



PRZYKŁAD AWARII KONSTRUKCJI OPOROWEJ WYKONANEJ Z GABIONÓW

JACEK KAWALEC, *jacek.kawalec@polsl.pl*

Katedra Geotechniki, Politechnika Śląska w Gliwicach

Streszczenie: Na budowie obiektu kubaturowego w jednym ze Śląskich miast zaprojektowano umocnienie skarpy nasypu wokół obiektu w postaci koszy gabionowych. Po krótkim czasie od ich instalacji, jeszcze przed oddaniem obiektu do użytkowania, stwierdzono deformację konstrukcji. Referat omawia wymagania projektu i specyfikacji oraz przyczyny jakie doprowadziły do uszkodzenia konstrukcji z koszy gabionowych.

Słowa kluczowe: gabiony, awarie konstrukcji oporowej.

1. Wstęp

Konstrukcje oporowe czy inne konstrukcje zabezpieczające skarpy coraz rzadziej wykonywane są metodami klasycznymi. Projektanci, wykonawcy oraz inwestorzy coraz częściej skłaniają się ku wykorzystaniu nowoczesnych technologii geonżynierskich. Do takich zaliczyć można konstrukcje oporowe z wykorzystaniem koszy gabionowych. Niestety w ślad za szeroką ofertą producentów dotyczącą dostawy samych elementów gabionowych nie nadąża regulacja w zakresie projektowania konstrukcji, brak też jednoznacznych wytycznych do realizacji. W przypadku zabezpieczenia skarp bardzo często same elementy oblicowujące nie są w stanie zastąpić kompleksowego rozwiązania geotechnicznego, szczególnie w przypadkach, gdy brakuje geotechnicznej analizy zagrożenia stateczności. Czasem zbyt potocznie rozumie się pojęcie "ściana z gabionów", jako konstrukcja dla której do zapewnienia stateczności wystarczy same kosze gabionowe.

W referacie opisano skutki wykonania zabezpieczenia skarpy nasypu z oblicowaniem z koszy gabionowych wykonanych bez żadnej analizy geotechnicznej. Zwrócono uwagę na błędy projektu i specyfikacji oraz na błędy wykonawcze. Omówiono przyczyny powstania awarii i wskazano możliwe kierunki naprawy.

2. Opis warunków gruntowych oraz charakterystyka przygotowania podłoża

Inwestycja w postaci budynku biurowego, przy którym zaprojektowano konstrukcję z koszy gabionowych, została zrealizowana na obszarze będącym przykładem przywrócenia terenów zdegradowanych dla budownictwa. Geologiczne rozpoznanie podłoża wykonane do głębokości 8,0–12,0 m wykazało, iż teren był pokryty warstwą nasypów niebudowlanych o miąższości 3,5–4,9 m. W składzie nasypów stwierdzono występowanie żużli, piasku, kamieni, cegły oraz glin w różnych stanach. Pod warstwą nasypów stwierdzono występowanie utworów wodnolodowcowych wykształconych w postaci glin z kamieniami w stanie plastycznym i twardoplastycznym. Dodatkowo, na terenie przeznaczonym pod inwestycję, w latach przed i powojennych prowadzona była zarówno płytka jak i głęboka eksploatacja górnicza w pokładach z grup 500 i 600. Wykonane badania geofizyczne wykazały obecność licznych anomalii w postaci szczelin i pustek w obrębie planowanej inwestycji. Skutkowało to opracowaniem dokumentacji prac wiertniczych podszadkowo-iniekcyjnych w obrębie planowanego budynku, wskazano miejsca

otworów o głębokościach 40–55 m dla celów wtłoczenia zaczynu cementowo-popiołowego wodnego mającego wypełnić pustki w górotworze. Projekt uzdatnienia podłoża dla celów budowlanych zakładał dwukrotne wykonanie badań geofizycznych metodą profilowania elektrooporowego najpierw przed przystąpieniem do wypełniania pustek górotworu, a następnie po ich wypełnieniu dla celów weryfikacji skuteczności likwidacji anomalii w podłożu. Ponieważ po wykonaniu iniekcji nie stwierdzono występowania w podłożu pustek uznano obszar za przydatny do zabudowy, nie zarejestrowano również żadnych anomalii świadczących o możliwości wystąpienia zagrożeń skutkujących deformacjami nieciągłymi terenu. W konsekwencji, po usunięciu zagrożenia anomaliami geologicznymi, warunki gruntowe dla rozpatrywanego terenu zaliczono do geotechnicznych warunków złożonych, a dla inwestycji przyjęto drugą kategorię geotechniczną.

Projektant obiektu uwzględniając te warunki gruntowe zdecydował o bezpośrednim posadowieniu obiektu na płycie opartej na istniejącym nasypie niekontrolowanym dogęszczonym technologią zagęszczania impulsowego. Opracowano projekt technologiczny wzmocnienia podłoża zakładający uzyskanie parametrów wzmocnionego podłoża opisanych wartościami granicznego oporu obliczeniowego q_{fn} na poziomie 260 kPa pod budynkiem oraz 80 kPa w rejonie części garażowej i parkingów.

Po dogęszczeniu podłoża wykonano badania odbiorowe stosując metodę próbnego obciążenia. Stwierdzono skuteczność wykonanego zagęszczenia impulsowego.

Na etapie opracowywania projektu posadowienia zamodelowano grunt do głębokości 12 m przyjmując, że nie ma już żadnych pustek ani nieciągłości. Przyjęto dla celów obliczeniowych sprężysto-idealnie plastyczny model Coulomba-Mohra. Parametry tego modelu decydujące o wytrzymałości materiału gruntowego dla stropowej części podłoża (warstw nasypów) oszacowano na podstawie analizy wstecznej wyników próbnych obciążeń wykonanych w ramach kontroli jakości wzmocnienia podłoża. Całkowite osiadanie płyty obiektu oszacowano w przedziale 4,6–6,7 cm.

Można więc uznać, iż posadowienie przedmiotowej konstrukcji oporowej z gabionów na wzmocnionym podłożu, konstrukcji której naciski na podłoże są zdecydowanie mniejsze niż przekazywane przez obiekt, nie powoduje ryzyka utraty nośności oraz przekroczenia dopuszczalnych osiadań podłoża. Ponieważ konstrukcja gabionowa jest konstrukcją podatną, jest dodatkowo bardziej odporna na nierównomierne osiadania. Tym samym uznać należy, iż późniejsza awaria nie związana była z współpracą konstrukcji z podłożem gruntowym.

3. Opis awarii ściany

W trakcie realizacji inwestycji, jeszcze przed oddaniem obiektu do użytkowania, stwierdzono uszkodzenie ściany gabionowej polegające na jej przesunięciu w poziomie elewacji do 40 cm na zewnątrz, przy czym podstawa ściany pozostała na swoim miejscu. Odształceniu uległy siatki gabionów, które zostały poskręcane i powyginane. Widok ściany w trakcie realizacji przedstawiono na rys. 1

W nocy poprzedzającej stwierdzenie awarii w lokalizacji inwestycji miały miejsce ekstremalne zjawiska atmosferyczne: burze i bardzo obfite opady deszczu. Wg danych IMiGW spadło nawet 30 litrów wody na 1 m² terenu. Te niekorzystne zjawiska atmosferyczne miały niewątpliwie swój wpływ na niedokończoną budowę ściany z koszy gabionowych.

W trakcie wizji lokalnej stwierdzono, iż do budowy stosowano kosze gabionowe dwuczęściowe, w których wypełnienie tylnej części kosza stanowi piasek. Wypełnienie kamienne wykonywane było jedynie w części przy licu konstrukcji. Materiał zasypowy uległ lokalnie przemieszczeniu. Analiza makroskopowa gruntu stosowanego do zasypki wykazała iż był to silnie zagliniony piasek drobny i pylasty (clsiSa/sic1Sa).



Rys. 1. Widok konstrukcji gabionowej w trakcie realizacji



Rys. 2. Widok uszkodzeń w dolnej części konstrukcji



Rys. 3. Rejon największego uszkodzenia ściany z gabionów



Rys. 4. Widok odchylonej konstrukcji z koszy gabionowych wzdłuż budynku

4. Analiza dokumentów opracowanych dla realizacji projektu

Aby zrozumieć przyczyny powstania awarii dokonano analizy dostępnych dokumentów, projektu oraz specyfikacji opracowanych dla wykonania konstrukcji z koszy gabionowych.

4.1. Projekt konstrukcji z koszy gabionowych

W projekcie wykonawczym [2] zapisano, iż do budowy muru należy użyć koszy gabionowych wykonanych z siatki stalowej zgrzewanej o oczkach kwadratowych $76,2 \times 76,2$ mm (nie dopuszczono do użycia siatki plecionej). Druk z którego jest wykonana siatka musiał być zabezpieczony przed korozją powłoką cynku i aluminium (95% Zn + 5% Al) o grubości min 240 g/m^2 . Kosze gabionowe-trapionowe powinny być łączone spiralą z drutu 3 mm w powłoce ZnAl min 240 g/m^2 lub stalowym drutem wiązałkowym zabezpieczonym powłoką antykorozyjną ZnAl min. 240 g/m^2 . Pojedynczy kosz miał mieć długość 1 m. Wewnątrz kosza znajdować się miały 2 równomiernie rozmieszczone ściągi wewnętrzne, łączące ścianę przednią i tylną kosza. Ściągi wewnętrzne miały za zadanie ograniczyć wybrzuszanie się kosza.

Jako wypełnienie kosza wg projektu należało zastosować kamień łamany, twardy, słabo nasiąkliwy typu granit, bazalt. Największe używane kamienie nie powinny przekraczać 2,5-krotnego wymiaru oczka siatki czyli ok. 200 mm. Kamień nakazano układać ręcznie celem maksymalnego ograniczenia pustych przestrzeni pomiędzy kamieniami. Kosze gabionowe wypełniające winny być kruszywem od góry i zamykane spiralami z drutu Zincal o średnicy 3,0 mm. Projekt zawierał zapis iż szczegółowe informacje dotyczące sposobu wykonania i montażu koszy gabionowych ujęte są w oddzielnej specyfikacji dotyczącej gabionów.

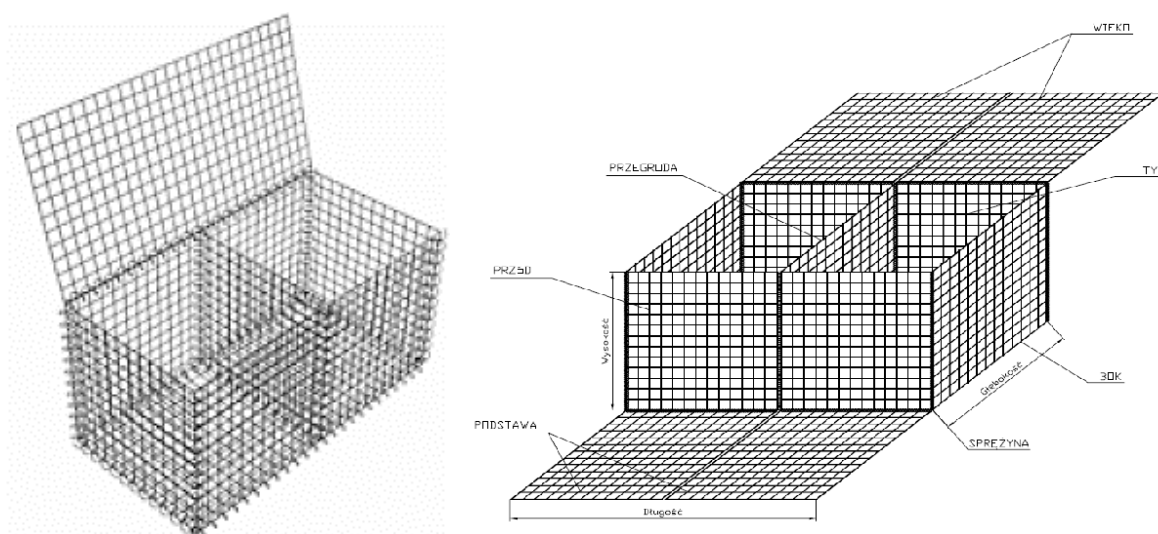
4.2. Specyfikacja techniczna dla konstrukcji z koszy gabionowych

Specyfikacja [6] w zakresie podstawowego opisu była w 100% kopią zapisów projektu przytoczonych w poprzednim podpunkcie.

Dodatkowo specyfikacja uściśliła zasady prowadzenia robót, związanych z wykonaniem umocnienia skarp koszami gabionowymi w zakresie:

- wyrównania i zagęszczenia podłoża gruntowego,
- wstępnego montażu pustych koszy gabionowych,
- wbudowania koszy w docelowe miejsce przeznaczenia,
- wypełniania koszy kamieniem o odpowiedniej frakcji,
- montażu pokryw koszy oraz połączenie konstrukcji w sposób zgodny z wymogami producenta,
- ułożeniu kolejnych warstw aż do wykonania całego nasypu.

Specyfikacja zawierała dwa rysunki koszy gabionowych.



Rys. 1 a i b. Rysunki koszy gabionowych zawarte w specyfikacji wykonania konstrukcji

Według zapisów specyfikacji do wypełnienia koszy gabionowych należało użyć wytrzymałych, nie zwiertających i odpornych na działanie wody i mrozu kamieni. Zalecanymi kamieniami były granit lub bazalt. Powinien to być kamień łamany. Minimalny wymiar pojedynczych kamieni nie miał być mniejszy od wymiaru oczka siatki, czyli ok. 75 mm. Największe używane kamienie nie powinny być przekraczać 2,5-krotnego wymiaru oczka siatki czyli ok. 200 mm. Kamień użyty do wypełnienia miał zostać zaakceptowany przez Inspektora Nadzoru.

W dalszej części w specyfikacji zawarto m. in. następujące zalecenia:

- Szczegóły montażu należało wykonać zgodnie z instrukcją producenta oraz wskazaniem Inżyniera.
- W środku każdego kosza gabionowego w celu zminimalizowania deformacji lica należało zamontować wewnętrzne ściąg. Ściąg powinny być umieszczane na 1/3 i 2/3 wysokości kosza o wysokości 1 m, w przypadku gabionów o głębokości 0,5 m wystarczał tylko jeden poziom ściągów w 1/2 wysokości kosza. Dopuszczono użycie gotowych ściągów dostarczonych przez producenta w liczbie 2 sztuk na jeden poziom. Inny sposób wykonania ściągów był możliwy pod warunkiem akceptacji Inżyniera i zgodności z procedurą producenta koszy.
- Kosz gabionowy należało wypełnić dokładnie kamieniami tak, aby nie pozostały pustki. Wszystkie kamienie wypełniające powinny być ciasno upakowane, aby zminimalizować wolne przestrzenie, kamienie bezwzględnie powinny być układane ręcznie.

- Kosze gabionowe miały być wypełniane i stężane ściągami w odpowiedniej kolejności, partiami o wysokości 1/3 wysokości kosza. Kosz powinien być wypełniony z pewnym nadmiarem tak, aby wieko po zamknięciu opierało się na kamieniach.

W pewnym punkcie specyfikacji znalazł się następujący zapis:

- montaż gabionów na skarpach wykonać zgodnie z instrukcją montażu producenta gabionów, wypełnianie należy rozpocząć od układania warstwy kamienia w przedziale frontowym, a następnie należy układać warstwę piasku w przedziale tylnym. Po wypełnieniu całych koszy gabionowych dolnej warstwy należało przystąpić do zabudowy przestrzeni za koszami. Nasyp należało zagęszczać mechanicznie warstwami co 25 cm.

W kolejnym miejscu specyfikacji znalazł się następujący zapis:

Do wykonania robót należy stosować materiały:

- kosze siatkowo – kamienne (gabionowe),
- kosze siatkowo – kamienne (gabionowe) dwukomorowe z przedziałami na kamień i piasek,
- kamień do wypełniania koszy gabionowych (frakcja min 75 mm; max. 200 mm).

W jeszcze innym z punktów specyfikacji znalazł się zapis:

- w koszach typu dwukomorowego należy najpierw układać warstwę kamienia a potem piasku. Piasek należy zagęszczać warstwami maksymalnie co 25 cm.

Poza tymi przytoczonymi zapisami odwołującymi się do koszy typu dwukomorowego i piasku specyfikacja nigdzie nie odnosiła się do wymogów zasypki, czy uzasadnienia kiedy konkretny typ kosza należy zastosować.

4.3. Specyfikacja montażu

Ponieważ wg specyfikacji szczegóły montażu należało wykonać zgodnie z instrukcją producenta przeanalizowano również specyfikację montażu [1] dołączoną do koszy gabionowych dostarczonych na budowę. Czterostronicowy dokument dokładnie opisuje poszczególne etapy montażu koszy gabionowych, w wielu punktach procedura jest identyczna z zapisami projektu i specyfikacji. Na ostatniej stronie w tytule uwagi znajduje się jeden akapit przywołujący kosze typu dwukomorowego:

W przypadku gabionów typu dwukomorowego czyli składających się z dwóch przedziałów na grubości ściany pierwszy przedział wypełniony kamieniem musi być usztywniony ściągami, drugi przedział wypełniany zazwyczaj piaskiem lub podobnym drobnym kruszywem jest dodatkowo na ściankach pokryty geowłókniną i nie wymaga usztywniania za pomocą ściąągów.

5. Analiza przyczyn powstania awarii

Awarii prawdopodobnie udałoby się uniknąć konsultując rozwiązanie projektowe ze specjalistą z zakresu geotechniki na etapie opracowywania projektu. Można odnieść wrażenie, iż projektant odwoływał się jedynie do doświadczenia producenta/dostawcy gabionów, kilkakrotnie w projekcie i specyfikacji znalazło się bowiem stwierdzenie, iż prace należy wykonywać wg instrukcji producenta. Tym samym Projektant poczuł się w pewnym sensie "zwolniony" z obowiązku rzetelnej analizy projektowej ściany. Oczywiście w świetle Prawa Budowlanego zwolnienie takie nie jest możliwe. Podkreślić należy, iż nigdzie nie znaleziono odwołania do jakichkolwiek obliczeń statycznych dla ściany z gabionów, rozwiązanie konstrukcyjne zostało przyjęte bez weryfikacji obliczeniowej. Nie uwzględniono tym samym wpływu parcia gruntów budujących nasyp, nie uwzględniono możliwego do przewidzenia wpływu zwiększonego parcia gruntu silnie nawodnionego, nie rozważono wpływu zmiany materiału wypełniającego gabiony na stateczność konstrukcji. Projekt wykonawczy nie może ograniczać się do stwierdzenia, iż konstrukcja ma być wykonana wg instrukcji producenta, gdyż producent,

działający w dobrej wierze niekoniecznie musi mieć wiedzę i doświadczenie w projektowaniu konstrukcji inżynierskich.

Działania wykonawcy ściany nie pozostały bez wpływu na awarię. Wykonawca zastosował gabiony dwukomorowe wypełnione w tylnej części piaskiem. W projekcie w żadnym punkcie nie wspomniano o takich gabionach. Specyfikacja, jak omówiono w punkcie 4.2 w kilku miejscach jednak przytoczyła tę nazwę. Natomiast nigdzie w specyfikacji nie znalazły się szczegółowe wymagania dotyczące postępowania w przypadku zastosowania takiego typu koszy. Generalnie specyfikacja stwarzała wrażenie kompilacji różnych zapisów dotyczących gabionów, czasem wręcz będących ze sobą w sprzeczności. Specyfikacja niestety nie posiadała autora, była bowiem jedynie dokumentem przetargowym. Specyfikacja odwoływała się jedynie do kruszywa kamiennego jako wypełnienia koszy. Również projekt wymagał stosowania kamienia łamanego do wypełniania koszy. Zarówno projekt jak i specyfikacja nie podają żadnych wymagań dla piasku do ich wypełniania, tym samym można uznać, iż stosując piasek (a w praktyce bardzo silnie zagliniony materiał drobnoziarnisty) wykonawca odszedł od zapisów projektu.

Producent gabionów prawdopodobnie dostarczył materiały zamówione przez wykonawcę. Trudno jest jednoznacznie rozstrzygnąć, czy producent chcąc uczynić ofertę atrakcyjniejszą cenowo zaproponował zastosowanie gabionów typu dwukomorowego czy też wykonawca widząc wyraźne oszczędności na kruszywie do wypełniania gabionów zamówił kosze które producent określił jako *"zazwyczaj wypełniane piaskiem"*. Z pewnością zawiódł w tym momencie nadzór, który powinien zwrócić uwagę na rozbieżności pomiędzy projektem, specyfikacją, a realizacją i przynajmniej powinien próbować wyjaśnić wątpliwości z projektantem. Nie udało się dotrzeć do jakiegokolwiek korespondencji w tej sprawie. W sprawie awarii wypowiedzieli się projektant [3] oraz dostawca [4]. Obie strony jako przyczynę awarii uznały intensywne opady deszczu. Trudno jest się zgodzić z takim wnioskiem.

Bardzo intensywne opady atmosferyczne z pewnością były bezpośrednim czynnikiem powstania awarii. Silnie nawodniony materiał zasypowy spowodował gwałtowny przyrost parcia na oblicowanie (zewnątrzną część koszy wypełnionych kamieniem). W efekcie wykonania zasypu z zaglinionego piasku cały materiał zasypowy przybrał formę słupa z nawodnionego piasku, który z dużym prawdopodobieństwem nie jest uwzględniany w żadnych obliczeniach konstrukcji gabionowych. Wspomniane opady atmosferyczne niestety nie były jedynym sprawcą awarii, zarówno w trakcie opracowywania projektu jak i realizacji popełniono błędy, których konsekwencją było gwałtowne przemieszczenie się ściany, a których można było uniknąć.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Koncepcja stosowania koszy dwukomorowych z wypełnieniem piaskiem tylnej części wydaje się być rozwiązaniem dość ryzykownym. Gdyby gabiony pełniły jedynie formę oblicowania, a cała konstrukcja była dodatkowo zbrojona wkładkami bądź geosyntetycznymi bądź metalowymi, to podczas analizy statycznej uwzględnić należałoby parcie również od materiału zasypowego i dobrać odpowiednie zbrojenie. Tymczasem bez żadnej analizy uznano, iż gabiony utrzymają parcie od gruntów skarpy, a zastosowanie koszy dwukomorowych tylko pogorszyło warunki pracy całego układu.

Omawiany przypadek pokazuje jak ważna jest odpowiednia współpraca projektanta oraz autora specyfikacji ze specjalistą geotechnikiem. Wykonanie prostych obliczeń geotechnicznych mogłoby wykazać ryzyko związane zarciem słupa piasku wypełniającego tylną część koszy gabionowych i ich wpływ na stateczność konstrukcji.

Od roku 1998 funkcjonuje w prawie rozporządzenie, znowelizowane w roku 2012, w sprawie geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych [5]. Korzystanie z zapisów tego rozporządzenia nie jest jednak w dalszym ciągu powszechne, choć jest to

sposób na znaczne ograniczenie ryzyka związanego z warunkami geotechnicznymi dla każdej inwestycji oraz dla każdego projektanta. Konstrukcja oporowa z gabionów również wymagała opracowania przynajmniej opinii geotechnicznej.

Wyjaśnienie

Zgodnie z intencją autora opisana w referacie konkretna inwestycja służyć ma jedynie jako przykład dla analizy problemu, z tego powodu wszelkie informacje mogące służyć do dokładnej identyfikacji uczestników tego procesu inwestycyjnego zostały usunięte i oznaczone jako xxxxxx.

Literatura

1. Instrukcja montażu gabionów xxxxxx.
2. Projekt wykonawczy. Budynek administracyjno biurowy xxxxxx, lipiec 2011.
3. Pismo przedstawiające stanowisko Projektanta w sprawie stwierdzonej przez Generalnego Wykonawcę awarii muru oporowego wykonanego z koszy gabionowych xxxxxx, lipiec 2012.
4. Pismo przedstawiające stanowisko Producenta/Dostawcy gabionów w sprawie stwierdzonej przez Generalnego Wykonawcę awarii muru oporowego wykonanego z koszy gabionowych xxxxxx, lipiec 2012.
5. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 25.04.2012 w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz.U. Poz. 463).
6. Specyfikacja techniczna. Umocnienie skarpy nasypu kosztami gabionowymi typu zgrzewanego xxxxxx, lipiec 2011.

CASE STUDY OF FAILURE OF RETAINING STRUCTURE FORMED FROM GABIONS

Abstract: At one construction site located in Silesia region a slope embankment protection around building was designed with use of gabions. Soon after installation, before project was completed, deformation of the structure was found. This paper describes design and specification requirements, as well as reasons which led to the failure of the structure made from gabion structure.

Keywords: gabions, retaining structure failure.