ს ა ქ ა რ თ ვ ე ლ ო ს
გეოფიზიკური ასოციაცია

60 თბილისი , მ. ალექსიძის ქ.
ტელ. 233-28-67; ფაქსი: 233-28-67
E-mail: Tamaz.chelidze@gmail.com

GEORGIAN
GEOPHYSICAL ASSOCIATION

1 Alexidze str. - Tbilisi 0160 - Georgia
Phone: (995 32) 233-28-67; Fax/phone: (995 32) 233-28-67 ; E-mail: Tamaz.chelidze@gmail.com

ვამტკიცებ „9“ „დეკემბერი“ 2022 წ.

ა(ა)იპ საქართველოს გეოფიზიკური ასოციაციის თავმჯდომარე

აკადემიკოსი თამაზ ჭელიძე

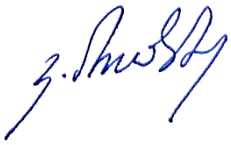
ქ. თბილისში, ავჭალის გზატკეცილსა და გლდანის ხევის გადაკვეთაზე, ნაკვეთი 24/039 (ს.კ 01.11.03.024.045) სამშენებლო ტერიტორიაზე სეისმური პროფილების აგება, სეისმურობის დაზუსტება ლოკალური პარამეტრების გათვალისწინებით

(ტექნიკური ანგარიში)

თბილისი 2022

ძირითად შემსრულებელთა სია:

ვახტანგ არაბიძე



აკ. დოქტორი ტექნიკურ მეცნიერებაში,
ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი,
საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის პროფესორი

მალხაზ გიგიბერია



აკადემიური დოქტორი ფიზიკაში,
ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ას. პროფესორი

სარჩევი

შესავალი 4

1 ექსპერიმენტული კვლევები, ფუძე-გრუნტების სეისმური პროფილების აგება 4

1.1 სეისმური პროფილირება 5

1.2 ჩატარებული სამუშაოების ანალიზი და შედეგები 7

1.3 დასკვნა 13

2 სამშენებლო უბნის სეისმურობის დაზუსტება 14

2.1 სამშენებლო მოედნისათვის V_P, V_S, ρ და T_0 -ის საანგარიშო სიდიდეების დადგენა 14

2.2 სეისმურობის დაზუსტება ბალებში და საანგარიშო აჩქარებებში. 17

2.3 დასკვნა 21

საერთო დასკვნები და რეკომენდაციები 22

ლიტერატურა 23

შესავალი

შ.პ.ს. „არტმშენი“-ს დირექტორის ბატონ თეიმურაზ აფციაურის დაკვეთით ჩვენს მიერ ჩატარებულ იქნა სამუშაოები, რომლებიც ითვალისწინებდა: ქ. თბილისში, ავჭალის გზატკეცილსა და გლდანის ხევის გადაკვეთაზე, ნაკვეთი 24/039 (ს.კ 01.11.03.024.045) სამშენებლო ტერიტორიაზე სეისმური პროფილების აგებას, სეისმურობის დაზუსტებას ლოკალური პარამეტრების გათვალისწინებით.

1. ექსპერიმენტული კვლევები, ფუძე-გრუნტების სეისმური პროფილების აგება

კვლევის ამოცანას წარმოადგენდა ქ.თბილისში, ავჭალის გზატკეცილისა და გლდანის ხევის გადაკვეთაზე ნაკვ.#24/039 საპროექტო მრავალფუნქციური შენობის საძირკვლის გეოფიზიკური გამოკვლევა. ანგარიშში წარმოდგენილია შესაბამისი შედეგები.

ჩატარდა სეისმური პროფილირება გარდატეხილი ტალღების მეთოდით 30 მ სიღრმემდე, აიგო შესაბამისი სეისმოგეოლოგიური ჭრილები, განისაზღვრა დრეკადი გრძივი და განივი ტალღების გავრცელების სიჩქარეები. ასევე შეფასდა შესაბამისი ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების მნიშვნელობები. ანგარიშში წარმოდგენილია 46 მ სიგრძის 2 სეისმური პროფილის ჭრილი, საერთო სიგრძით 92 მ (ნახ. 1.1). ცხრილ 1.1-ში მითითებულია სეისმური პროფილების დასაწყისი და საბოლოო კოორდინატები WGS84 სისტემაში აბსოლუტურ სიმაღლეებთან ერთად.

ცხრილი 1.1. სეისმური პროფილების დასაწყისი და საბოლოო კოორდინატები. #-1 მიუთითებს პირველ გეოფონს ანუ პროფილის დასაწყისს, ხოლო #-24 - 24-ე გეოფონს ანუ პროფილის ბოლოს. H მიუთითებს აბსოლუტურ სიმაღლეებს

GPH #	X, m	Y, m	H, m
1-1	483404	4628283	460
1-24	483423	4628238	460
2-1	483425	4628293	460
2-24	483413	4628246	461



ნახ. 1.1. საკვლევი უბანი და სეისმური პროფილების განლაგების სქემა. #-1 მიუთითებს პირველ გეოფონს ანუ პროფილის დასაწყისს, ხოლო #-24 - 24-ე გეოფონს ანუ პროფილის ბოლოს.

1.1. გეოფიზიკური კვლევები (სეისმური პროფილირება)

სეისმური პროფილირება გარდატეხილი ტალღების მეთოდით.

ქანების თვისებების გამოკვლევა საინჟინრო სეისმოძიების პრობლემების გადაწყვეტისათვის ერთ-ერთ უმთავრეს ამოცანას წარმოადგენს. ჩვენი ძირითადი ამოცანა იყო მოცემული უბნის აგებულების შესწავლა და ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების განსაზღვრა გრძივი და განივი დრეკადი ტალღების სიჩქარეების მნიშვნელობების საფუძველზე. ამისათვის ამორჩეულ იქნა გარდატეხილი ტალღების საველე სეისმური მეთოდი.

გარდატეხილი ტალღების მეთოდი იძლევა საშუალებას განისაზღვროს ზედაპირული და უფრო ღრმა ფენების სიმძლავრეები და მათში დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარეები. მეთოდი ემყარება დრეკადი ტალღების წყაროდან ერთ ხაზზე განლაგებულ გეოფონებში P და S ტალღების პირველი შემოსვლების დროების განსაზღვრას. ამრიგად კვლევის ამოცანა იყო ქანების სტრუქტურის განსაზღვრა 30 მ სიღრმემდე და გამოყოფილ სტრუქტურულ ელემენტებში შემდეგი ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების განსაზღვრა:

1	Vp m/sec	გრძივი ტალღის სიჩქარე
2	Vs m/sec	განივი ტალღის სიჩქარე
3	Vs/Vp	სიჩქარეების თანაფარდობა
4	ρ gr/cm^3	სიმკვრივე
5	μ	პუასონის კოეფიციენტი
6	Ed Mpa	იუნგის დინამიური მოდული
7	Gd MPa	ძვრის დინამიური მოდული
8	Kd Mpa	ყოველმხრივი კუმშვის დინამიური მოდული
9	D Mpa	საერთო დეფორმაციის მოდული
10	τ Mpa	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე

შენიშვნა: აღნიშნული პარამეტრებიდან 1-3 მიღებულია კვლევის შედეგად, 5-8 გამოთვლილია ცნობილი თეორიული დამოკიდებულებების საფუძველზე, ხოლო 4, 9, 10 მიღებულია ჩვენს ხელთ არსებული ემპირიული კავშირების გამოყენებით.

პარამეტრების გამოთვლილი მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილებში 1.2-1.3.

სეისმოპროფილირება ჩატარდა 10 ჰერციანი გეოფონებით, რომელთა შორის დაშორებაც 2 მეტრს შეადგენდა. სეისმური ტალღების ინდუცირება ხდებოდა 10 კგ-იანი უროს პლასტმასის სპეციალურ ფირფიტაზე დარტყმით. გეოფონები და დარტყმები სრულდებოდა Z-Z და Y-Y ორიენტირებით, გამოიყენებოდა 5 დარტყმის წერტილიანი სისტემა, რომელიც შეიცავდა 2 დარტყმას პროფილის თავსა და ბოლოში, ერთ დარტყმას მის შუაში და ორ პროფილიდან გატანილ დარტყმას. ასეთი სისტემა მნიშვნელოვანი მანძილით დაშორებული გატანილი დარტყმებით საშუალებას იძლეოდა ინფორმაცია მიგვეღო 30 მ სიღრმემდე. ტალღის ტიპის მიხედვით იცვლებოდა დარტყმის ორიენტირებაც.

ტალღების რეგისტრაცია ხორციელდებოდა *GEOMETRICS* ფირმის 24 არხიანი საინჟინრო სეისმური სადგურით.

მონაცემების დამუშავება და ინტერპრეტაცია განხორციელდა *GEOMETRICS* ფირმის ლიცენზირებული პროგრამის *SeisImager* გამოყენებით.

გაკეთდა მიღებული მონაცემების ანალიზი და აიგო შესაბამისი ჭრილები (ნახ. 1.2 – 1.3).

1.2. ჩატარებული სამუშაოების ანალიზი და შედეგები

საკვლევ ტერიტორიაზე ჩატარდა სეისმური პროფილირება გარდატეხილი ტალღების მეთოდით 30 მ სიღრმემდე ინფორმაციის მიღებით. აიგო შესაბამისი სეისმო-გეოლოგიური ჭრილები, განისაზღვრა დრეკადი გრძივი და განივი ტალღების გავრცელების სიჩქარეები. ასევე შეფასდა შესაბამისი ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების მნიშვნელობები. ანგარიშში წარმოდგენილია 46 მ სიგრძის 2 სეისმური პროფილის ჭრილი, საერთო სიგრძით 92 მ (ნახ. 1.1). ცხრილ 1.1-ში მითითებულია სეისმური პროფილების დასაწყისი და საბოლოო კოორდინატები WGS84 სისტემაში აბსოლუტურ სიმაღლეებთან ერთად.

გეოფიზიკური პარამეტრების მიხედვით გამოყოფილია სხვადასხვა საინჟინრო-გეოლოგიური ელემენტები (**ფენები**) და დადგენილია მათში V_P, V_S სიჩქარეების მნიშვნელობების განაწილება. შესაბამისი ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილებში 1.2 – 1.3 (ნახ.: 1.2 – 1.3).

მიღებულ ჭრილებზე გეოფიზიკური მონაცემების მიხედვით უმთავრესად დაიკვირვება ფიზიკური თვისებებით განსხვავებული ორი ფენი (იდენტიფიკაცია განხორციელდა საინჟინრო გეოლოგიური შედეგების გათვალისწინებით):

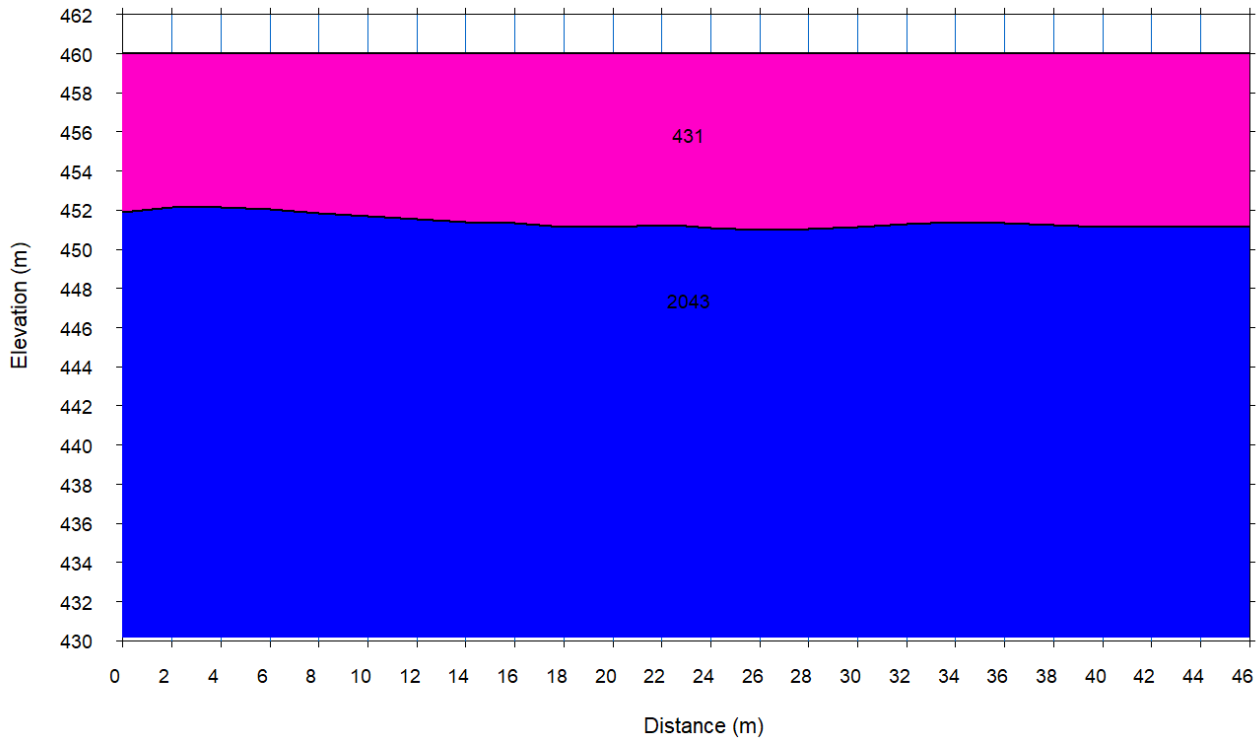
ფენი 1 – ნაყარი გრუნტი;

ფენი2 - კენჭნარი ქვიშნარის შემავსებლით.

<u>სეისმური პროფილი #1:</u>

ფენი1 ვრცელდება ზედაპირიდან 8.0 – 9.0 მ-ის სიღრმემდე გრძივი და განივი ტალღების სიჩქარეების მნიშვნელობებით: V_P = 431 მ/წმ; V_S = 283 მ/წმ.

აღნიშნულ ფენს მოსდევს **ფენი2**, რომელიც ჩვენი დაკვირვებით ვრცელდება 30 მ-ის სიღრმემდე, გრძივი და განივი ტალღების შემდეგი მნიშვნელობებით: V_P = 2043 მ/წმ; V_S= = 1092 მ/წმ.



ნახ. 1.2. სეისმოგეოლოგიური ჭრილი #1.

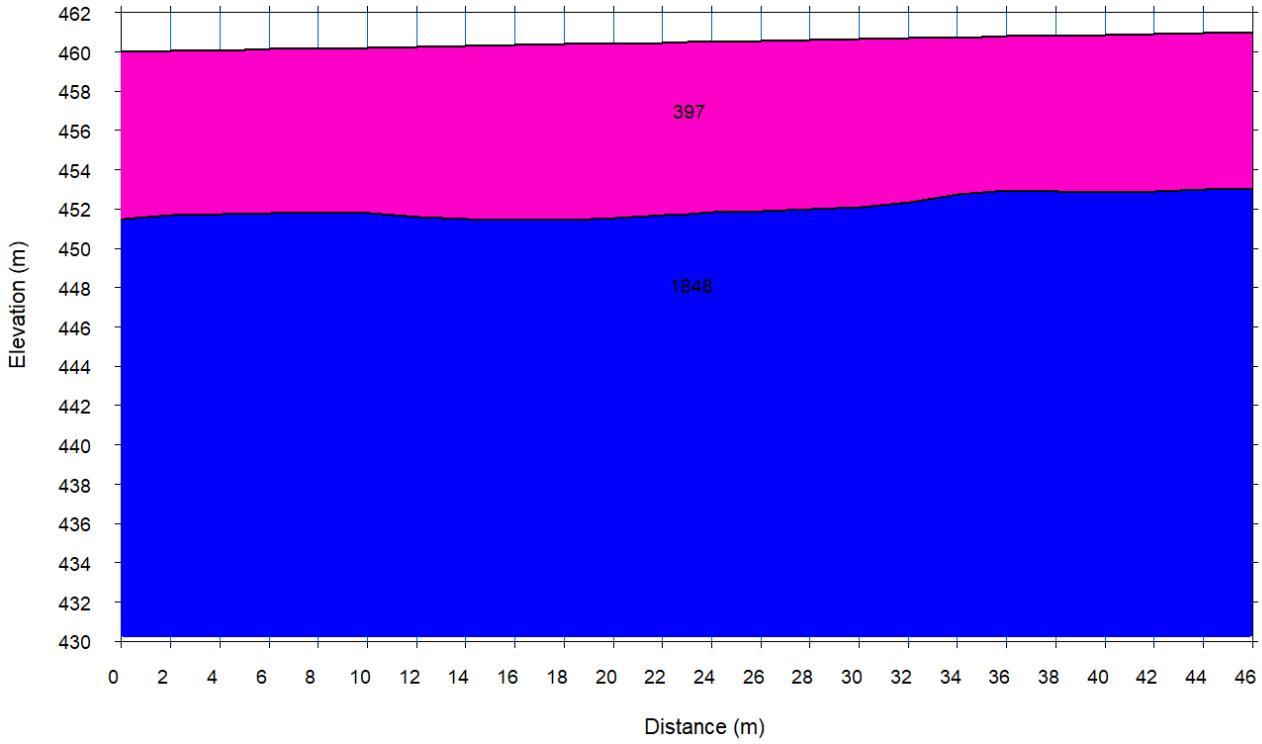
ცხრილი 1.2. ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების მნიშვნელობები პროფილი #1–სათვის.

ფენის N	პარამეტრი	პარამეტრის აღწერა	მნიშვნელობები	სიმძლავრე, მ
1	Vp m/sec	გრძივი ტალღის სიჩქარე	431	8
	Vs m/sec	განივი ტალღის სიჩქარე	283	
	Vs/Vp	სიჩქარეების თანაფარდობა	0.66	
	ρ gr/cm^3	სიმკვრივე	1.99	
	μ	პუასონის კოეფიციენტი	0.12	
	Ed Mpa	იუნგის დინამიური მოდული	360	
	Gd MPa	ძვრის დინამიური მოდული	159	
	Kd Mpa	ყოველმხრივი კუმშვის დინამიური მოდული	1569.25	
	D Mpa	საერთო დეფორმაციის მოდული	6.59	
	τ Mpa	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე	-	
2	Vp m/sec	გრძივი ტალღის სიჩქარე	2043	22
	Vs m/sec	განივი ტალღის სიჩქარე	1092	
	Vs/Vp	სიჩქარეების თანაფარდობა	0.53	
	ρ gr/cm^3	სიმკვრივე	1.95	
	μ	პუასონის კოეფიციენტი	0.30	
	Ed Mpa	იუნგის დინამიური მოდული	6030	
	Gd MPa	ძვრის დინამიური მოდული	2320	
	Kd Mpa	ყოველმხრივი კუმშვის დინამიური მოდული	50275.27	
	D Mpa	საერთო დეფორმაციის მოდული	28.40	
	τ Mpa	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე	0.40	
Vs30, m/sec		განივი ტალღის საშუალო სიჩქარე 30მ სიღრმემდე	620	

<u>სეისმური პროფილი #2:</u>

ფენი1 ვრცელდება ზედაპირიდან 8.0 – 9.0 მ-ის სიღრმემდე გრძივი და განივი ტალღების სიჩქარეების მნიშვნელობებით: V_P = 397 მ/წმ; V_S = 262 მ/წმ.

აღნიშნულ ფენს მოსდევს **ფენი2**, რომელიც ჩვენი დაკვირვებით ვრცელდება 30 მ-ის სიღრმემდე, გრძივი და განივი ტალღების შემდეგი მნიშვნელობებით: V_P = 1848 მ/წმ; V_S= = 1005 მ/წმ.



ნახ. 1.3. სეისმოგეოლოგიური ჭრილი #2.

ცხრილი 1.3. ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების მნიშვნელობები პროფილი #2–სათვის.

ფენის N	პარამეტრი	პარამეტრის აღწერა	მნიშვნელობები	სიმძლავრე, მ
1	Vp m/sec	გრძივი ტალღის სიჩქარე	397	8
	Vs m/sec	განივი ტალღის სიჩქარე	262	
	Vs/Vp	სიჩქარეების თანაფარდობა	0.66	
	ρ gr/cm^3	სიმკვრივე	1.94	
	μ	პუასონის კოეფიციენტი	0.11	
	Ed Mpa	იუნგის დინამიური მოდული	300	
	Gd MPa	ძვრის დინამიური მოდული	133	
	Kd Mpa	ყოველმხრივი კუმშვის დინამიური მოდული	1281.11	
	D Mpa	საერთო დეფორმაციის მოდული	4.92	
	τ Mpa	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე	-	
2	Vp m/sec	გრძივი ტალღის სიჩქარე	1848	22
	Vs m/sec	განივი ტალღის სიჩქარე	1005	
	Vs/Vp	სიჩქარეების თანაფარდობა	0.54	
	ρ gr/cm^3	სიმკვრივე	1.90	
	μ	პუასონის კოეფიციენტი	0.29	
	Ed Mpa	იუნგის დინამიური მოდული	4950	
	Gd MPa	ძვრის დინამიური მოდული	1919	
	Kd Mpa	ყოველმხრივი კუმშვის დინამიური მოდული	39303.65	
	D Mpa	საერთო დეფორმაციის მოდული	20.70	
	τ Mpa	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე	0.33	
Vs30, m/sec		განივი ტალღის საშუალო სიჩქარე 30მ სიღრმემდე	572	

უნდა აღინიშნოს, რომ გეოფიზიკური კვლევის შედეგები კარგ შესაბამისობაშია გეოლოგიურ ანგარიშში წარმოდგენილ შედეგებთან.

გეოფიზიკური კვლევების საფუძველზე განივი ტალღების საშუალო სიჩქარეების მიხედვით გრუნტის ზედა 30 მ ფენში (V_{S30}) შეფასდა გრუნტის კატეგორიები.

საკვლევი ტერიტორიაზე მიღებული იქნა განივი ტალების გასაშუალოებული მნიშვნელობები და შესაბამისად შეფასდა გრუნტის კატეგორიები, როგორც საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით, ასევე საერთაშორისო ნორმების მიხედვით (IBC 2006, Eurocode 8, ASCE 7).

ამ უბნისათვის განივი ტალღების სიჩქარეების გასაშუალოებული მნიშვნელობა ზედა 30 მ ფენში (V_{S30}) მიღებული იქნა **596** მ/წმ. აღნიშნული მნიშვნელობა საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით შეესაბამება გრუნტის II კატეგორიას, ხოლო საერთაშორისო ნორმების მიხედვით განისაზღვრა შემდეგნაირად: Eurocode8 - B ტიპი, IBC 2006 და ASCE 7 – C კლასი. დეტალურად სიჩქარეების მნიშვნელობები და შესაბამისი კატეგორიები თითოეული პროფილის უბანზე მოცემულია ცხრილ 1.4 –ში.

ცხრილი 1.4. განივი ტალღების საშუალო მნიშვნელობებისა და გრუნტის კატეგორიების ცხრილი

Prof. N	V_{S30} (m/sec)	Georgian (DN 01.01-09)	IBC 2006	ASCE 7	Eorocode 8
1	620	II	C	C	B
2	572	II	C	C	B

1.3 დასკვნა

საკვლევ ტერიტორიაზე ჩატარდა სეისმური პროფილირება გარდატეხილი ტალღების მეთოდით 30 მ სიღრმემდე ინფორმაციის მიღებით. აიგო შესაბამისი სეისმო-გეოლოგიური ჭრილები, განისაზღვრა დრეკადი გრძივი და განივი ტალღების გავრცელების სიჩქარეები. ასევე შეფასდა შესაბამისი ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების მნიშვნელობები. ანგარიშში წარმოდგენილია 46 მ სიგრძის 2 სეისმური პროფილის ჭრილი, საერთო სიგრძით 92 მ (ნახ. 1.1). ცხრილ 1.1-ში მითითებულია სეისმური პროფილების დასაწყისი და საბოლოო კოორდინატები WGS84 სისტემაში აბსოლუტურ სიმაღლეებთან ერთად.

გეოფიზიკური პარამეტრების მიხედვით გამოყოფილია სხვადასხვა საინჟინრო-გეოლოგიური ელემენტები (**ფენები**) და დადგენილია მათში V_P, V_S სიჩქარეების მნიშვნელობების განაწილება. შესაბამისი ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილებში 1.2 – 1.3 (ნახ.: 1.2 – 1.3).

მიღებულ ჭრილებზე გეოფიზიკური მონაცემების მიხედვით უმთავრესად დაიკვირვება ფიზიკური თვისებებით განსხვავებული ორი ფენი (იდენტიფიკაცია განხორციელდა საინჟინრო გეოლოგიური შედეგების გათვალისწინებით): **ფენი 1** – ნაყარი გრუნტი; **ფენი2** - კენჭნარი ქვიშნარის შემავსებლით. უნდა აღინიშნოს, რომ გეოფიზიკური კვლევის შედეგები კარგ შესაბამისობაშია გეოლოგიურ ანგარიშში წარმოდგენილ შედეგებთან.

გეოფიზიკური კვლევების საფუძველზე განივი ტალღების საშუალო სიჩქარეების მიხედვით გრუნტის ზედა 30 მ ფენში (V_{S30}) შეფასდა გრუნტის კატეგორიები.

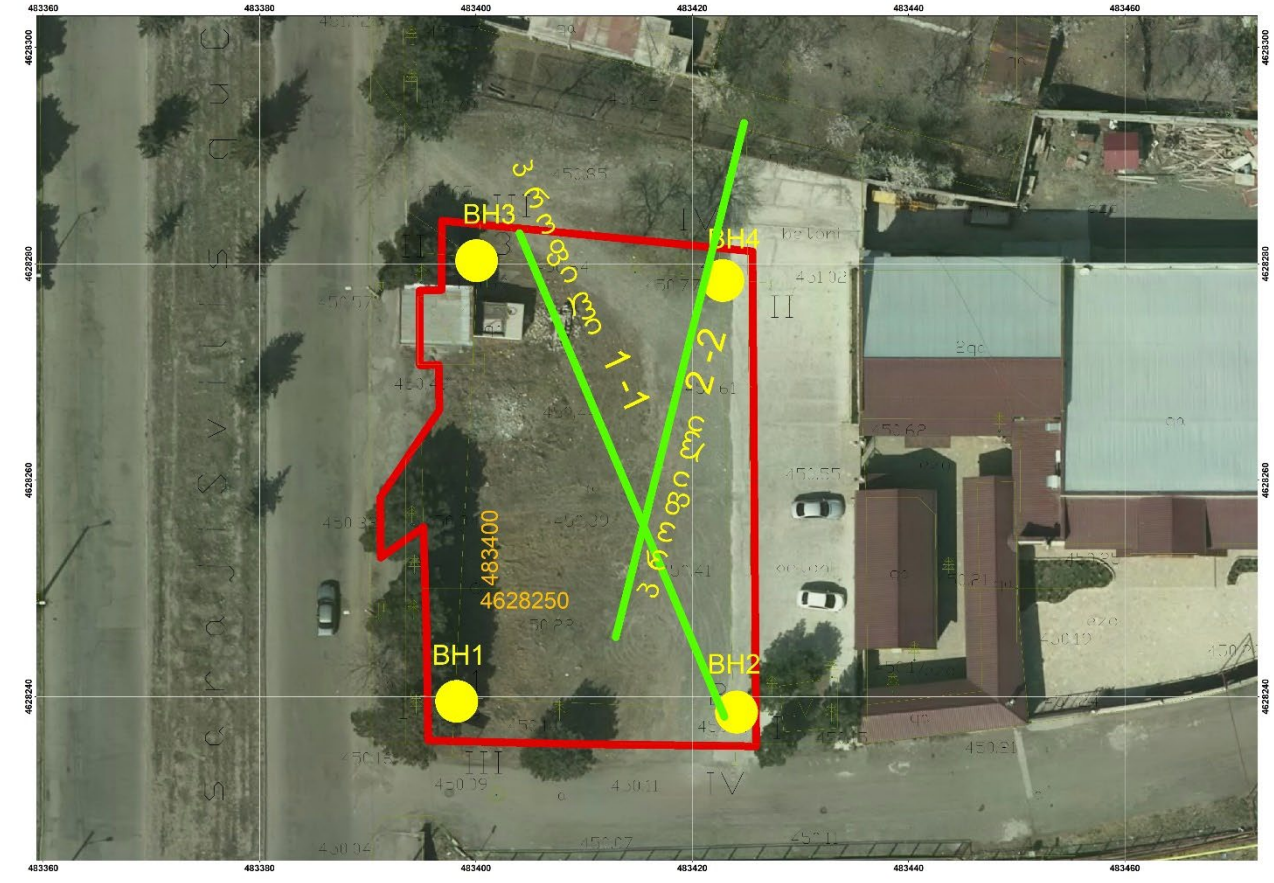
საკვლევი ტერიტორიაზე მიღებული იქნა განივი ტალების გასაშუალოებული მნიშვნელობები და შესაბამისად შეფასდა გრუნტის კატეგორიები როგორც საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით, ასევე საერთაშორისო ნორმების მიხედვით (IBC 2006, Eurocode 8, ASCE 7).

ამ უბნისათვის განივი ტალღების სიჩქარეების გასაშუალოებული მნიშვნელობა ზედა 30მ ფენში (V_{S30}) მიღებული იქნა **596** მ/წმ. აღნიშნული მნიშვნელობა საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით შეესაბამება გრუნტის II კატეგორიას, ხოლო საერთაშორისო ნორმების მიხედვით განისაზღვრა შემდეგნაირად: Eurocode 8 - B ტიპი, IBC 2006 და ASCE 7 – C კლასი. დეტალურად სიჩქარეების მნიშვნელობები და შესაბამისი კატეგორიები თითოეული პროფილის უბანზე მოცემულია ცხრილ 1.4–ში.

2. სამშენებლო უბნის სეისმურობის დაზუსტება

2.1. სამშენებლო მოედნისათვის V_P, V_S, ρ და T_0 -ის საანგარიშო სიდიდეების დადგენა

პირველ ეტაპზე ჩატარებული გეოფიზიკური კვლევების მიხედვით შესწავლილი იქნა ორი სეისმური პროფილი საერთო სიგრძით 92 მეტრი (ნახ. 2.1), თითოეული პროფილი გამოკვლეულ იქნა 30 მეტრ სიღრმეზე. ანალიზის შედეგად მთლიანად სამშენებლო უბნისთვის მიღებული იქნა გასაშუალოებული განივი ტალღის სიჩქარის მნიშვნელობა 30 მეტრიანი ფენისათვის, რომელიც შეადგენს **V_{S30} = 596** მ/წმ-ს.



BH ჭაბურღილი;

სეისმო-გეოლოგიური პროფილის ხაზი;

ნაკვეთის საკადასტრო საზღვარი

ნახ. 2.1. შესწავლილი სეისმური პროფილების განლაგება სამშენებლო უბანზე.

ნახაზიდან ჩანს, რომ პროფილები განთავსებულია სწორ რელიეფზე და ნიშნულების სხვაობა 0.8 – 1.2 მეტრის ფარგლებშია.

პირველ ნაწილში მიღებული შედეგების სტანდარტული სტატისტიკური დამუშავებით ვღებულობთ, რომ:

<u>30 მეტრიანი ფენისათვის</u>

გრძივი ტალღის სიჩქარე $V_{P30} = 979 \pm 43$ მ/წმ;

განივი ტალღის სიჩქარე $V_{S30} = 596 \pm 24$ მ/წმ;

სიმკვრივე $\rho_{30} = 1936 \pm 25$ კგ/მ^3.

სამშენებლო ნორმების პნ 01.01-09 [2.1], ცხრილი 1-ის მე-2 შენიშვნის შესაბამისად „სამშენებლო მოედნის არაერთგვაროვანი გრუნტების შემთხვევაში, თავისი სეისმური თვისებებით, ისინი მიეკუთვნებიან უფრო არახელსაყრელ გრუნტის კატეგორიას, თუ გრუნტის 10 მ-იან შრის ფარგლებში (დაგეგმარების ნიშნულიდან) არახელსაყრელი შრე ხასიათდება 5 მ-ზე მეტი სისქით“.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდიანრე სეისმურობის შეფასებისას, ვხელმძღვანელობთ დაგეგმარების ნიშნულიდან ყველაზე არახელსაყრელი 5 მეტრიანი სიღრმით, ანუ ზემოთ მოყვანილი მონაცემების კორექტირება უნდა განხორციელდეს აღნიშნულის შესაბამისად, რის შედეგადაც ვღებულობთ, რომ

<u>ყველაზე არახელსაყრელი 5 მეტრიანი ფენისათვის</u>

გრძივი ტალღის სიჩქარე $V_P = 414 \pm 17$ მ/წმ;

განივი ტალღის სიჩქარე $V_S = 273 \pm 11$ მ/წმ;

სიმკვრივე $\rho = 1965 \pm 25$ კგ/მ^3.

მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ყველა პროფილზე განივი ტალღის სიჩქარის გასაშუალოებული მნიშვნელობა ყველაზე არახელსაყრელი 5 მეტრიანი ფენისათვის (დაგეგმარების ნიშნულიდან) არ აღემატება 300 მ/წმ-ს რის გამოც შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ საპროექტო შენობის დაფუძნება ხორციელდება სეისმური თვისებების მიხედვით III კატეგორიის გრუნტებზე (ევროკოდი-8-ის მიხედვით C ტიპის გრუნტებზე, საეთაშორისო IBC 2006 და ამერიკული ASCE 7-ის მიხედვით D კლასის გრუნტებზე).

ნაგებობის რეაქციის ზუსტი შეფასებისათვის მნიშვნელოვანია არაერთგვაროვანი ფუძისათვის რხევების დომინანტური პერიოდების განსაზღვრა განხორციელდეს ფუძისა და ნაგებობის ერთობლივი მუშაობის გათვალისწინებით. როდესაც არ არსებობს ექსპერიმენტული მონაცემები, მაშინ შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ანალიტიკურად მიღებული ფორმულები, კერძოდ მრავალშრიანი ფუძისათვის, როდესაც შრეების მონაცემები მკვეთრად არ განსხვავდებიან, მაშინ საკუთარი რხევების დომინანტური პერიოდის განსაზღვრისას შესაძლებელია ვისარგებლოთ შემდეგი ფორმულით,

$$T_0 = 4H_s \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n} \rho_k \left[H_k + \frac{H_s}{\pi} \left(\sin\frac{\pi h_k}{H_s} - \sin\frac{\pi h_{k-1}}{H_s} \right) \right]}{\sum_{k=1}^{n} G_k \left[H_k - \frac{H_s}{\pi} \left(\sin\frac{\pi h_k}{H_s} - \sin\frac{\pi h_{k-1}}{H_s} \right) \right]}} \qquad (2.1)$$

სადაც, T_0 - საკუთარი რხევების მთავარი დომინანტური პრიოდია; k - შრეების რაოდენობაა; H_k, ρ_k და G_k - შესაბამისად k შრის სიმძლავრე, სიმკვრივე და ძვრის მოდულია; H_s - ყველა შრის საერთო სიმძლავრეა (ჩვენ შემთხვევაში შეადგენს 30 მეტრს).

აღნიშნული ფორმულით დათვლილ იქნა ყველა პროფილისათვის მთავარი დომინანტური პერიოდი და შემდგომ შეფასდა საშუალო მნიშვნელობა და მისი ცვლილების დიაპაზონი (საშუალო კვადრატული გადახრა), რომელმაც შეადგინა

<u>30 მეტრიანი ფენისათვის</u>

$T_0 = 0.20168 \pm 0.00802$ წმ

<u>ყველაზე არახელსაყრელი 5 მეტრიანი ფენისათვის</u>

$T_0 = 0.441022 \pm 0.016993$ წმ

2.2 სეისმურობის დაზუსტება ბალებში და საანგარიშო აჩქარებებში

სამშენებლო მოედნის სეისმურობის დაზუსტება განხორციელდა სეისმური სიხისტეების მეთოდით, რომელიც გულისხმობს სეისმურობის დაზუსტებას, ეტალონური გრუნტის აკუსტიკური სიხისტის შედარებით საკვლევი გრუნტის სიხისტესთან და იანგარიშება შემდეგი ფორმულით [2.2, 2.3, 2.4]

$$I = I_0 + \Delta I \qquad (2.2)$$

სადაც, I არის დაზუსტებული ბალიანობის მნიშვნელობა; I_0 - ეტალონური გრუნტის ბალიანობა, რომელიც განისაზღვრება სეისმური მიკროდარაიონებით; ΔI - ბალიანობის ნამატი, რომელიც განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით

$$\Delta I = 1.67 \lg(V_0 \text{ x } \rho_0/V_i \text{ x } \rho_i) \qquad (2.3)$$

სადაც, V_0 და ρ_0 არის ეტალონური გრუნტისათვის შესაბამისად დრეკადი განივი (ან გრძივი) ტალღის სიჩქარე და სიმკვრივე, V_i და ρ_i არის საკვლევი გრუნტისათვის შესაბამისი სიჩქარე და სიმკვრივე.

რაც შეეხება ეტალონურ სიდიდეებს, [2.5] ნაშრომის მიხედვით ქ. თბილისის სეისმური მიკროდარაიონებითი სამუშაოების შესრულებისას ეტალონურ გრუნტად მიღებულ იქნა ქვიშაქვები არგილიტების მონაცვლეობით, რომელიც ხასიათდება შემდეგი დინამიური მახასიათებლებით: გრძივი ტალღის გავრცელების სიჩქარე V_{P0}=2000 მ/წმ; სიმკვრივე ρ_0=2400 კგ/მ^3, ხოლო მათი სეისმურობა დღეისათვის შეფასებულია 7 ბალით.

სამშენებლო ტექნიკური რეგლამენტის „სეისმომედეგი მშენებლობა“ [2.1] მე-3 მუხლის მე-15 პუნქტის მიხედვით, იმავე დოკუმენტის 1-ლი და მე-2 დანართებში განსაზღვრული საანგარიშო ბალი და პიკური ჰორიზონტალური აჩქარების მნიშვნელობები მიეკუთვნება საშუალო (მე-II კატეგორიის) სეისმური თვისებების გრუნტებს, რომლებისათვისაც გრუნტების პარამეტრებია V_{P0} = 500-700 მ/წმ, V_{S0} = 320-350 მ/წმ და ρ_0= 1700-1800 კგ/მ^3 [2.2, 2.3, 2.4], ხოლო საწყისი ბალიანობაა 8.

თუ ვისარგებლებთ 2.3 ფორმულით ორივე ვარიანტისათვის და გავითვალისწინებთ 2.1-ში მიღებულ შედეგებს (ყველაზე არახელსაყრელი 5 მეტრიანი ფენისათვის: გრძივი ტალღის სიჩქარე V_P = 414 ± 17 მ/წმ; განივი ტალღის სიჩქარე V_S = 273 ± 11 მ/წმ; სიმკვრივე ρ = 1965 ± 25 კგ/მ^3) მივიღებთ, რომ:

ეტალონური ბალიანობა 7-ისათვის

$\Delta I = 1.67 \lg [(2000 \times 2400) / ((414 \pm 17) \times (1965 \pm 25)] = 1.288038 \pm 0.039026$
(+ 1 ბალი).

ეტალონური ბალიანობა 8-ისათვის

$\Delta I = 1.67 \lg [(600 \pm 100) \times (1750 \pm 50) / ((414 \pm 17) \times (1965 \pm 25)] = 0.317983 \pm 0.039026$
(+ 0 ბალი).

$\Delta I = 1.67 \lg [(335 \pm 15) \times (1750 \pm 50) / ((273 \pm 11) \times (1965 \pm 25))] = 0.118519 \pm 0.037188$
(- 0 ბალი).

აკუსტიკური სიხისტეების მეთოდით სამშენებლო ტერიტორიაზე ანგარიშით მიღებული ბალიანობის ნაზრდმა შეადგინა:
ეტალონური ბალიანობა 7-ისათვის: ΔI = 1.288038 ± 0.039026 (+ 1 ბალი);
ეტალონური ბალიანობა 8-ისათვის: ΔI = 0.317983 ± 0.039026 (+ 0 ბალი).

ესეიგი სამშენებლო ტერიტორიაზე ბალიანობის ნაზრდი, სამშენებლო ნორმებით განსაზღვრულთან შედარებით, გრუნტების სიხისტის ცვლილების გამო შეადგენს ΔI = 0 -ს, შესაბამისად ტერიტორიის საანგარიშო სეისმურობა რჩება უცვლელი და შეადგენს **I** = = 8 ბალს.

სამშენებლო ტექნიკური რეგლამენტის „სეისმომედეგი მშენებლობა“ [2.1] მე-3 მუხლის მე-16 პუნქტის მიხედვით, ვინაიდან სამშენებლო უბნის სეისმურობა არ იცვლება, ამიტომ იმავე დოკუმენტის 1-ლი დანართით განსაზღვრული მაქსიმალური ჰორიზონტალური აჩქარების მნიშვნელობა, რომელიც ქ. თბილისისათვის შეადგენს 0.17g-ს, უნდა დარჩეს უცვლელი ან დაკორექტირდეს შემდეგი ფორმულებით [2.4, 2.5]:

$$\mathbf{lg\ A/A_0 = [1.67\ lg(V_0\ x\ \rho_0/V_i\ x\ \rho_i\ )]/3.3} \qquad (2.4)$$

$$\mathbf{A/A_0 = 10^{\,[1.67\ lg(V_0\ x\ \rho_0/V_i\ x\ \rho_i\ )]/3.3}} \qquad (2.5)$$

სადაც, A საკვლევი უბნის გრუნტის მაქსიმალური აჩარების მნიშვნელობაა; A_0-იგივე ეტალონურ გრუნტში; V_0 და ρ_0 არის ეტალონური გრუნტისათვის შესაბამისად დრეკადი განივი (ან გრძივი) ტალღის სიჩქარე და სიმკვრივე, V_i და ρ_i არის იგივე საკვლევი გრუნტისათვის, რომელთა მნიშვნელობები მოყვანილია ზევით.

ეტალონური გალიანობა 7-ისათვის

$$lgA/A_0 = \{1.67\ lg\ [(2000x2400)\ /\ ((414\pm17)\ x\ (1965\pm25)]\ /3.3\} =$$
$$= (0.390314 \pm 0.011826)$$

შესაბამისად

$$A/A0 = 10^{\,[(0.390314 \pm 0.011826)]} = [2.457397 \pm 0.066900]$$

$$A = 0.085g\ x\ [2.457397 \pm 0.066900] = [0.20888 \pm 0.00569]\ g$$

ეტალონური გალიანობა 8-ისათვის

$$lgA/A_0 = \{1.67\ lg\ [(600\pm100)\ x\ (1750\pm50)\ /\ ((414\pm17)\ x\ (1965\pm25)]\ /3.3\} =$$
$$= (0.\ 096359 \pm 0.011826)$$

შესაბამისად

$$A/A0 = 10^{[(0.\ 096359 \pm 0.011826)]} = [1.248877 \pm 0.033999]$$

$$A = 0.170\ g \times [1.248877 \pm 0.033999] = [0.21231 \pm 0.00578]\ g$$

ან

$$lgA/A_0 = \{1.67\ lg\ [(335\pm150) \times (1750\pm50) / ((273\pm11) \times (1965\pm25)] /3.3\} =$$
$$= (0.035915 \pm 0.011269)$$

შესაბამისად

$$A/A0 = 10^{[(0.035915 \pm 0.011269)]} = [1.086578 \pm 0.028188]$$

$$A = 0.170\ g \times [1.086578 \pm 0.028188] = [0.18472 \pm 0.00479]\ g$$

მიღებული შედეგების ანალიზის გვიჩვენებს, რომ კორექტირებული ჰორიზონტალური აჩქარების მნიშვნელობა სამშენებლო ტერიტორიის ყველაზე არახელსაყრელი 5 მეტრიანი ფენისათვის შეადგენს **0.218 g**-ს (**2.139** მ/წმ^2).

შენობა უნდა განთავსდეს გლდანის ხევის სიახლოვეს, რომელთა დონეთა ნიშნულების სხვაობა 9-10 მეტრის ფარგლებშია, ამიტომ რელიეფის დახრის კუთხე საშუალოდ შეადგენს 12-24^0-ს რაც აღემატება 15^0-ს, ამიტომ რელიეფის (ტოპოგრაფიული) გაძლიერების კოეფიციენტის გათვალისწინება აუცილებელია (პნ 01.01-09 მუხლი 3, პ17, EN 1998-5. 2004. A დანართი, პუნქტი A.2) სეისმური მიკროდარაიონების მონაცემების შესაბამისად. ასეთი მონაცემების არარსებობის შემთხვევაში რეკომენდებულია [2.7] ფერდობის ძირში აღებულ იქნას კოეფიციენტის მნიშვნელობა 0.5, ხოლო ფერდობის წვერზე კი - 1.25 (შუალედური მნიშვნელობები აიღება ინტერპოლაციით). EN 1998-5. 2004. A დანართი, პუნქტი A.2-ის მიხედვით [2.6] კლდის ზედა კიდესთან ახლოს მდებარე ნაგებობებისათვის რეკომენდებულია $S_T \geq 1.2$. აღნიშნული დოკუმენტების მოთხოვნების შეჯერებით, ვღებულობთ, რომ $K_რ=1.02$.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, საანგარიშო კორექტირებული ჰორიზონტალური აჩქარების მნიშვნელობა სამშენებლო უბნისათვის შეადგენს - **0.222 g**-ს (**2.178** მ/წმ^2).

2.3. დასკვნა

- ორივე სეისმოგეოლოგიურ პროფილზე განივი ტალღის სიჩქარის გასაშუალოებული მნიშვნელობა ყველაზე არახელსაყრელი 5 მეტრიანი ფენისათვის (დაგეგმარების ნიშნულიდან) არ აღემატება 300 მ/წმ-ს რის გამოც შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ საპროექტო შენობის დაფუძნება ხორციელდება სეისმური თვისებების მიხედვით III კატეგორიის გრუნტებზე (ევროკოდი-8-ის მიხედვით C ტიპის გრუნტებზე, საეთაშორისო IBC 2006 და ამერიკული ASCE 7-ის მიხედვით D კლასის გრუნტებზე).

- აკუსტიკური სიხისტეების მეთოდით სამშენებლო ტერიტორიაზე ანგარიშით მიღებული ბალიანობის ნაზრდმა შეადგინა:
  ეტალონური ბალიანობა 7-ისათვის: $\Delta I = 1.288038 \pm 0.039026$ (+ 1 ბალი);
  ეტალონური ბალიანობა 8-ისათვის: $\Delta I = 0.317983 \pm 0.039026$ (+ 0 ბალი).

- სამშენებლო ტერიტორიაზე ბალიანობის ნაზრდი, სამშენებლო ნორმებით განსაზღვრულთან შედარებით, გრუნტების სიხისტის ცვლილების გამო შეადგენს $\Delta I = + 0$ -ს, შესაბამისად ტერიტორიის საანგარიშო სეისმურობა არ იცვლება და შეადგენს **I** = 8 ბალს.

- სამშენებლო ტერიტორიაზე კორექტირებული საანგარიშო ჰორიზონტალური აჩქარების მნიშვნელობა ყველაზე არახელსაყრელი ხუთ მეტრიანი ფენისათვის შეადგენს **0.222 g**-ს (**2.178** მ/წმ^2).

საერთო დასკვნები და რეკომენდაციები

- საკვლევ უბანზე გატარდა 46 მ სიგრძის 2 სეისმური პროფილი საერთო სიგრძით 92 მ. მათი მონაცემები WGS-84 სისტემაში მითითებულია ცხრილ 1.1-ში.
- სეისმურ პროფილებში, გამოყოფილია სხვადასხვა საინჟინრო-გეოფიზიკური ელემენტები (ფენები) რომელთა ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილებში 1.2 – 1.3.
- მიღებულ ჭრილებზე გეოფიზიკური მონაცემების მიხედვით უმთავრესად დაიკვირვება ფიზიკური თვისებებით განსხვავებული ორი ფენი (იდენტიფიკაცია განხორციელდა საინჟინრო გეოლოგიური შედეგების გათვალისწინებით): ფენი 1 – ნაყარი გრუნტი; ფენი2 - კენჭნარი ქვიშნარის შემავსებლით.
- განივი ტალღების საშუალო სიჩქარეების მიხედვით გრუნტის ზედა 30 მ ფენში (V_{S30}, რომელიც მთლიანად სამშენებლო უბნისთვის საშუალოდ შეადგენს 596 მ/წმ) განისაზღვრა გრუნტის ტიპები, როგორც საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით, ასევე საერთაშორისო ნორმების მიხედვით (IBC 2006, Eurocode 8, ASCE 7). საქართველოში მოქმედი ნორმების მიხედვით გრუნტები შეესაბამება II კატეგორიას, ხოლო საერთაშორისო ნორმების მიხედვით: Eurocode 8 - B ტიპი, IBC 2006 და ASCE 7 – C კლასი. დეტალური მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილში 1.4.
- ორივე სეისმოგეოლოგიურ პროფილზე განივი ტალღის სიჩქარის გასაშუალოებული მნიშვნელობა ყველაზე არახელსაყრელი 5 მეტრიანი ფენისათვის (დაგეგმარების ნიშნულიდან) არ აღემატება 300 მ/წმ-ს რის გამოც შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ საპროექტო შენობის დაფუძნება ხორციელდება სეისმური თვისებების მიხედვით III კატეგორიის გრუნტებზე (ევროკოდი-8-ის მიხედვით C ტიპის გრუნტებზე, საეთაშორისო IBC 2006 და ამერიკული ASCE 7-ის მიხედვით D კლასის გრუნტებზე).
- აკუსტიკური სიხისტეების მეთოდით მიღებული ბალიანობის ნაზრდი სამშენებლო ტერიტორიაზე შეადგინს: ეტალონური ბალიანობა 7-ისათვის: $\Delta I = 1.288038 \pm 0.039026$ (+ 1 ბალი); ეტალონური ბალიანობა 8-ისათვის: $\Delta I = 0.317983 \pm 0.039026$ (+ 0 ბალი).
- სამშენებლო ტერიტორიაზე ბალიანობის ნაზრდი, ნორმებით განსაზღვრულთან შედარებით, გრუნტების სიხისტის ცვლილების გამო, შეადგენს $\Delta I = +0$ -ს, შესაბამისად ტერიტორიის საანგარიშო სეისმურობა არ იცვლება და შეადგენს **I = 8** ბალს.
- სამშენებლო ტერიტორიაზე კორექტირებული საანგარიშო ჰორიზონტალური აჩქარების მნიშვნელობა (ყველაზე არახელსაყრელი ხუთ მეტრიანი ფენისათვის) შეადგენს **0.222 g**-ს (**2.178** მ/წმ^2).

ლიტერატურა

თავი 1

1.1. N.B. Dortman, Physical properties of rocks and minerals, 1984.

1.2. Н.Н. Горяинов, Сейсмические методы в инжинерной геологии. «Недра», 1979, 150с.

1.3. Y. Kobayashi, M. Horike, Analysis of seismic exploration data using ray method, J. Phys. Earth 35, 1987, p.127-141.

1.4. A.K. Majan, S. Slob, R. Ranjan, R. Sporry, P.K. Champati ray, C.J. van Westen, Seismic microzonation of Dehran City using geophysical and geotechnical characteristics in the upper 30 m.

1.5. S. Laster, M. Backus, R. Schell, Analog model studies of the simple refraction problem. “Seismic refraction prospecting”. Tilsa, 1967, p.15-66.

1.6. В.Н. Никитин, Основы инженерной сейсмики. МГУ, 1981, 175с.

1.7. T. Media, Hammer refraction seismic in engineering geophysics, “Geophysics”, v.34, № 3, 1969, p.383-395.

1.8. A.I. Savich, B.D. Kuiyndjich, Complex-ingineering research in building hydraulic facilities, 1990.

1.9. R. Sheriff, LGeldart, Exploration Seismology, Mir, Moscow, v.1 and 2, 1987, 900p.

1.10. Earthquake motion and ground conditions, The Archtectural Institute of Japan (AIJ), 1993, 595p.

1.11. International Building code, International code council, INC, USA,2006. 680 p.

1.12. Mohamed, A. M. E., Abu El-Ata, A. S. A., Abdel Azim, F., Taha, M. A. Site-specific shear wave velocity investigation for geotechnical engineering applications using seismic refraction and 2D Multi-channel Analysis of Surface Waves. NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics, 2013: 2, 88-101.

1.13. Gercek, H. (January 2007). "Poisson's ratio values for rocks". International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 44(1): 1–13.

1.14. Gorodtsov, V.A.; Lisovenko, D.S. (2019). "Extreme values of Young's modulus and Poisson's ratio of hexagonal crystals". Mechanics of Materials. 134: 1–8.

თავი 2

2.1 პნ 01.01-09 „სეისმომედეგი მშენებლობა“.

2.2 РСМ-73. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию. ИФЗ АН СССР, 1974.

2.3 РСН 60-86. Инжинерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ. 1986.

2.4 РСН 65-86. Инжинерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. 1987.

2.5 კირიაკ ზავრიევის სამშენებლო მექანიკის და სეისმომედეგობის ინსტიტუტის 1974 წლის სამეცნიერო-ტექნიკური ანგარიში თემაზე: „ქ. თბილისის ტერიტორიის სეისმური მიკროდარაიონება“.

2.6 EN 1998-5. 2004. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects.

2.7 СП 269.1325800,2016. ТРАНСПОРТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ. Правила уточнения исходной сейсмичности и сейсмического микрорайонирования.

სამშენებლო ობიექტების
კომპიუტერული ტექნოლოგიებით
პროექტირების საინჟინრო ცენტრი
შპს ალფა პროჯექტ ჯორჯია

ENGINEERING CENTER OF
COMPUTER AIDED
DESIGN
Alpha Project Georgia LTD

ს/კ 406068758

I/C 406068758

ქ. თბილისი, ქ. ჩოლოყაშვილის №57ა, კორ. 3; ბ. 24
57a, Cholokashvili Str., Block #3, Flat#24, Tbilisi, Georgia

18. 04. 2023

საექსპერტო დასკვნა

ქ.თბილისში, ავჭალის გზატკეცილისა და გლდანის ხევის გადაკვეთაზე არსებულ მიწის ნაკვეთზე(ს/კ 01.11.03.024.045) მშენებარე მრავალფუნქციური კომპლექსი/შენობის პროექტის კონსტრუქციულ ნაწილზე

დამკვეთის მიერ ექსპერტის წინაშე წარმოდგენილი იქნა შემდეგი მასალები:

- ქ.თბილისში, ავჭალის გზატკეცილისა და გლდანის ხევის გადაკვეთაზე არსებულ მიწის ნაკვეთზე(ს/კ 01.11.03.024.045) მშენებარე მრავალფუნქციური კომპლექსის პროექტის არქიტექტურული და კონსტრუქციული ნაწილი, როგორც დაბეჭდილ ასევე ელექტრონულ ვერსისში.

- საინჟინრო-გეოლოგიური დასკვნა, რომელის დამუშავებული იქნა შპს „გენგეო“-ს გეოლოგთა ჭგუფის მიერ 2016წ-ს.

- შენობის სივრცითი საანგარიშო მოდელი, რომელიც შესრულებულია საანგარიშო კომპლექსი **ЛИРА-САПР 2022**-ის მეშვეობით.

- **მრავალფუნქციური შენობის გეგმარებითი პარამეტრები:**
- ასაშენებელი შენობა 8 სართულიანია. მათ შორის ერთი მიწისქვეშა სართულით. შენობა გეგმაში ,,Г,, -ს ფორმისაა განაპირა ღერძებში ზომით: 27.45X35.65მ; მაქსიმალური მალი შეადგენს **L=6.8მ-ს.**
- შენობის მიწისქვეშა სართულის სიმაღლე შეადგენს: **H=3.0მ-ს;** პირველი მიწისზედა სართულის სიმაღლე **H=4.0მ-ია,** ხოლო დანარჩენი სართულების სიმაღლე შეადგენს **H=3.3მ**-ს მიწისქვეშა სართული განკუთვნილია ავტოსადგომებისათვის; პირველი

მიწისზედა სართული კომერციული ფართებისთვისაა განკუთვნილი, ხოლო დანარჩენი სართულები კი საცხოვრებელი ფართებისთვისაა განკუთვნილი.

- დამკვეთის მოთხოვნით კომპიუტერულ საანგარიშო მოდელსა და მზიდი კონსტრუქციული ელემენტების არმირებისას გათვალისწინებული იქნა ორი დამატებული ტიპიური სართული.
- შენობა კონსტრუქციული თვალსაზრისით გადაწყვეტილია, როგორც ჩარჩოსებრ-კავშირებიანი სისტემა მონოლითური რკინაბეტონის დიაფრაგმებით.

- **შენობის დაფუძნების პირობების აღწერა:**
- სამშენებლო მოედნის გეოტექნიკური აგებულებიდან გამომდინარე შენობა 1200მმ. დიამეტრის კიდული ხიმინჯების გამოყენებით ეფუძნება კენჭნარ გრუნტს **ფენა 2** (იხ. გეოლოგიური დასკვნა) ფენა-2-ის პირობითი საანგარიშო წინაღობა შეადგენს: **R0**=2,5კგძ/სმ^2, დეფორმაციის მოდული: **E**=300კგძ/სმ^2. შიგა ხახუნის კუთხე: **φ=35^0** .
- ხიმინჯები შეკრულია 900მმ და 600მმ სისქის ფილა-როსტვერკით, რომლის ქვეშ ასევე გათვალისწინებულია 500მმ სისქის შრეობრივად დატკეპნილი ხრეშის ფენისა და 100მმ სისქის **B7.5** მარკის ბეტონის მოსამზადებელი ფენის მოწყობა.
- საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების მიხედვით სამშენებლო მოედანი არ ხასიათდება გრუნტის წყლების გავრცელებით.

➢ **საკვლევი ტერიტორიის ზოგადი დახასიათება.**

➢ საქართველოს ტერიტორიის სეისმური დარაიონების მიხედვით სამშენებლო მოედანი განლაგებულია **8 ბალიანი** სეისმური საშიშროების ზონაში, თუმცა საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების შესაბამისი დასკვნებისა და რეკომენდაციების მიხედვით სამშენებლო მოედანზე ნაყარი გრუნტის (ფენა 1) დიდი სიმძლავრით (7-10მ) გავრცელების გამო, რომელიც სეისმური თვისებების მიხედვით მიკუთვნებულია **III** კატეგორიას, იწვევს საანგარიშო მაქსიმალური ჰორიზონტალური აჩქარების გაზრდას გრუნტული პირობების გამო;

➢ სამშენებლო მოედნის სეისურობის დაზუსტების მიზნით ჩატარებული გეოფიზიკური კვლევების მიხედვით სამშენებლო მოედნისათვის საანგარიშო მაქსიმალური ჰორიზონტალური აჩქარება შეადგენს: 0.22 g-ს (2.16მ/წმ^2);

ჩატარებული კვლევების მიხედვით განივი ტალღის გასაშუალებული სიჩქარის მნიშვნელობა ყველაზე არახელსაყრელი 5მ-იანი ფენისთვის (დაგეგმარების ნიშნულიდან) არ აღემატება 300მ/წმ-ს და აქედან გამომდინარე შენობის დაფუძნება ხდება სეისმური თვისებების მიხედვით **III** კატეგორიის გრუნტებზე რაც გათვალისწინებული იქნა შენობის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზისას.

- სამშენებლო მოედანზე ქარის ნორმატიული დატვირთვა შეადგენს - **85 კგძ/მ²** (15 წლიანი განმეორებადობის პერიოდით), ხოლო თოვლის საფარის ნორმატიული დატვირთვა - **50 კგძ/მ²** (14 დღე - თოვლის საფარის დღეთა რიცხვი).
- შენობის საპროექტო +0.00 ნიშნული შეესაბამება აბსოლიტურ ნიშნულს +452,60მ-ს
- შენობა კონსტრუქციული თვალსაზრისით განეკუთვნება II კლასს

შენობის ძირითადი მზიდი კონსტრუქციული ელემენტების გაბარიტული ზომები:

- ხიმინჯები: Ф1200მმ;
- საძირკვლის ფილა-როსტვერკი: h=900მმ; h=600მმ;
- სვეტები და პილონები: 400X1000მმ; 600X600მმ; 500X500მმ; 400X400მმ
- მონოლითური კედლები: h=250მმ,
- მონოლითური დიაფრაგმები: 250მმ;
- გადახურვის ფილა 0,00 ნიშნულზე h=200მმ; ხოლო 0,00 ნიშნულს ზემოთ h=180მმ;
- მონოლითური კოჭები: bxh=400X500; bxh=200X500მმ
- კიბის პანდუსები და ბაქნები: h=180მმ;

შენობის ყველა მზიდ კონსტრუქციაში გამოყენებულია ბეტონი კლასით B25. საძირკვლის ფილისათვის სიმტკიცის მიხედვით გამოყენებულია ბეტონი კლასით B25 და წყალშეუღწევადობის მიხედვით W_6 მარკის ბეტონი; სტაბილიზაციის ხიმინჯებში სიმტკიცის მიხედვით გამოყენებულია ბეტონი კლასით B25 და წყალშეუღწევადობის მიხედვით W_8 მარკის ბეტონი;

მზიდი კონსტრუქციების არმირებისას გამოყენებულია A500C და A240C კლასის არმატურები.

შენობის კომპიუტერული საანგარიშო მოდელის აღწერა:

შენობისა და მისი მზიდი კონსტრუქციული ელემენტების, როგორც ერთიანი სივრცითი სისტემის გადაანგარიშება კომპიუტერულ საანგარიშო მოდელში შესრულდა სტატიკურ და დინამიკურ (სეისმურ) ზემოქმედებაზე კომპიუტერული საანგარიშო კომპლექსის **ЛИРА-САПР 2022**-ის გამოყენებით შემდეგი დატვირთვების გათვალისწინებით:

1) მუდმივი *(სტატიკური)* დატვირთვა: (რკ.ბ-ის საკუთარი წონა + იატაკის „სენდვიჩის„ წონა + *გარე შემომფარგვლელი კედლების დატვირთვა)*

2) დროებითი ხანგრძლივი *(სტატიკური)* დატვირთვები: . (შიგნითა *ტიხრების დატვირთვები)*

3) ხანმოკლე *(სტატიკური)* დატვირთვები:

ა) *დროებითი სასარგებლო დატვირთვები* СНиП 2.01.07.85. «Нагрузки и воздействия»- ის მიხედვით.

ბ) *ქარის სტატიკური დატვირთვები.*

გ) *თოვლის დატვირთვა;*

4) სეისმური ზემოქმედება კომპიუტერულ საანგარიშო მოდელში შესრულებულია სპექტრული მეთოდით სეისმური თვისებებით III კატეგორიის გრუნტისათვის (მაქსიმალური ჰორიზონტალური აჩქარება 0.22 g (2.16მ/წმ²):

ა) სეისმური ზემოქმედება შენობის განივი „ Y„ მიმართულებით

ბ) სეისმური ზემოქმედება შენობის გრძივი „ **X**„ მიმართულებით

გ) სეისმური ზემოქმედება შენობის დიაგონალური „45⁰„ მიმართულებით.

დ) სეისმური ზემოქმედება შენობის დიაგონალური „135⁰„ მიმართულებით.

ე) სეისმური ზემოქმედება შენობის ვერტიკალური „Z„ მიმართულებით

კომპიუტერულ საანგარიშო მოდელში შენობების მზიდ კონსტრუქციებში ძალვათა თანწყობისას გათვალისწინებული იქნა შემდეგი კომბინაციები:

ა) ***ძირითადი თანწყობა:***

1. (მუდმივი) + (დრ. ხანგრძლივი)
2. (მუდმივი) + (დრ. ხანმოკლე)
3. (მუდმივი) + 0.95*(დრ. ხანგრძლივი) + 0.9*(დრ. ხანმოკლე დატვირთვები)

შპს "ალფა პროჯექტ ჯორჯია"
სამშენებლო ობიექტების კომპიუტერული ტექნოლოგიებით პროექტირების საინჟინრო ცენტრი
მობ. 599 74 44 80; e-Mail: Themo_ge@yahoo.de

ბ) განსაკუთრებული თანწყობა:

*0.9** (მუდმივი) + 0.8*(დრ. ხანგრძლივი) + 0.5*(დრ. ხანმოკლე) +

1*(ერთ-ერთი ,,დინამიკური,, დატვირთვა)

კომპიუტერულ საანგარიშო მოდელში შენობის მზიდი კონსტრუქციული ელემენტების არმირებები განხორციელებულია ძალვათა ძირითადი და განსაკუთრებული შეხამებების გათვალისწინებით. სეისმური ზემოქმედებები და ქარის დატვირთვები ძალვათა შეხამების ცხრილში მითითებულია როგორც ურთიერთგამომრიცხავი.

- **შენობის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ანალიზისას მიღებული შედეგები:**

შენობის საკუთარი რხევის პერიოდები ორი დამატებული ტიპიური სართულის გათვალისწინებით ე. წ. ,,დინამიკური,, მოდელის მიხედვით: - T_1=1,40წმ; T_2=1,20წმ; T_3=1,14წმ;

სეისმური ზემოქმედების ანგარიშისას ე.წ ,,მასების მონაწილეობის ფაქტორი,, - 93%

შენობის ,,დინამიკური პარამეტრების,, განსაზღვრისას გათვალისწინებული იქნა საკუთარი რხევის 40 ფორმა.

- **შენობის მაქსიმალური ჰორიზონტალური გადაადგილებები (აბსოლიტური) სეისმური ზემოქმედებისას ორი დამატებული ტიპიური სართულის გათვალისწინებით:**

შენობის განივი ,, Y,, მიმართულებით - 110მმ;

შენობის გრძივი ,, **X**,, მიმართულებით - 100მმ;

კიდულ ხიმინჯის თავზე მოსული მაქსიმალური მკუმშავი ნორმალური ძალა სტატიკურ საანგაშო დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას შეადგენს: **N=443**ტ-ს. ხოლო განსაკუთრებული შეხამებისას - 552ტ.-ს.

გაანგარიშებით მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ მთლიანად არქიტექტურულ-გეგმარებით გადაწყვეტილებათა საფუძველზე შედგენილი კომპიუტერული მოდელის გაანგარიშებათა შედეგები აკმაყოფილებს მდგრადობის, სიმტკიცის და დეფორმაციის შესაბამისი ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნებს.

პროექტის ექსპერტიზის დროს გამოყენებული იქნა ქვეყანაში მოქმედი შემდეგი ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნები

1) პნ 01.05-08 ,,სამშენებლო კლიმატოლოგია"

2) პნ 01.01-09 ,,სეისმომედეგი მშენებლობა"

3) პნ 03.01-09 ,,ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები"

4) პნ 02.01-08 ,,შენობისა და ნაგებობის ფუძეები"

5) СНиП 2.01.07.85. «Нагрузки и воздействия»

6) СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты.

ექსპერტიზაზე წარმოდგენილი იყო ქ.თბილისში, ავჭალის გზატკეცილისა და გლდანის ხევის გადაკვეთაზე არსებულ მიწის ნაკვეთზე (ს/კ 01.11.03.024.045) მშენებარე მრავალფუნქციური კომპლექსის პროექტის კონსტრუქციული ნაწილი.

შენობის მზიდი კონსტრუქციების არმირებები შეესაბამება კომპიუტერული საანგარიშო მოდელის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის საფუძველზე მიღებულ არმირებებს, აგრეთვე მთლიანად არქიტექტურულ-გეგმარებით გადაწყვეტილებათა საფუძველზე შედგენილი კომპიუტერული მოდელის გაანგარიშებათა შედეგები აკმაყოფილებს მდგრადობის, სიმტკიცის და დეფორმაციის შესაბამისი ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვენებს.

ზემოთ აღნიშნული დან გამომდინარე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა: პროექტი და მისი გაანგარიშება შესრულებულია მაღალ პროფესიონალურ დონეზე და ცალსახად რეკომენდაციას ვუწევთ აღნიშნულ კონსტრუქციულ პროექტს დასამტკიცებლად.

ინჟინერ-კონსტრუქტორი **ტ. ზაკუტაშვილი**

შპს "ალფა პროჯექტ ჯორჯია"
სამშენებლო ობიექტების კომპიუტერული ტექნოლოგიებით პროექტირების საინჟინრო ცენტრი
მობ. 599 74 44 80; e-Mail: Themo_ge@yahoo.de