

ბატონის ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მდგომარეობის შეფასების ულტრაბგერითი მეთოდები

* ვარამაშვილი ნ., ** ასანიძე ბ., *** ჯახუტაშვილი მ.

* ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
მიხეილ ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

** ბიფი ექსპლორეიშენ (კასპიის ზღვა) ლიმიტედის საქართველოს თბილისის ფილიალი, თბილისი,
საქართველო

*** საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია: კვლევების მიზანი იყო ცაგერის წყალშემკრების თანამედროვე მდგომარეობის გეოფიზიკური მეთოდებით შესწავლა. ამ მეთოდების ერთ-ერთი სახეა ულტრაბგერითი კვლევების მეთოდი. ამ მეთოდით შესაძლებელია საკვლევი ობიექტის დრეკადი პარამეტრების გაზომვა და გამოთვლა, მისი დაზიანების გარეშე. საკვლევი ობიექტზე ხდებოდა ულტრაბგერითი გრძივი (P) და განივი (S) ტალღების გავრცელების სიჩქარეების გაზომვა. შემდეგ გამოთვლილი სიჩქარეების საფუძველზე მასალის სიმკვრივის (ρ) პუასონის კოეფიციენტის (ν) და იუნგის მოდულის (E) გამოთვლა. ულტრაბგერითი ხელსაწყო-დანადგარების საშუალებით შესაძლებელია საკვლევი გარემოს ე.წ. ტომოგრაფია, მისი „გაშუქება“ ცალი მხრიდან არეკლილი ტალღების საშუალებით. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია საკვლევი სხეულში არსებული, გარკვეული ზომის სიცარიელებების, არაერთგვაროვანი უბნების დაფიქსირება და სხვადასხვა სიმკვრივის (შესუსტებული) უბნების გამოყოფა.

საკვანძო სიტყვები: მასალის სიმკვრივე, ულტრაბგერითი მეთოდი.

შესავალი

აკუსტიკური მეთოდები წარმოადგენს საკმაოდ მძლავრ იარაღს გეოფიზიკურ ძიებაში, საინჟინრო და სამედიცინო კვლევებში. ულტრაბგერითი ტესტირება იყენებს მაღალი სიხშირის ბგერით ტალღებს გამოკვლევების ჩასატარებლად და გაზომვების შესასრულებლად. საინჟინრო პროგრამებში მისი ფართო გამოყენების გარდა (მაგალითად, დეფექტის აღმოჩენა/შეფასება, მასალის მახასიათებლები და ა.შ.), ულტრაბგერითი საშუალებები ასევე გამოიყენება სამედიცინო სფეროში. ზოგადად, ულტრაბგერითი ტესტირება ემყარება არეკლილი ტალღების (იმპულსი-ექო) ან გამჭოლი ტალღების რეგისტრირებას და რაოდენობრივ შეფასებას. ორი ტიპიდან თითოეული გამოიყენება გარკვეულ პირობებში [3,4]. ჩვენს სამეცნიერო კვლევებში აკუსტიკას ვიყენებთ გეოფიზიკური და გეოტექნიკური კვლევების ჩასატარებლად [1,2,4]. მოცემულ ნაშრომში წარმოდგენილი გვაქვს აკუსტიკური მეთოდების საშუალებით ჩატარებული სამეცნიერო-გამოყენებითი კვლევები გეომექანიკის მიმართულებით [5].

ულტრაბგერითი კვლევის აპარატურა და პროგრამული უზრუნველყოფა

ჩვენს მიერ გეოფიზიკური სამუშაოების შესასრულებლად გამოყენებული იქნა შვეიცარიული კომპანიის (PROCEQ, <https://www.proceq.com/>) მიერ წარმოებული ულტრაბგერითი აპარატურა, რომლის სახელწოდება არის Pundit PL-200 და Pundit PL-200PE. ულტრაბგერითი გამზომები (Pundit PL-200 и Pundit PL-200PE) გამოიყენება არადაზიანებული კონტროლის აკუსტიკური მეთოდებით ბეტონის, ხის და ქვის მასალების და ნაგებობების შესასწავ-

ლად. აპარატურა და მეთოდები შეიძლება გამოყენებული იქნას: მასალებში შინაგანი დეფექტების და ბზარების, არაერთგვაროვნებების და სიცარიელების შესასწავლად, მასალების მოდულების, სიხისტის და პუასონის კოეფიციენტის გამოსათვლელად.

ულტრაბგერითი კვლევების მეთოდიკა

ჩვენ შემთხვევაში გამოყენებულია ულტრაბგერითი ზონდირება 54 კჰც სიხშირის პიეზოელექტრული გადამწოდების საშუალებით. ასევე 250 კჰც სიხშირის განივი ტალღების პიეზოელექტრული გადამწოდები, ხოლო ულტრაბგერითი ტომოგრაფიისათვის გამოყენებული იქნა 50 კჰც სიხშირის პიეზოელექტრული გადამწოდები. ასეთი სიხშირის გადამწოდებით შესაძლებელია მყარი სხეულის და ბეტონის სტრუქტურის შესწავლა 50-60 სანტიმეტრის სიღრმეზე, გარკვეულ შემთხვევებში 1 მეტრამდეც კი.

ულტრაბგერითი სამუშაოების შესრულება

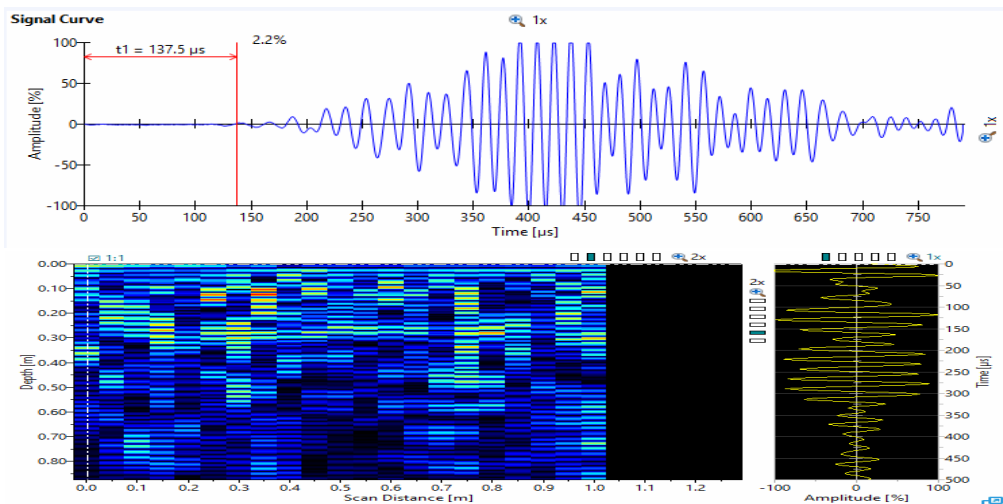
ულტრაბგერითი კვლევები შესრულდა ცაგერის წყალშემკრები ნაგებობის მზიდ ბურჯებზე და კედლებზე (ნახ. 1). ნაგებობის კედლებზე ვერტიკალური მიმართულებით ამორჩეული იქნა დაახლოებით 100 უბანი სადაც მოხდა ბეტონის მექანიკური მახასიათებლების შესწავლა.



ნახ. 1. ა) ცაგერის წყალშემკრები. 1 – აღმოსავლეთი კედელი, 2 – პირველი (აღმოსავლეთი) ბურჯი, 3 – მეორე (ცენტრალური) ბურჯი, 4 – მესამე (დასავლეთი) ბურჯი და 5 – დასავლეთი კედელი.
 ბ) ულტრაბგერითი სამუშაოების ამსახველი სურათი წყალშემკრები აუზის კაშხლის მზიდ ბურჯებზე და კედლებზე.

მონაცემების დამუშავება

ულტრაბგერითი ტალღური და ტომოგრაფიული (B-scan) ჩანაწერების (ნახ.2) დამუშავება მოხდა აპარატურის სტანდარტული პროგრამის (software) **PL-Link**-ის საშუალებით.



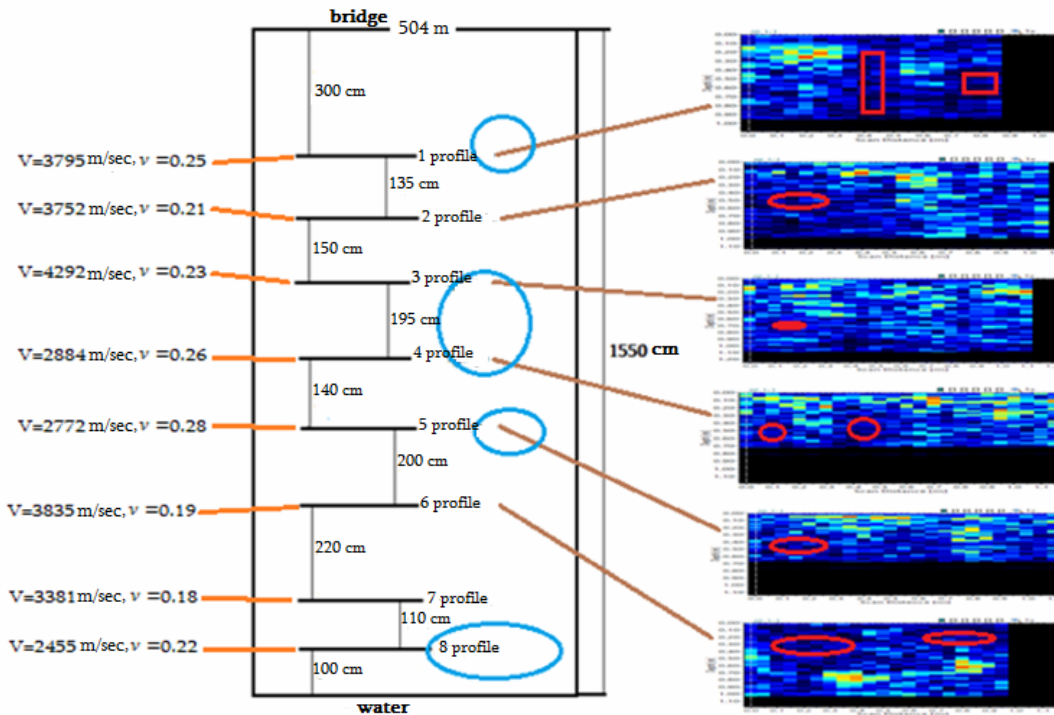
ნახ.2. წარმოდგენილია ულტრაბგერითი ტალღური ფორმის (ზედა) და ტომოგრაფიული (ქვედა) ჩანაწერები.

ტალღური ფორმის ჩანაწერებში ხდებოდა P და S ტალღების გამოყოფა, მათი სიჩქარეების განსაზღვრა და შესაბამის პროფილებზე სხვადასხვა დრეკადი პარამეტრების გამოთვლა. ტომოგრაფიული ჩანაწერების (B-scan) დამუშავებით და ანალიზით ხდებოდა ბეტონში არსებული შესაძლო სიცარიელების, არაერთგვაროვანი და შესუსტებული უბნების გამოყოფა.

ულტრაბგერითი კვლევების შედეგები

დამუშავდა დაახლოებით 100 უბანი. თითოეული უბნისათვის წარმოდგენილ სურათზე ყავისფერი ხაზებით მითითებულია ტომოგრაფიული სურათების შესაბამისობა პროფილებთან. ყვეთელი ხაზებით მითითებულია გრძივი სიჩქარეების და პუასონის კოეფიციენტის შესაბამისობა პროფილებთან. ცისფრად მონიშნულია სიჩქარეების გაზომვით ლოკალიზებული სავარაუდო დაზიანებული ადგილები, ხოლო წითლად მონიშნულია სკანირებით, სხვადასხვა სიღრმეებზე ლოკალიზებული სავარაუდო დაზიანებები და შესუსტებები ბეტონის სავარში. აქ წარმოდგენილი გვაქვს ერთ-ერთი უბანი.

ამ უბანზე რვა პროფილზე შესრულდა ულტრაბგერითი ტესტირების სამუშაოები. სხვადასხვა პროფილების მიდამოებში გრძივი (P) ტალღების სიჩქარეები იცვლება 4292 მ/წმ -დან 2455 მ/წმ – მდე ინტერვალში, განივი 2541 მ/წმ -დან 1483 მ/წმ – მდე ინტერვალში, პუასონის კოეფიციენტი (ν) 0.26 -დან 0.18-მდე ინტერვალში, ხოლო იუნგის მოდული (E)– (11639-39857) მგპა ინტერვალში.



ნახ.4. წყალშემკრების ერთ-ერთი უბნის პროფილები და ტომოგრაფიული ჩანაწერები.

ამ უბნის ყველა პროფილზეც შესრულდა ულტრაბგერითი ტალღების სიჩქარეების ერთი და მეტი გაზომვა. ისინი შესრულებულია ბეტონის ფილაზე, „ჩასხმულ ბეტონზე“ და ბეტონიდან ფილაზე გადასვლის მიდამოებში. უბნის ზედა პროფილებიდან ქვედა პროფილებისაკენ გადასვლისას დაიკვირვება ულტრაბგერითი ტალღის სიჩქარის თანდათანობით ცვლილება. სიჩქარეთა სიდიდეები შემცირებულია მესამე და მეოთხე პროფილების მიდამოებში. პუასონის კოეფიციენტის მნიშვნელობები ზედა ხუთი პროფილის არეებში 0.21-0.28 ინტერვალში იცვლება, რაც სავარაუდოდ მიანიშნებს ამ არეებში ბეტონის სტრუქტურის შესუსტებას. სიჩქარე განსაკუთრებით მცირდება მერვე (სულ ქვედა) პროფილის მიდამოებში, რაც სავარაუდოდ ნიშნავს ამ ადგილზე ბეტონის დაზიანებას ან მისი სტრუქტურის გაუარესებას ბურჯის ამ ნაწილში.

დასკვნა

1. ულტრაბგერითი კვლევის თანამედროვე მეთოდები და გამოყენებული ხელსაწყოები ეფექტური აღმოჩნდა ბურჟების და კედლების ამგები ბეტონის კონსტრუქციების მდგომარეობის შესაფასებლად. ვიზუალურად შეუმჩნეველი ბზარების, ბეტონის სტრუქტურის და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შეფასებისა და გამოსაკვლევადა.
2. გაზომვის შედეგებზე დაყრდნობით გამოთვლილი დრეკადი პარამეტრების მნიშვნელობები სხვადასხვა სიდიდის ფარგლებში მერყეობს. განსხვავებულია ულტრაბგერითი ტომოგრაფიული სკანირების სურათებიც. მათზე ნათლად გამოიყოფა ანომალური უბნები. ეს ანომალური უბნები უნდა უკავშირდებოდეს ბეტონის სტრუქტურის ცვლილებას.
3. პუასონის კოეფიციენტის მნიშვნელობათა მკვეთრი ცვლილებაც უნდა უკავშირდებოდეს დასინჯული ობიექტების ამგები მასალის სიმტკიცეს და მისი სტრუქტურის შეცვლას.
4. ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ შესწავლილი ობიექტების კვლევის შედეგები ადასტურებენ, რომ ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრები უფრო ანომალურია დაბლა, გამორეცხილ-ეროზიული უბნების მიმდებარე მონაკვეთებში, ვიდრე მაღლა ბეტონის ფილების არეებში. ბეტონის სტრუქტურა აქ უფრო შეცვლილი უნდა იყოს და ხასიათდებოდეს ნაკლები სიმტკიცით.

ლიტერატურა

1. ვარამაშვილი ნ., ჭელიძე თ., დევიძე მ., ჩიხლაძე ვ. გარეშე ფაქტორებით ტრიგერირებული მენყრების ლაბორატორიული და მათემატიკური მოდელირება. საველე კვლევები. // მიხეილ ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ტ. LXVIII, მონოგრაფია, 2017.
2. Varamashvili N., Chelidze T., Chelidze Z., Chikhladze V., Tefnadze D. Acoustic pulses detecting methods in granular media. // Journal of Georgian Geophysical Society, v. 16, 2013.
3. ვარამაშვილი ნ., ჭელიძე თ., ჭელიძე ზ., გიგბერია მ., ლლონტი ნ. აკუსტიკური მეთოდები გეოლინამიკურ და გეომექანიკურ ამოცანებში. // საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, ქუთაისი, 2018.
4. Varamashvili N., Chelidze T., Chelidze Z., Gigiberia M., Ghlonti N. Acoustics in Geophysics and Geomechanics. // Journal of Georgian Geophysical Society, v. 22(1), 2019.
5. Kurt Heutschi. Lecture Notes on Acoustics I. // Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich, 2016.

ULTRASONIC METHODS FOR ASSESSING THE STATE OF HYDROTECHNIC CONCRETE STRUCTURES

Varamashvili N., Asanidze B., Jakhutashvili M.

Summary: The purpose of these studies was to study the current state of the Tsageri catchment by geophysical methods. One such method is the ultrasound method. This method can measure and calculate the elastic parameters of the object of study without damaging it. We measured the propagation velocities of ultrasonic longitudinal (P) and shear waves (S) at the studied object. Then, material density (ρ), Poisson's ratio (ν) and Young's modulus (E) were calculated based on the measured speed. Ultrasonic devices, availability in our laboratory, can be used for the so-called tomography, "coverage" from the one side with the help of reflected waves. In this case, it is possible to identify voids of certain sizes, inhomogeneous regions in the body under study, and to distinguish regions of different densities (weakened).

Key words: material density, ultrasound method