

აკუსტიკური ემისიის პრინციპზე აგებული მეწყრების ადრეული შეტყობინების სისტემის ლაბორატორიული ტესტირება

ვარამაშვილი ნ., ჭელიძე თ., ჭელიძე ზ.

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მიხელ ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი

ანოტაცია: სხვადასხვა პროცესების მიმდინარეობისას რიგ შემთხვევებში აღიძვრება აკუსტიკური ტალღები. გარკვეულ შემთხვევებში, აკუსტიკური ტალღების ანალიზის საშუალებით, განსახილველ მოვლენაზე შესაძლებელია მნიშვნელოვანი დასკვნების გაკეთება. აქტიური ან პასიური აკუსტიკური მეთოდებით შესაძლებელია გარემოს, შენობა-ნაგებობების და ა.შ. გამოკვლევა მათი დაზიანების გარეშე. ჩვენს ნაშრომში განხილულია აკუსტიკური მეთოდების გამოყენების შესაძლებლობა მეწყრული პროცესების მონიტორინგისა და პროგნოზისათვის. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა მცირე დანახარჯებით შეიქმნას მეწყრის მონიტორინგისა და ადრეული შეტყობინების სისტემა. ნაშრომში წარმოდგენილია აღნიშნულ მეთოდზე დაფუძნებული, ჩვენს მიერ შექმნილი დანადგარი.

საკვანძო სიტყვები: აკუსტიკა, მეწყერი, ლემბის ტალღები.

შესავალი

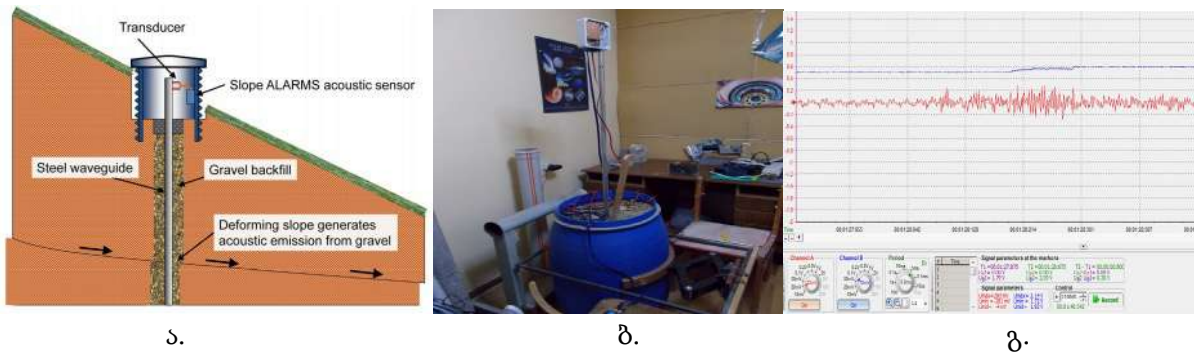
ფერდობის არასტაბილურობისთვის ადრეული გამაფრთხილებელი სისტემები საჭიროა რათა მომხმარებელს შეატყობინოს ფერდობის დაჩქარებული დეფორმაციული ქცევა, დაუცველი ადამიანების ევაკუაციის შესაძლებლობისა და კრიტიკული ინფრასტრუქტურის დროული შეკეთებისა და შენარჩუნების მიზნით [2]. არასეისმურად გამოწვეულმა მეწყერებმა 2004 – დან 2010 წლამდე გლობალურად 32000 – ზე მეტი ადამიანის დაღუპვა გამოიწვია. ამ მოვლენების დიდი უმრავლესობა ხდება აზიასა და ცენტრალურ და სამხრეთ ამერიკაში და ხშირად მოიცავს თემებს დაბალი და საშუალო შემოსავლის ქვეყნებში. ადრეულმა გაფრთხილებამ შეიძლება მნიშვნელოვნად შეამციროს ჰუმანიტარული და ეკონომიკური ზარალი. აკუსტიკური მეთოდები საკმაოდ ძლიერი საშუალებაა გეოფიზიკურ ძიებაში, საინჟინრო და სამედიცინო კვლევებში [7]. მოცემულ ნაშრომში წარმოდგენილი გვაქვს აკუსტიკური მეთოდების საშუალებით ჩატარებული სამეცნიერო-გამოყენებითი კვლევები გეოდინამიკის და გეომექანიკის მიმართულებებში.

ექსპერიმენტები

მეწყერი შეიძლება მოხდეს პრაქტიკულად მსოფლიოს ნებისმიერ წერტილში. რა თქმა უნდა მთიანი რეგიონები ამ მხრივ უფრო დიდი საფრთხის წინაშე დგანან. რამდენიმე ათწლეულია რაც ტარდება კვლევები ნიადაგის მოძრაობის მონიტორინგისათვის აკუსტიკური ემისიის (აე) გამოსაყენებლად.

აკუსტიკური ემისია (აე) არის დრეკადი ტალღები, წარმოქმნილი მასალების დეფორმაციით, რომლებიც მყარ ფაზაში ვრცელდება. ნიადაგებში აე წარმოიქმნება ნაწილაკი-

ნაწილაკის კონტაქტით და ნიადაგის ნაწილაკებსა და სტრუქტურულ ელემენტებს შორის მოძრაობით. მეწყერულ სხეულში სრიალის დროს გენერირებული აე-ს რეგისტრაცია საკმაოდ რთულია, რადგანაც გრუნტი მარცვლოვანი გარემოა და ენერგია იკარგება ერთი მარცვლიდან მეორეზე გადასვლისას. დანაკარგების შესამცირებლად აკუსტიკური ენერგია წყაროდან (სრიალის ზედაპირიდან) სენსორამდე საჭიროა გადავიდეს ტალღამტარით (უჟანგავი ფოლადის მილით) [1,5,6].

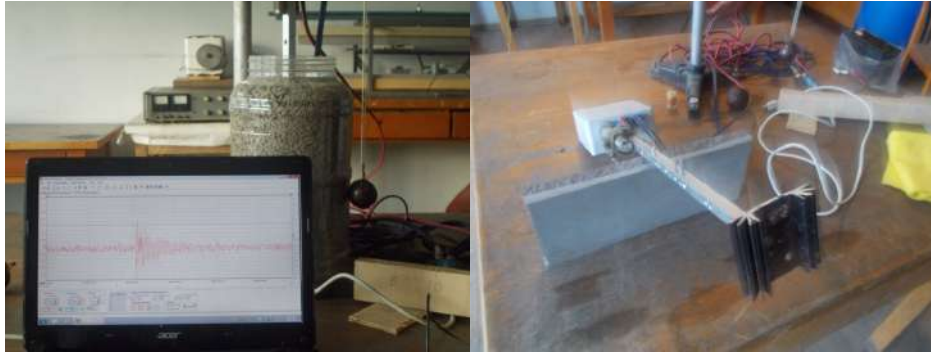


ნახ.1. (ა) აკუსტიკური ემისიის მონიტორინგის სისტემის კომპონენტები (Dixon et al., 2003, 2018), (ბ)მეწყერის ცოცვის მოდელირება და თანმხლები აკუსტიკური ემისიის რეგისტრაცია USB ოსცილოსკოპის საშუალებით და (გ) აკუსტიკური ემისიის ჩანაწერი, x-ღერძი - დრო წამებში, y-ღერძი - აკუსტიკური სიგნალის ინტენსივობა ვოლტებში

ნახ.1(ა)-ზე ნაჩვენებია ტიპური აე აპარატურული სისტემის სქემატური წარმოდგენა. აქტიურ ტალღამტარში (ღორღის ნაყარში) აღძრული აე ფოლადის ტალღამტარით მიდის პიეზოელექტრულ სენსორამდე, რომელიც მოთავსებულია ლითონის ტალღამტარის თავზე [3]. შემდეგ აკუსტიკური სიგნალი ძლიერდება წინასწარი გამამლიერებლის მიერ. საბოლოოდ აე გარდაიქმნება ციფრულ სიგნალად შემდგომი ანალიზისათვის.

ჩვენი კვლევის მიზანი არის აკუსტიკური ემისიის ჩაწერის საშუალებით მეწყერის ნელი მოძრაობის (ცოცვის) რეგისტრაცია და მონიტორინგი. ამ მიზნით ჩვენ ავაწყვეთ სპეციალური მოწყობილობა (ნახ.1(ბ)). პლასტიკური კასრი ივსება მეწყერული გრუნტით, ხოლო კასრის ცენტრში ცილინდრულად ჩაყრილია ღორღი. ღორღის ცენტრში განთავსებულია სქელკედლიანი ფოლადის მილი, რომელიც ხრეშში წარმოქმნილ აკუსტიკურ იმპულსებს გადასცემს აკუსტიკურ სენსორს. დანადგარში დეფორმაცია ხორციელდება მექანიკური დომკრატის დახმარებით [5,6].

ჩვენი ასევე ჩავატარეთ ექსპერიმენტები, რომელთა მიზანია აკუსტიკური სენსორის მგრძობელობის გაზრდა მისი მექანიკური ნაწილების შეცვლით. ამ მიზნისთვის პლასტიკური მცირე მოცულობა ივსებოდა ხრეშით (ნახ .2 ა). მის ცენტრში იყო მოთავსებული ალუმინის ღერო. მასზე დაფიქსირებული იყო აკუსტიკური სენსორის ელექტრონული ბლოკი. ერთ ექსპერიმენტზე ალუმინის ღეროზე დაფიქსირდა ალუმინის რადიატორი (ნახ.2ბ), რომელიც ზრდის სენსორის გამოყენების არეალს და, შესაბამისად, ჩვენი აზრით, მისი მგრძობელობას. მეორე ექსპერიმენტში, ალუმინის ღეროზე არაფერი იყო მიმაგრებული. ხრეშით სავსე პლასტმასის კონტეინერში მექანიკური ზემოქმედება ხდებოდა გარედან, ქანქარას გამოყენებით, და იწერებოდა აკუსტიკური სიგნალი მგრძობიარე და ჩვეულებრივი აკუსტიკური სენსორის გამოყენებით. ჩვენი აზრით ამ მიმართულებით შესაძლებელია ადრეული შეტყობინების აკუსტიკური სისტემის პარამეტრების გაუმჯობესება.



ა.

ბ.

ნახ.2. ა) ექსპერიმენტული დანადგარი, ბ) აკუსტიკური სენსორი ალუმინის ღეროთი და რადიატორით მგრძნობიარობის გასაზრდელად

აკუსტიკური სენსორის გარშემო მოთავსებული ღორღის წანაცვლებისას აღძრული აკუსტიკური სიგნალის ჩაწერის მსგავსი ტექნიკა ადრე შემუშავებული იყო ლოუგბოროს (Loughborough) უნივერსიტეტის გუნდის მიერ [3,4], მაგრამ ეს მოითხოვს შედარებით ღრმა ჭაბურღილს ქვემოთ მოცურების ზედაპირამდის. ეს პროცედურა საკმაოდ ძვირია. ჩვენი მიზანი იყო აღნიშნული მეთოდის იაფი ვერსიის შემუშავება. იდეა მდგომარეობს იმაში, რომ გამოყენებული იქნას სხვადასხვა სიღრმეზე განლაგებული ორი მგრძნობიარე აკუსტიკური ზონდი, ერთი ღრმად და მეორე ზედაპირთან ახლოს. პირველი ზონდი ძირითადად ხოლო მეორის როლია ზედაპირული სიგნალების გამოყოფა, რომლებიც ამ შემთხვევაში განიხილება, როგორც ხმაური.

წანაცვლების არის ადგილმდებარეობის დადგენა აუცილებელია დეფორმაციის მექანიზმის ბუნებასთან დაკავშირებული ინფორმაციის მოსაპოვებლად. ტალღური ფორმები შეიძლება გამოვიყენოთ აკუსტიკური ტალღის მიერ გავლილი მანძილის დასადგენად. იქ, სადაც ორი პარალელური ზედაპირი არსებობს, როგორც ეს ხდება ფირფიტაში ან მილში, ლემბის ტალღები ხდება გავრცელების უპირატესი რეჟიმი [8]. ლემბის ტალღების გავრცელების დისპერსიული ბუნება შესაძლებელს ხდის აე-ს წყაროს ადგილმდებარეობის დადგენას სხვადასხვა სიხშირის კომპონენტების შემოსვლის საფუძველზე. ლემბის ტალღების პირველი ორი მოდის გამოვლენით შესაძლებელი ხდება აკუსტიკური ემისიის წყარომდე მანძილის გამომანგარიშება, თუ ცნობილია თითოეული მოდის სიჩქარე.

სტატიაში აღწერილი დანადგარის საშუალებით შესაძლებელია არასტაბილური ფერდობების, მეწყრული არეების მონიტორინგი აკუსტიკური ემისიის გამოყენებით. აღწერილ დანადგარს ვიყენებთ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტებში. საჭიროა მისი გადატანა და გამოცდა საველე პირობებში. აღწერილ მიდგომას ასევე შეუძლია უზრუნველყოს რაოდენობრივი შედეგი დეფორმაციის სიჩქარის გამოთვლის თვალსაზრისით. ასევე შეიძლება დავადგინოთ დეფორმაციის ზონის ადგილმდებარეობა, ამისათვის საჭიროა ლაბორატორიული ექსპერიმენტების გაგრძელება ლემბის ტალღების სხვადასხვა მოდების სიჩქარეების დასადგენად. ამრიგად, აკუსტიკური ემისია შეიძლება გამოყენებულ იქნას ფერდობების ძვრის, მეწყრული პროცესების განვითარების ადრეული გაფრთხილების უზრუნველსაყოფად.

ლიტერატურა

1. ვარამაშვილი ნ., ჭელიძე თ., დევიძე მ., ჩიხლაძე ვ. გარეშე ფაქტორებით ტრიგერებული მეწყრების ლაბორატორიული და მათემატიკური მოდელირება. საველე კვლევები. // მიხეილ ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ტ. LXVIII, მონოგრაფია, 2017.

2. ჭელიძე თ., ვარამაშვილი ნ., ჭელიძე ზ., ქირია თ., ლლონტი ნ., ქირია ჯ., წამალაშვილი თ. მეწყერების მონიტორინგის და ადრეული შეტყობინების ეკონომიური ტელემეტრული სისტემის შექმნა. // ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, მიხეილ ნოდუას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, მონოგრაფია, 2018.
3. Dixon N., Hill R., Kavanagh J. Acoustic emission monitoring of slope instability: Development of an active wave guide system. // Institution of Civil Engineers Geotechnical Engineering Journal, 156, 2, 2003, 83-95
4. Dixon N., Smith A., Flint J.A., Khanna R., Clark B., Andjelkovic M. An acoustic emission landslide early warning system for communities in low-income and middle-income countries. // Landslides, 2018, DOI 10.1007/s10346-018-0977-1
5. Varamashvili N., Chelidze T., Chelidze Z., Chikhladze V., Tefnadze D. // Acoustic pulses detecting methods in granular media. // Journal of Georgian Geophysical Society, 2013, v. 16.
6. Varamashvili N., Chelidze Z., Chelidze T. Acoustic pulses generated by landslide activation: laboratory modeling. // Journal of Georgian Geophysical Society, 2014, v. 17.
7. Heutschi K. Lecture Notes on Acoustics I. // Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich, 2016.
8. Maji A. K., Satpathi D., Kratochvil T. Acoustic emission source location using lamb wave modes. // Journal of Engineering Mechanics, Vol. 123, No. 2, 1997, pp.154-161.

LABORATORY TESTING OF EARLY WARNING SYSTEM OF LANDSLIDES, BASED ON THE PRINCIPLE OF ACOUSTIC EMISSION

Varamashvili N., Chelidze T., Chelidze Z.

Summary: During various processes, acoustic waves are generated in a number of cases. In some cases, by analyzing acoustic waves, important conclusions can be drawn about the event in question. Active or passive acoustic methods can be used to study the environment, buildings, etc., without damaging them. Our article discusses the possibility of using acoustic methods for monitoring and predicting landslide processes. This method allows you to create a system of monitoring landslides and early warning at low cost. The article presents the device we created based on this method.

Key words: acoustics, landslide, lamb waves.