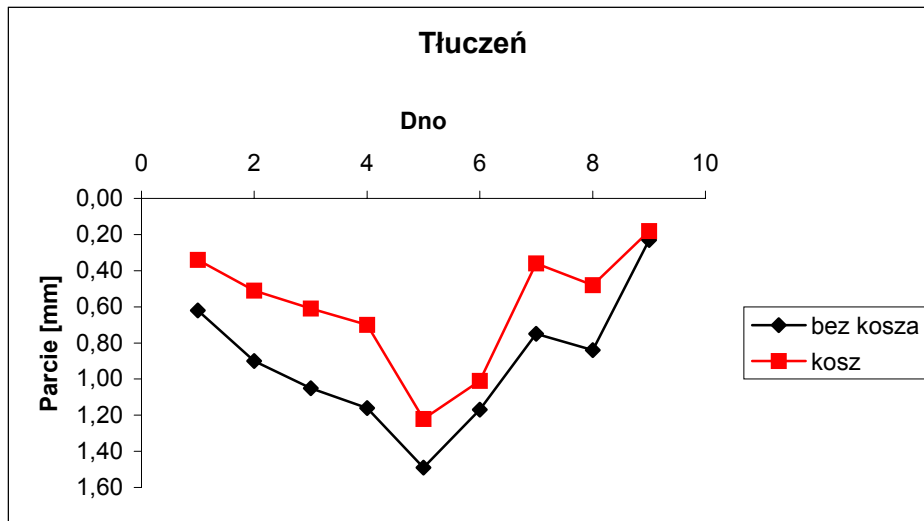
$$P_z = C \Delta z \quad (1)$$

gdzie:

$C$  – stała sprężystości mechanicznych czujników dna pojemnika [N/mm<sup>3</sup>],

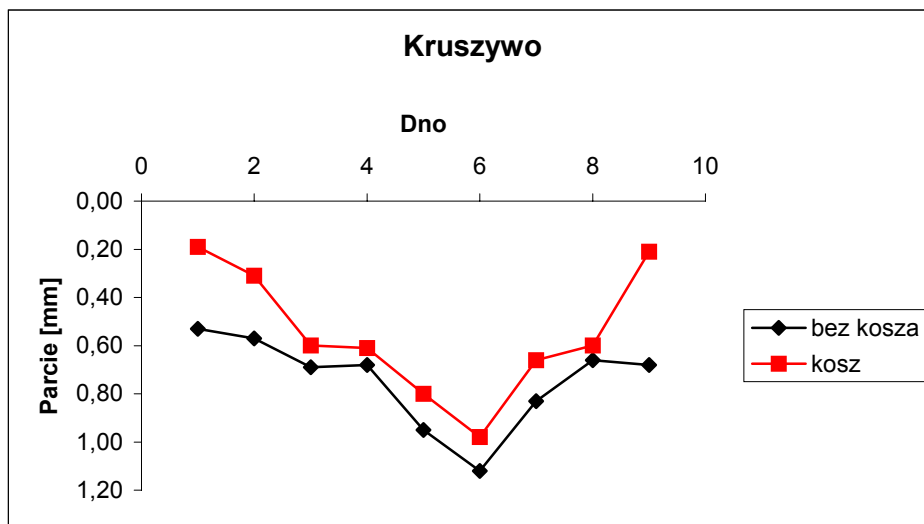
$\Delta z$  – liniowe odkształcenia pionowe dna pojemnika [10<sup>-2</sup> mm]. .

Na rysunkach 3, 4 i 5 pokazano naciski (pionowe parcie) modeli gabionów z wypełnieniem tłuczniem bazaltowym, grysem bazaltowym (zdefiniowanym jako kruszywo) oraz piaskiem, a także w celach porównawczych naciski modeli ośrodka ziarnistego bez kosza siatkowego. Wykresy wykonano przy obciążeniu  $Q = 24,53$  kN. Na osi poziomej podano numerację czujników jednej z osi głównych centralnych dna, natomiast oś pionowa odwzorowuje pionowe parcie, którego miarą są przemieszczenia pionowe czujników (przemieszczenie  $\Delta z = 1$  mm jest odpowiednikiem parcia o wartości  $p_z = 0,16$  N/m<sup>2</sup>). Dla wszystkich trzech rodzajów materiału wypełniającego kosze stwierdzono redukcję nacisków na podłoże w odniesieniu do modeli bez kosza siatkowego.



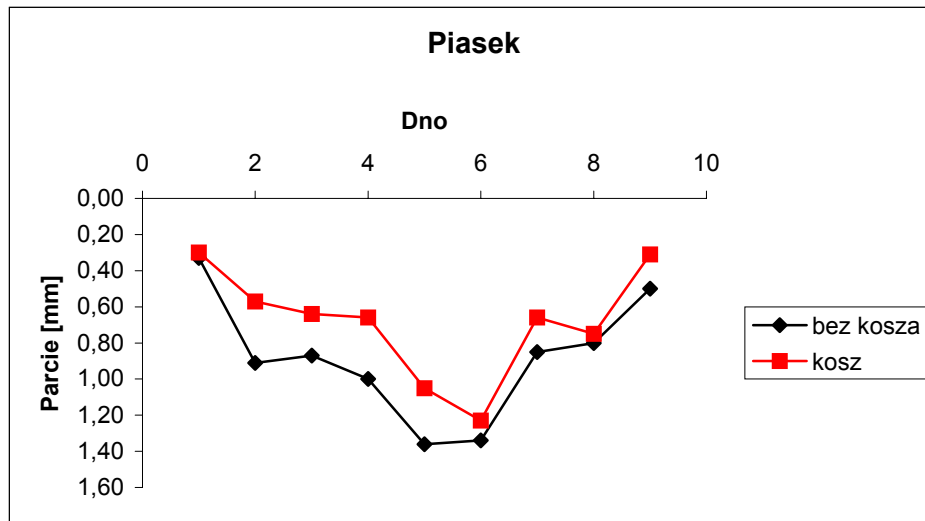
**Rysunek 3.** Odkształcenie dna kosza gabionowego oraz samego materiału gruntowego-tłucznia dla stanu obciążenia  $Q = 24,53$  kN

**Figure 3.** The deformation the gabion's basket gout and ground material – the broken stone for the weight  $Q = 24, 53$  kN



**Rysunek 4.** Odkształcenie dna kosza gabionowego oraz samego materiału gruntowego – kruszywa dla stanu obciążenia  $Q = 24,53$  kN

**Figure 4.** The deformation the gabion's basket gout and ground material – the aggregate for the weight  $Q = 24, 53$  kN



**Rysunek 5.** Odkształcenie dna kosza gabionowego oraz samego materiału gruntowego – piasku dla stanu obciążenia  $Q = 24,53 \text{ kN}$   
**Figure 5.** The deformation the gabion's basket gout and ground material – the sand for the weight  $Q = 24, 53 \text{ kN}$

### UWAGI PODSUMOWUJĄCE WNIOSKI

Wyniki badań doświadczalnych wykazały ograniczenie naprężeń pionowych przekazywanych przez bryłę medium ziarnistego po zastosowaniu powłoki siatkowej. Konstrukcje gabionowe mogą zatem mieć zastosowanie w celu na przykład:

- częściowego przejęcia sił wewnętrznych od obciążonych nasypów drogowych, a więc jako ściany oporowe nasypów lub obudowa przyczółków mostowych,

- wzmacniania słabego podłoża nasypów komunikacyjnych albo ochrony klifów morskich przed abrazją (w tych przypadkach mają zastosowanie tzw. materace gabionowe).

Do ważniejszych wniosków należą:

1. maksymalną redukcję pionowego parcia stwierdzono w przypadku koszy wypełnionych tłuczniem (ponad 30 %), redukcja dla grysu i piasku osiąga wartość zbliżoną (15–20 %),

2. zmniejszenie nacisków pionowych gabionu na podłoże wynika ze zjawiska współpracy między materiałem ziarnistym a powłoką

siatkową (tarcie na kontakcie kruszywo – pręt siatki i klinowanie ziaren między prętami),

3. mniejsze wartości kąta tarcia wewnętrznego piasku i grysu; brak bezpośredniego kontaktu między ziarnami tych kruszyw a prętami siatki w związku z faktem rozścielenia folii PCV na wewnętrznych powierzchniach ścian i dna kosza, poślizgi ziaren na kontakcie z folią – są czynnikami powodującymi osłabienie redukcji nacisków pionowych.

## BIBLIOGRAFIA

- Jarominiak A. *Lekkie konstrukcje oporowe*. WKiŁ Warszawa 2002.
- Kopiński M., Surowiecki A. *Nowoczesne systemy wzmocnienia kolejowych budowli ziemnych*. Problemy Kolejnictwa, z. 131, CNTK, Warszawa 2000, s. 68–107
- Kopiński M., Surowiecki A. *Gabiony jako elementy napraw budowli inżynierskich*. 2 Międzynarodna Vedecka Konferencja „Vyuzitie Netradicnych technologii v pozemnom a dopravnom Stavitelstve”, Zilinska Univerzita, Fakulta Specialneho Inzinierstva, Zilina (Slovakia), 14. november, 2000, s. 65–76
- Surowiecki A. *Możliwości adaptacji systemu lekkich ścian oporowych w podtorzu*. Mat. I Konf. Nauk.-Techn. „Problemy modernizacji i naprawy podtorza kolejowego”, SITK, CNTK, Politechnika Wr., Wrocław–Żmigród 29–30.06, 2000, s. 147–154
- Surowiecki A. *Podstawy projektowania zabezpieczeń podtorza przy użyciu gabionów*. Mat. I Konf. Nauk.-Techn. „Problemy modernizacji i naprawy podtorza kolejowego”, SITK, CNTK, Politechnika Wr., Wrocław–Żmigród 29–30.06, 2000, s. 155–162
- Surowiecki A. *O projektowaniu konstrukcji gabionowych w budownictwie komunikacyjnym*. Drogownictwo Rok LVI, nr 3, 2000, s. 81–86

*Referat wykonano na podstawie realizowanego projektu badawczego Nr 4 T12C 054 26, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji, 00-529 Warszawa, ul. Wspólna 1/3.*

Mgr inż. Wojciech Kozłowski  
Instytut Budownictwa i Architektury Krajobrazu  
Akademia Rolniczej we Wrocławiu,  
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław;  
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, ul. Nowelska 6,  
01-447 Warszawa,  
email: mr@jaracza.osiedla.net

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Czesław Rycqbel*



*Wojciech Kozłowski*

## **LABORATORY TESTS OF DEFORMATIONS OF RETAINING WALL GABION-ELEMENT OF THE COUNTRY ROADS EMBANKMENT**

### **SUMMARY**

In the paper were described the research results of in the elastic plastic range work of grid – stone basket model (gabion), making the retaining wall element of country roads embankment. The gabion model was executed in the cuboid form with dimensions in the location plan 0,52 x 0,52 m and 0,42 m height. The gabion model is assembled with shield constructed with hexagon mesh steel grid. The inside of shield is filled with stone material. The object was placed in the special construction container – the walls and the bottom are constructed with the elements, independently deforming. The model of gabion was vertical loaded, with statical central pressure. Were executed the measurements of the vertical and horizontal pressure and also the vertical pressure delivered at the one – parameter type Winkler ground. Were founded the variable parameters: suppleness of grid coat and the sort of filling stone material. Were ascertained the reduction of pressure at the basis in the range from 15 to above 30 % with reference to the without coat model, making the pattern. Besides, verticale pressure of gabion at the basis suffers reduction moderately diminution of coat suppleness. Presumably, the work of loaded gabion is determined with the quality of co-operation between stone- grains detrmining the fill and the grid rods as the casing. However the phenomenon of co-operation and his intensity is the effect of: friction and slide at the contact of stone – grains with the grid rods also the location the grains in the grid mesh.

**Key words:** country roads, embankments, retaining walls, gabion element, deformations, laboratory tests