

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ოლღა გიორგიშვილი

გრუნტის დეფორმაციის მოდულის ლაბორატორიული
წესით განსაზღვრის შესახებ

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

ივლისი, 2015- წელი

საავტორო უფლება © 2015- წელი, გიორგიშვილი ოლღა

თბილისი
2015 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში
სამშენებლო ფაკულტეტი
სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: გუგა ჭოხონელიძე

რეცენზენტები: დავით როგავა
გიორგი ბიჭიაშვილი

დაცვა შედგება 2015 წლის „11“ ივლისს, 15 საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის
სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 68^ბ. კორპუსი I, სამშენებლო
ფაკულტეტის სასწავლო სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორიის III
სართული

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით გიორგიშვილი ოლღას მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „გრუნტის დეფორმაციის მოდულის ლაბორატორიული წესით განსაზღვრის შესახებ“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელები: გ. ჭოხონელიძე

რეცენზენტი: დ. როგავა

რეცენზენტი: გ. ბიჭიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2015 წელი

ავტორი: გიორგიშვილი ოლღა

**დასახელება: გრუნტის დეფორმაციის მოდულის ლაბორატორიული
წესით განსაზღვრის შესახებ**

ფაკულტეტი : სამშენებლო ფაკულტეტი

აკადემიური ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა:

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

სადირკვლების ანგარიშისათვის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს დეფორმაციის მოდული (E_0). როგორც ვიცით ნაგებობათა სადირკვლების დეფორმაციაზე გაანგარიშების მთავარი მიზანია მოაქციოს ფუძის ჯდომა და ჯდომათა სხვაობა ისეთ ზღვრებში, რომლებიც არ გამოიწვევენ ნაგებობების და მათ ცალკეულ კონსტრუქციებში ისეთი ბზარების წარმოშობას და საპროექტო დონეების შეცვლას, რომლებიც საშიში იქნება მათი ნორმატიული ექსპლოატაციისათვის.

როგორც ლიტერატურიდან და პრაქტიკული გამოყენებიდან არის ცნობილი დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა ხდება ორი ძირითადი მეთოდით: ლაბორატორიული მეთოდი, გრუნტის გამოცდა კომპრესიულ კუმშვაზე (გვერდითი გაგანიერების გარეშე) და გრუნტის გამოცდა საველე პირობებში.

როგორც ვიცით, საველე მეთოდით განსაზღვრული გრუნდის დეფორმაციის მოდული უფრო ახლოს არის რეალურ დეფორმაციის მოდულთან, მაგრამ ცდის ჩატარების სირთულე და ფინანსური მხარე საშუალებას არ გვაძლევს გრუნტის დეფორმაციის მოდული ვსაზღვროთ საველე მეთოდით. ამიტომ გრუნტის დეფორმაციის მოდულს ვსაზღვრავთ კომპრესიული მეთოდით გვერდითი გაგანიერების გარეშე. ამასთან დაკავშირებით შემოვიტანეთ ახალი წინადადება გრუნტის დეფორმაციის მოდულის ლაბორატორიული წესით განსაზღვრის შესახებ, რომელიც ხდება გვერდითი გაგანიერებით და რომელიც უფრო ზუსტად ასახავს გრუნტის დეფორმაციის მოდულს, რომელიც უფრო ზუსტად ასახავს რეალურ დეფორმაციის მოდულს და რომელიც უფრო მიახლოებულია საველე მეთოდით განსაზღვრულ დეფორმაციის მოდულთან.

Abstract

For calculation of foundations one of the important characteristic is presented the module of deformation (E_0). As we all know the main goal of calculation of the foundations of buildings on deformation is to arrange the base settling and difference of settlements in such limits that do not cause in the buildings and their individual structures origination of such cracks and change in design levels that will be dangerous to their standard operation.

As is known from the literature and the practical application the modulus of deformation is determined by two basic methods: laboratory method, soil test on compression (without the side widening) and soil test in field conditions.

As we know, the determined by field method deformation modulus of soil is closer to the actual modulus deformation of soil, but the complexity of the tests carrying out and the financial side did not gives the possibility to determine of ground deformation modulus by field method. Therefore, we determine the ground modulus of deformation by compression method without side widening. Concerning with this we introduce a new proposal on determination of ground modulus of deformation by laboratory order that occurs by side widening and which more accurately reflects the ground modulus of deformation and that more accurately reflects the actual modulus of deformation and that are more closely to the determined by the field method modulus of deformation.

შინაარსი

შესავალი	15
თავი I. გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა თანამედროვე მეთოდებით	20
1.1. ლიტერატურის მიმოხილვა	20
1.2. გრუნტის დეფორმაციის სახეობანი	20
1.3. გრუნტის კუმშვადი დეფორმაციები	24
1.4 გრუნტის ზღვრული წინაღობა ძვრაზე	39
1.5 ძაბვების განაწილება გრუნტებში	46
1.6 ძაბვების განაწილება ნაგებობათა ფუძის ზედაპირზე	48
თავი II. საკვლევი ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გამოკვლევა	52
2.1 საკვლევი ტერიტორიის გეომორფოლოგიური თვისებურება	52
2.2 საკვლევი ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულება და ტექტონიკა	55
2.3 საკვლევი ტერიტორიის კლიმატური პირობები	60
2.4 საკვლევი ტერიტორიის სეისმურობა	62
2.5 საკვლევი ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური პირობები	63
თავი III. გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა საველე წესით ...	70
3.1 საველე ცდის ჩატარების მეთოდი და ანგარიში	70
თავი IV. გრუნტის დეფორმაციის მოდულის ლაბორატორიული წესით განსაზღვრა	75
4.1 გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა ლაბორატორიული (კომპრესია) წესით	75

4.2 გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა ლაბორატორიული წესით. ახალი შემოთავაზებული მეთოდით	97
ძირითადი დასკვნები და რეკომენდაციები	103
გამოყენებული ლიტერატურა	106

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი №1.1 μ_0 , ξ და β კოეფიციენტების მნიშვნელობები	33
ცხრილი №1.2 ω კოეფიციენტის მნიშვნელობები	36
ცხრილი №1.3 შესამოწმებელი m კოეფიციენტის მნიშვნელობები	38
ცხრილი №3.1 საველე წესით განსაზღვრული დეფორმაციის მოდული	73
ცხრილი №3.2 კრებსითი ცხრილი	74
ცხრილი №4.1 ტენიანობის განსაზღვრა	82
ცხრილი №4.2 ფიზიკური მახასიათებლები	82
ცხრილი №4.3 ტენიანობის განსაზღვრა	83
ცხრილი №4.4 ფიზიკური მახასიათებლები	83
ცხრილი №4.5 ტენიანობის განსაზღვრა	84
ცხრილი №4.6 ფიზიკური მახასიათებლები	84
ცხრილი №4.7 ტენიანობის განსაზღვრა	85
ცხრილი №4.8 ფიზიკური მახასიათებლები	85
ცხრილი №4.9 წყლის ქიმიური და სანიტარული ანალიზი	88
ცხრილი №4.10 წყლის ქიმიური და სანიტარული ანალიზი	89
ცხრილი №4.11 წყლის ქიმიური და სანიტარული ანალიზი	90
ცხრილი №4.12 წყლის ქიმიური და სანიტარული ანალიზი	91
ცხრილი №4.13 გრუნტის დეფორმაციის მოდულის მაჩვენებლები კომპრესიით	94
ცხრილი №4.14 გრუნტის დეფორმაციის მოდულის მაჩვენებლები კომპრესიით	94
ცხრილი №4.15 გრუნტის დეფორმაციის მოდულის მაჩვენებლები კომპრესიით	95

ცხრილი №4.16 გრუნტის დეფორმაციის მოდულის მაჩვენებლები კომპრესიით	96
ცხრილი №4.17 გრუნტის დეფორმაციის მოდულის მაჩვენებლები ახალი შემოთავაზებული მეთოდით	98
ცხრილი №4.18 გრუნტის დეფორმაციის მოდულის მაჩვენებლები ახალი შემოთავაზებული მეთოდით	99
ცხრილი №4.19 გრუნტის დეფორმაციის მოდულის მაჩვენებლები ახალი შემოთავაზებული მეთოდით	99
ცხრილი №4.20 გრუნტის დეფორმაციის მოდულის მაჩვენებლები ახალი შემოთავაზებული მეთოდით	100

ნახაზების ნუსხა

ნახაზი №1.1 გრუნტის კომპრესიის საანგარიშო მოდელი: ა-კუმშვადი ფენა; ბ- განაწილებული დატვირთვის გადაცემის სქემა; გ-კუმშვადი ფენა	24
ნახაზი №1.2 გრუნტის დაძაბული მდგომარეობა განაწილებული (მთლიანი) დატვირთვის ქვეშ	25
ნახაზი №1.3 გრუნტის კუმშვადი დეფორმაციის საანგარიშო სქემა	28
ნახაზი №1.4 გრუნტის გამოცდა კომპრესიულ კუმშვაზე; 1-ლითონის რგოლი; 2-ოდომეტრის ფსკერი; 3-გამოსაცდელი გრუნტის ნიმუში	29
ნახაზი №1.5 ა-კომპრესიის გრაფიკი ჩვეულებრივი გრუნტისათვის; ბ- კომპრესიის გრაფიკი ჩაჯდომადი და გაყინული გრუნტებისათვის	29
ნახაზი №1.6 კომპრესიის მრუდის პრაქტიკული გამოყენების სქემა: 1- შეკუმშვის მრუდი; 2-გაჯირჯვების მრუდი	32
ნახაზი №1.7 ა, ბ-გრუნტის საველე გამოცდის დანადგარები.....	35
ნახაზი №1.8 გრუნტის საველე გამოცდით მიღებული გრაფიკი	36
ნახაზი №1.9 გრუნტის ნიმუშის სამღერძა კუმშვის სქემა	40
ნახაზი № 1.10 ზღვრული ძვრის გრაფიკები კულონის მიხედვით: ა-ბმული გრუნტებისათვის; ბ-არაბმული გრუნტებისათვის	41
ნახაზი №1.11 ბრტყლად გადაჭრის ხელსაწყოს პრინციპული სქემა: 1- გამოსაცდელი ნიმუში; 2-ფილტრები; 3-გარსაკრი	42
ნახაზი №1.12 გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლების (φ და C) განსაზღვრა	43
ნახაზი №1.13 ძვრის დიაგრამები: ა-ფხვიერი ქვიშებისა და ძლიერტენიანი თიხოვანი გრუნტებისათვის; ბ-მკვრივი ქვიშებისა და მცირეტენიანი თიხოვანი გრუნტებისათვის	43
ნახაზი №1.14 ფუძეში ძაბვათა განაწილების სქემა	47
ნახაზი №1.15 კონტაქტური ძაბვების განაწილების ეპიურები	49

ნახაზი №1.16 ძაბვების ეპიურების პრაქტიკული სქემები ხისტი სამირკვლების ქვეშ: ა-ცენტრალური დატვირთვების დროს; ბ- ექსცენტრული დატვირთვების დროს	50
ნახაზი №3.1 გრუნტის საველე გამოცდის დანადგარის გეგმა და ჭრილი	71
ნახაზი №4.1 ჭაბურღილი №1	76
ნახაზი №4.2 ჭაბურღილი №2	77
ნახაზი №4.3 ჭაბურღილი №3	78
ნახაზი №4.4 ჭაბურღილი №4	79
ნახაზი №4.5 ჭაბურღილი №5	80
ნახაზი №4.6 ჭაბურღილი №6	81

სურათების ნუსხა

სურათი №1.1 თიხნარების ელექტრო მიკროსკოპული სურათი	22
სურათი №1.2 თიხნარების თერმოგრამა	23
სურათი №2.1	53
სურათი №2.2	53
სურათი №2.3	54
სურათი №4.1	75
სურათი №4.2	75
სურათი №4.3 სურათი №4.3 სურათი №4.3 სურათი №4.3 სურათი №4.3	
სურათი №4.3 სურათი №4.3 სურათი №4.3	86
სურათი №4.11 pH-ის განსაზღვრა	87
სურათი №4.12 კომპრესის ხელსაწყო და მისი სქემა	93
სურათი №4.13 ახალი შემოთავაზებული მეთოდის (გვერდითი გაგანიერებით) ხელსაწყო და სქემა	98

გრაფიკების ნუსხა

გრაფიკი №1.1	22
გრაფიკი №3.1	74
გრაფიკი №4.1	94
გრაფიკი №4.2	95
გრაფიკი №4.3	96
გრაფიკი №4.4	97
გრაფიკი №4.5	98
გრაფიკი №4.6	99
გრაფიკი №4.7	100
გრაფიკი №4.8	100
გრაფიკი №4.9	102

შესავალი

ნაშრომის საერთო დახასიათება

თემის აქტუალობა: თანამედროვე ლაბორატორიული ცდებით მიღებული შედეგები არ იძლევა გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრის რეალურ მნიშვნელობას. ჩვენ მიერ დამუშავებული გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრის ახალი მეთოდი, რომელიც გაცილებით ზუსტად ასახავს მის რეალურ სიდიდეს.

დისერტაციის მიზანია შეცვლილი იქნას ლაბორატორიული წესით გრუნტის დეფორმაციის განსაზღვრის მეთოდი. უმჯობესია იგი განისაზღვროს ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდით.

დისერტაციის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ უფრო საიმედო გავხადოთ გრუნტის დეფორმაციის მოდულის ლაბორატორიული წესით განსაზღვრა, რათა იგი უფრო იყოს მის რეალურ მაჩვენებლებთან.

ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდგომში:

ჩვენ მიერ შემოთავაზებული მეთოდით განსაზღვრული გრუნტის დეფორმაციის მოდული უფრო ახლოს არის სავსე მეთოდით განსაზღვრულ დეფორმაციის მოდულთან ვიდრე ლაბორატორიული (კომპრესიული) წესით განსაზღვრული. შედეგად ის უფრო ზუსტად ასახავს დეფორმაციის მოდულის რეალურ მაჩვენებელს.

ნაშრომის პრაქტიკულ ღირებულებას წარმოადგენს ის, რომ დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრის შემოთავაზებული მეთოდი უფრო კარგად განსაზღვრავს გრუნტის დეფორმაციის მოდულის მნიშვნელობას დღეისათვის არსებულ მეთოდებთან შედარებით.

ნაშრომის შინაარსი

შესავალში წარმოდგენილია თემის აქტუალობა, მეცნიერული სიახლე და ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება.

პირველი თავში ძირითადად განხილულია გრუნტის დეფორმაციის სახეობან.

პირველი თავის პირველ და მეორე ქვეთავში განხილულია გრუნტებში თუ რა და რა სახის დეფორმაციები არსებობს. როგორც ვიცით, ყველა გრუნტს გააჩნია უნარი გაუწიოს გარკვეული წინააღმდეგობა გარე ძალების ზემოქმედებას და ამ უკანასკნელის ხასიათის მიხედვით მიიღოს გარკვეული სახის დეფორმაცია. გრუნტის ასეთ თვისებას მექანიკური თვისება ეწოდება და იგი განსაზღვრავს მის სამშენებლო საქმეში გამოყენების ვარგისიანობას. იმის მიხედვით, თუ როგორია გრუნტი და მისი დამაბულობის ხარისხი გარე ძალების ზემოქმედების შედეგად, შესაძლებელია მივიღოთ ორგვარი სახის დეფორმაცია: კუმშვადი და ძვრის. როგორც ცნობილია, გრუნტი არ წარმოადგენს მთლიან მასიურ სხეულს, იგი შედგება ცალკეული მინერალური ნაწილაკებისაგან და ამიტომ მასში დატვირთვების გავრცელება შესაძლებელია მხოლოდ აღნიშნული ნაწილაკების კონტაქტების საშუალებით. ცხადია, როგორი მცირეც არ უნდა იყოს გარე ზემოქმედება, გრუნტი აუცილებლად მიიღებს ამა თუ იმ სიდიდის დეფორმაციას. დასაწყისში, სანამ მისი სტრუქტურა უცვლელია, ე.ი. არ მოხდარა მინერალური ნაწილაკების ურთიერთგადაადგილება, დეფორმაცია ძირითადად იქნება დრეკადი, ე.ი. დატვირთვის მოხსნის შედეგად გრუნტი აღიდგენს თავის საწყის მოცულობას.

პირველი თავის მესამე ქვეთავში ძირითადად საუბარია გრუნტის კუმშვად დეფორმაციებზე, თუ როგორ ნაწილდება გრუნტში დატვირთვების ქვეშ ძაბვები. ასევე მოყვანილია კუმშვადი დეფორმაციის საანგარიშო სქემები.

პირველი თავის მეოთხე ქვეთავში განხილულია გრუნტის ზღვრული წინაღობა ძვრაზე სადაც ნაჩვენებია სამღერძა კუმშვის და ჭრის სქემები.

პირველი თავის მეხუთე ქვეთავში განხილულია ძაბვების განაწილება გრუნტში, რომელიც რაოდენობრივად დამოკიდებულია გარე დატვირთვების სიდიდესა და მათი მოქმედების ხასიათზე, საძირკვლის ძირის ფართობსა და ფორმაზე, მის სიხისტეზე, გრუნტის სახეობაზე, მის თვისებებზე და აგრეთვე თვით კონსტრუქციის თავისებურებაზე.

პირველი თავის მეექვსე ქვეთავში მოყვანილია ძაბვების განაწილება ნაგებობათა ფუძის ზედაპირზე. როგორც ვიცით, ნაგებობათა ფუძის ზედაპირზე განვითარებული ძაბვები წარმოადგენენ საძირკვლის ძირის ერთეულ ფართობზე მოქმედ ნორმალურ რეაქტიულ ძალებს, რომლებიც წარმოიშობა გარე ძალების (დატვირთვები) მოქმედების შედეგად. ასეთი ძაბვების განაწილების კანონზომიერების დადგენა, რაც დამოკიდებულია საძირკვლის სიხისტეზე, ძირის ფართობზე, ფორმაზე, ჩაღრმავებასა და აგრეთვე გრუნტის თვისებებზე, წარმოადგენს ფუძე-საძირკვლების გაანგარიშების ერთ-ერთ ძირითად ამოცანას.

აღნიშნული მიზნის მისაღწევად დასმულია შემდეგი ამოცანები:

1. საკვლევი ტერიტორიის დათვალიერება, ჭაბურღილების გაყვანა და ლაბორატორიაში ნიმუშების ტრანსპორტირება;
2. საკვლევი გრუნტის ფიზიკური მახასიათებლების განსაზღვრა;
3. გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა არსებული მეთოდით (კომპრესია);
4. გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა ახალი შემოთავაზებული მეთოდით (გვერდითი გაგანიერებით).
5. საველე მეთოდით განსაზღვრული გრუნტის დეფორმაციის მოდულის შედარება ახალი მეთოდით განსაზღვრულ მეთოდთან.
6. საბოლოო შედეგების გაანალიზება და ძირითადი დასკვნების გაკეთება.

მეორე თავში წარმოდგენილია საკვლევი ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების კვლევა.

მეორე თავის პირველ ქვეთავში მოცემულია საკვლევი ტერიტორიის გეომორფოლოგიური თავისებურება.

მეორე თავის მეორე ქვეთავი - გეოლოგიური აგებულება და ტექტონიკა.

მეორე თავის მესამე ქვეთავი - საკვლევი ტერიტორიის კლიმატური პირობები.

მეორე თავის მეოთხე ქვეთავში მოცემულია საკვლევი ტერიტორიის სეისმურობა.

მეორე თავის მეხუთე ქვეთავი - საკვლევი ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური პირობები.

მესამე თავში - მოცემულია გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა სავლე წესით. ამ თავში მოყვანილია სავლე ცდის ჩატარების მეთოდი, რომელიც ჩატარა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდროლოგიისა და საინჟინრო-გეოლოგიის ინსტიტუტმა 2010 წელს დიღმის ველზე პროფ. გ. ჭოხონელიძის ხელმძღვანელობით. ცდები ჩატარდა იქ სადაც აღებული იქნა ნიმუშები ლაბორატორიული ცდებისათვის და მათზე ჩატარდა ლაბორატორიული ცდები ჩვენს მიერ რეკომენდირებული და სტანდარტული მეთოდით.

მეოთხე თავში განვიხილავთ გრუნტის დეფორმაციის მოდულის ლაბორატორიული წესით განსაზღვრას არსებული და შემოთავაზებული ახალი მეთოდით.

მეოთხე თავის პირველ ქვეთავში განხილულია დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა კომპრესიის მეთოდით. აქვე მოცემულია საკვლევი გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების შედეგები.

მეოთხე თავის მეორე ქვეთავში მოყვანილია დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა ახალი შემოთავაზებული მეთოდით, რომელსაც გააჩნია გვერდითი გაფართოება.

ნაშრომის ბოლოს წარმოდგენილია ძირითადი დასკვნები, რეკომენდაციები და გამოყენებული ლიტერატურა.

თავი I. გრუნტის დეფორმაციის მოდულის მეთოდების განსაზღვრა თანამედროვე მდგომარეობით

1.1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.2. გრუნტის დეფორმაციის სახეობანი

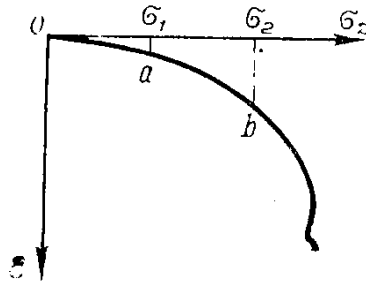
ყველა გრუნტს გააჩნია უნარი გაუწიოს გარკვეული წინააღმდეგობა გარე ძალების ზემოქმედებას და ამ უკანასკნელის ხასიათის მიხედვით მიიღოს გარკვეული სახის დეფორმაცია. გრუნტის ასეთ თვისებას მექანიკური ანუ საინჟინრო თვისება ეწოდება და იგი განსაზღვრავს მის სამშენებლო ვარგისიანობას. იმის მიხედვით, თუ როგორია გრუნტი და მისი დაძაბულობის ხარისხი გარე ზემოქმედების შედეგად, შესაძლებელია მივიღოთ ორგვარი სახის დეფორმაცია: კუმშვადი და ძვრის. როგორც ცნობილია, გრუნტი არ წარმოადგენს მთლიან მასიურ სხეულს, იგი შედგება ცალკეული მინერალური ნაწილაკებისაგან და ამიტომ მასში დატვირთვების გავრცელება შესაძლებელია მხოლოდ აღნიშნული ნაწილაკების კონტაქტების საშუალებით. ცხადია, როგორი მცირეც არ უნდა იყოს გარე ზემოქმედება, გრუნტი აუცილებლად მიიღებს ამა თუ იმ სიდიდის დეფორმაციას, მაგრამ დასაწყისში, სანამ მისი სტრუქტურა უცვლელია, ე.ი. არ მოხდარა მინერალური ნაწილაკების ურთიერთგადაადგილება, ეს დეფორმაცია ძირითადად იქნება დრეკადი, ე.ი. დატვირთვის მოხსნის შედეგად გრუნტი აღიდგენს თავის საწყის მოცულობას.

როდესაც გრუნტის დაძაბულობა გადააჭარბეს თავის სტრუქტურულ სიმტკიცეს ანუ ბმულობის წიანლობას, იწყება მინერალური ნაწილაკების ურთიერთგადაადგილება, რის შედეგადაც მცირდება ფორების მოცულობა და იზრდება ნაწილაკების რაოდენობა ერთეული მოცულობის გრუნტში, ე.ი. გრუნტი შემკვრივდება. კუმშვადი დეფორმაციის ეს სახეობა არის ნარჩენადი, მთლიანად ან ნაწილობრივ. მთლიანად იქნება

მსხვილმარცვლოვანი გრუნტებისათვის (ქვიშებისათვის), ხოლო ნაწილობრივ - წვრილმარცვლოვანებისათვის, ვინაიდან მათი დეფორმაცია მიმდინარეობს მოლეკულური წყლის ნაწილობრივი გამოჟონვის ხარჯზე, რომელიც დატვირთვის მოხსნის შემდეგ უკანვე ბრუნდება დაკავშირებული წყლის სახით და ზრდის გრუნტის მოცულობას. გრუნტის დამაბულობის გარკვეული ინტენსივობისათვის მთავრდება დეფორმაციის შემკვრივების ფაზა, ირღვევა მისი სიმტკიცე და იწყება ძვრის ანუ ცოცვადი დეფორმაცია, რომელსაც უწოდებენ აგრეთვე გვერდითი ძვრის ფაზას. ამ დროს გრუნტის მოცულობას ერთი ნაწილი გადაადგილდება მეორეს მიმართ და ასეთი გადაადგილების ზედაპირს, რომელსაც საერთოდ მრუდის ფორმა აქვს, ძვრის ანუ რღვევის ზედაპირი ეწოდება. გრუნტის წინაღობას ასეთ გადაადგილების მიმართ ეწოდება ძვრის ჭინალობა, რომელიც ამგვარად მისი სიმტკიცის სინონიმს წარმოადგენს.

გრუნტის დეფორმაციებისა და ძაბვების ურთიერთ დამოკიდებულებას იკვლევენ ჩვეულებრივ ცდებით და მიღებულ შედეგს გამოსახავენ გრაფიკით. (გრაფიკი №1.1). აბსცატა ღერძზე გადაზომილია ძაბვა, ხოლო ორდინატა ღერძზე - შესაბამისი ფარდობითი დეფორმაცია.

საწყისი დატვირთვის ისეთი მნიშვნელობისათვის, რომელიც გრუნტის სტრუქტურულ წინაღობას არ აღემატება, დეფორმაციები არის დრეკადი და, მაშასადამე, გრაფიკის შესაბამისი მონაკვეთი - სწორი. მაგრამ ასეთი მონაკვეთი თავისი სიმტკიცის გამო შეუმჩნეველია და გრაფიკი მთლიანად რთული ფუნქციის მრუდით წარმოგვიდგება. სიმარტივისათვის მის საწყის მონაკვეთს, რომელიც სწორს უახლოვდება, წრფით შეცვლიან და გრუნტის მექანიკურ თვისებებზე დატვირთვების შესაბამისი მნიშვნელობისათვის შეისწავლიან სამშენებლო მექანიკის მეთოდებით, რომლის დროსაც გრუნტს განიხილავენ, როგორც ერთგვაროვან დრეკად სხეულს.



გრაფიკი №1.1 „წნევები-დეფორმაციები“

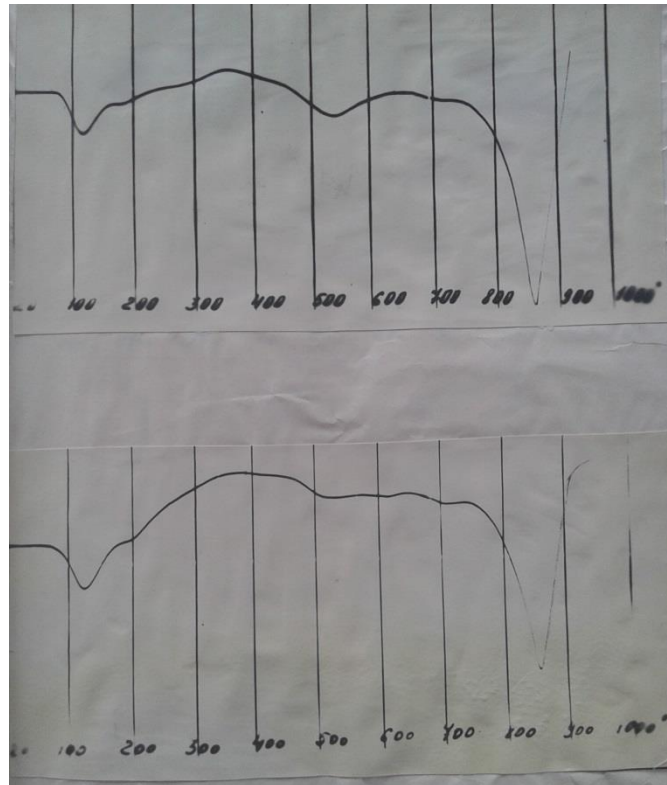
ცდებით დადგენილია, რომ გრუნტის სამშენებლო თვისებების შესწავლის ასეთი მეთოდი იძლევა პრაქტიკისათვის საკმაოდ დამაკმაყოფილებელ შედეგებს დატვირთვების ცვლილების მცირე დიაპაზონისათვის, რომელიც ჩვეულებრივ ნაგებობათა ფუძეებზე გადაცემული დატვირთვების ჩვეულებრივ სიდიდეებს შეესაბამება.



სურათი №1.1 თიხნარების ელექტრო მიკროსკოპული სურათი

პროფ. ნ. გერსევანოვმა გრუნტის დეფორმაციის მომდინარეობა სამ ფაზად დაყო. პირველ ფაზას შეესაბამება გრაფიკის Oa მონაკვეთი და მას შემკვრივების ფაზა ეწოდება, ხოლო მის შესაბამის σ_1 ძაბვას პროპორციულობის ზღვარ უწოდებენ. გრაფიკის ab მონაკვეთის

შესაბამის დეფორმაციას გვერდითი ძაბვის ფაზა ეწოდება, ხოლო σ_2 - ძაბვას.

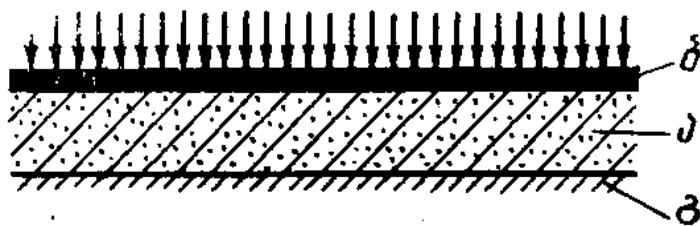


სურათი №1.2 თიხნარების თერმოგრამა

მდგრადობის ზღვარი. აღნიშნულ ფაზაში პროპორციულობა ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის მკვეთრად ირღვევა, მაგრამ გრუნტს ჯერ კიდევ არა აქვს დაკარგული მდგრადობა, რაქც იმით აიხსნება, რომ ძვრის ზედაპირები დეფორმაციის მეორე ფაზაში ლოკალური ხასიათისაა. ძაბვების შემდგომ ზრდას მოჰყვება გრუნტის მდგრადობის დარღვევა, რაც წარმოადგენს ძვრის ანუ რღვევის მთლიანი ზედაპირის წარმოშობის შედეგს. დეფორმაციები ამ დროს დენად ხასიათს ლეზულობენ. ესაა დეფორმაციის უკანასკნელი მესამე ფაზა, რომელსაც რღვევის ფაზა ეწოდება. ამ დროს ძაბვა, რომელიც საჭიროა დეფორმაციის სიჩქარის შესანარჩუნებლად, ჩვეულებრივ, კლებულობს, ხოლო ზოგჯერ იგი თითქმის მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს.

1.3. გრუნტის კუმშვადი დეფორმაციები

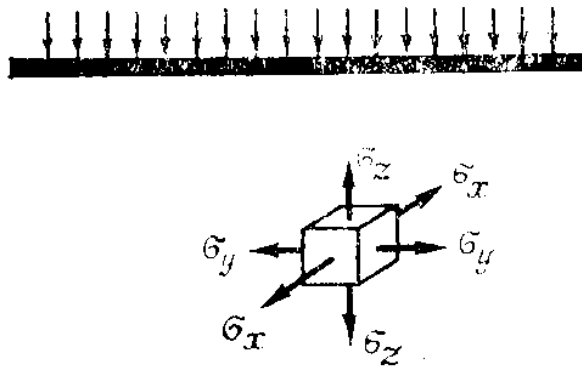
წინა პარაგრაფში ნაჩვენებია გრუნტის დეფორმაციების მიმდინარეობის გრაფიკი, რომელიც აგებულია მისი ბუნებრივ პირობებში გამოცდის შედეგების მიხედვით, ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის დამოკიდებულების ანალიზური გამოსახვა შეიძლება გარკვეული პარამეტრებით, რომლებსაც გრუნტების მექანიკური მახასიათებლები ეწოდება. კუმშვადი დეფორმაციების ფარგლებში ასეთი მახასიათებლები მიიღება დეფორმაციის ხაზოვანი განვითარების პირობიდან. ამავე დროს, ვინაიდან კუმშვადი დეფორმაციები ძირითადად მინერალური ნაწილაკების გვერდითი გადაადგილების გარეშე მიმდინარეობს, მათი მნიშვნელობა მიიღება გრუნტის ერთზომადი შეკლების, ანუ კომპრესიის ხარჯზე, როდესაც მისი გვერდითი გადაადგილება ნულის ტოლია. თეორიულად ასეთ პირობებში იმუშავებს გრუნტი, როდესაც მის ზედაპირზე დატვირთვის მოქმედების გავრცელება კუმშვადი ფენის სისქესთან შედარებით უსასრულოდ დიდია (ნახ. 1.1).



ნახაზი №1.1 გრუნტის კომპრესიის საანგარიშო მოდელი: ა-კუმშვადი ფენა; ბ- განწილული დატვირთვის გადაცემის სქემა; გ-კუმშვადი ფენა

გრუნტის დაძაბული მდგომარეობა პირობით განიხილება ისე, როგორც ამას განიხილავენ მთლიანი მასიური სხეულებისათვის. ამის საფუძველს იძლევა ერთი მხრივ ის გარემოება, რომ გრუნტის მინერალური ნაწილაკების ზომები დატვირთული ფართობის ზომებთან შედარებით ძლიერ მცირეა, ხოლო მეორე მხრივ გრუნტების უდიდესი ნაწილისათვის მის ფორმებში განვითარებული ე.წ. ფორული წნევები ქმნიან მასივის

მთლიანი დაძაბულობის სურათს. ძაბვა კი უნდა გვესმოდეს არა როგორც წერტილში მოქმედი ძალა, როგორც მასიური სხეულების დაძაბული მდგომარეობის განხილვისას, არამედ როგორც ელემენტარულ ფართოფეხე მოქმედი ძალა. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შემკვრივების ფაზაში დამოკიდებულება ძაბვასა და დეფორმაციებს შორის გრუნტის დაძაბული მასივის ელემენტარული მოცულობისათვის შესაძლებელია წარმოდგენილ იქნეს ჰუკის კანონის მიხედვით (ნახ. 1.2).



ნახაზი 1.2 გრუნტის დაძაბული მდგომარეობა განაწილებული (მთლიანი) დატვირთვის ქვეშ

ერთლერძა კუმშვის პირობებში

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E_0};$$

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = \mu_0 \varepsilon_z,$$

სადაც ε_z არის გრუნტის გრძივი ფარდობითი დეფორმაცია;

ε_x და ε_y კი - განივი ფარდობითი დეფორმაციებია;

σ_z - გრძივი ძაბვა;

E_0 - საერთო დეფორმაციის მოდული, რომელიც დრეკადი სხეულებისათვის ცნობილია როგორც დრეკადობის მოდული;

μ_0 - განივი დეფორმაციის (პუასონის) კოეფიციენტი.

გრუნტი საერთოდ იმყოფება სამლერძა დაძაბულობების პირობებში. თეორიულად ასეთია მისი დაძაბულობა მთლიანი დატვირთვის ქვეშ, როდესაც დატვირთვის გავრცელება უსასრულოდ დიდია (ნახ. 1.2).

პრაქტიკულად ასევე შეგვიძლია ჩავთვალოთ გრუნტის დაძაბულობა ნაგებობათა ფუძეში და, მაშასადამე, შესაბამისი ფარდობითი დეფორმაციები შეიძლება გაანგარიშებულ იქნეს შემდეგნაირად:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_z &= \frac{1}{E_0} [\sigma_z - \mu_0(\sigma_x + \sigma_y)] \\ \varepsilon_x &= \frac{1}{E_0} [\sigma_x - \mu_0(\sigma_z + \sigma_y)] \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E_0} [\sigma_y - \mu_0(\sigma_z + \sigma_x)] \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

ე.ი. იმისათვის, რომ გავიანგარიშოთ გრუნტის დეფორმაცია მასზე მოქმედი ძაბვების გარკვეული მინიშნელობისათვის, საკმარისია ვიცოდეთ საერთო დეფორმაციის მოდული E_0 და პუასონის კოეფიციენტი μ_0 . მაშასადამე, ეს მაჩვენებლები წარმოადგენენ გრუნტის მექანიკურ მახასიათებლებს და მათი მნიშვნელობების სწორად დადგენა გადამწყვეტია ნაგებობათა ფუძის დეფორმაციების შეფასების საქმეში. როგორც (1.1.) გრაფიკიდან ჩანს, დამოკიდებულება დეფორმაციებსა და დატვირთვებს შორის მრუდხაზოვანია, რაც იმას ნიშნავს, რომ დატვირთვის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის, რომელიც აღემატება სტრუქტურულ სიმტკიცეს, გრუნტის შესაბამისი დეფორმაცია წარმოადგენს დრეკადი და ნარჩენი დეფორმაციების ჯამს. ამიტომაც, რომ გრუნტის მექანიკური მახასიათებელი E_0 წარმოადგენს არა დრეკადობის მოდულს, როგორც ეს მიღებულია დრეკადი სხეულებისათვის, არამედ საერთო დეფორმაციის მოდულს. ეს სახელწოდება სრულად ასახავს ამ მაჩვენებლის ფიზიკურ არსს. როგორც ავღნიშნეთ, გრუნტის კუმშვადობის მახასიათებლების დადგენა ხდება მისი გამოცდით კომპრესიის პირობებში, როდესაც ნაწილაკების გვერდითი გადაადგილების შესაძლებლობა გამორიცხებულია. მაშასადამე, დავუშვებთ, რომ $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$ და თუ ავღნიშნავთ გრძივსა და განივ წნევებს, შესაბამისად, $\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z$ (2.10) განტოლებებიდან, მივიღებთ:

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E_0} (\sigma_1 - 2\mu_0\sigma_2); \quad (1.2)$$

$$\sigma_2 - \mu_0(\sigma_1 + \sigma_2) = 0. \quad (1.3)$$

უკანასკნელიდან მივიღებთ

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\mu_0}{1 - \mu_0} \quad (1.4)$$

ამ ფარდობას ეწოდება გრუნტის გვერდითი წნევის კოეფიციენტი სტატიკური მდგომარეობისათვის და აღინიშნება ξ -თი ე.ი.

$$\xi = \frac{\mu_0}{1 - \mu_0} \quad (1.5)$$

საზოგადოდ კი გვერდითი წნევის კოეფიციენტი განისაზღვრება ფარდობით

$$\xi = \frac{d\sigma_2}{d\sigma_1} \quad (1.6)$$

სადაც $d\sigma_2$ და $d\sigma_1$ წარმოადგენენ, შესაბამისად, გვერდითი და გრძივი წნევების ნამატებს, ამ გამოსახულების ინტეგრალი იქნება

$$\sigma_2 = \xi\sigma_1 + C \quad (1.7)$$

სადაც C არის განტეგრალების მუდმივა და განისაზღვრება საწყისი პირობებიდან.

საჭიროა აგრეთვე აღინიშნოს, რომ გრუნტის გვერდითი წნევის კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება (1.6) ფორმულით, შეესაბამება გრუნტის მყარ მდგომარეობას, როდესაც მისი დაძაბულობა ჰუკის კანონს ემორჩილება.

(1.2) და (1.4) გამოსახულებათა ერთობლივი გადაწყვეტა გვაძლევს

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_1}{E_0} \left(1 - \frac{2\mu_0^2}{1 - \mu_0} \right) \quad (1.8)$$

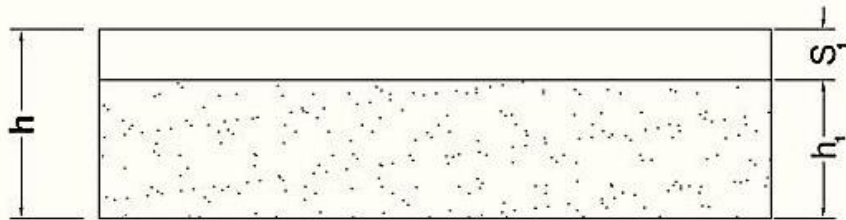
თუ ავღნიშნავთ გრუნტის კუმშვადი შრის სისქეს h -ით, მის აბსოლიტურ დეფორმაციას S , ხოლო $1 - \frac{2\mu_0^2}{1 - \mu_0} = \beta$ -თი მივიღებთ

$$S = \frac{\sigma_1}{E_0} h\beta \quad (1.9)$$

ესაა გრუნტის ელემენტარული შრის აბსოლიტური დეფორმაციის გაანგარიშების საბოლოო ფორმულა, რომელსაც იყენებენ ნაგებობათა ფუძეების მოსალოდნელი ჯდომის გასაანგარიშებლად. ვინაიდან გრუნტებს ცდიან კომპრესიის პირობებში, მათი გრძივი და განივი დეფორმაციები განისაზღვრება უშუალო გაზომვით, დეფორმაციის მოდულის მნიშვნელობა უშუალოდ მიიღება (1.9) ფორმულიდან

$$E_0 = \frac{\sigma_1}{S} h\beta \quad (1.10)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ გრუნტების დეფორმაცია მიიღება ძირითადად ფორების მოცულობის ცვალებადობის ხარჯზე შესაძლებელია აბსოლუტური დეფორმაცია გამოისახოს ფორიანობის კოეფიციენტის ცვალებადობით. ჩონჩხის ანუ მინერალური ნაწილაკების კუმშვადობის პრინციპიდან შესაძლებელია დაიწეროს შემდეგი ტოლობა (ნახ. №1.3)



ნახაზი №1.3 გრუნტის კუმშვადი დეფორმაციის საანგარიშო სქემა.

$$\frac{h}{1+e} = \frac{h-S}{1+e_1}$$

სადაც e არის გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტის საწყისი მნიშვნელობა; e_1 -მისი მნიშვნელობა შეკუმშვის შემდეგ გარკვეული დატვირთვის ქვეშ, ხოლო S -აბსოლუტური დეფორმაციის შესაბამისი მნიშვნელობა, ე.ი.

$$h-S = h \frac{e-e_1}{1+e}$$

საიდანაც

$$S = h \frac{e-e_1}{1+e} \quad (1.11)$$

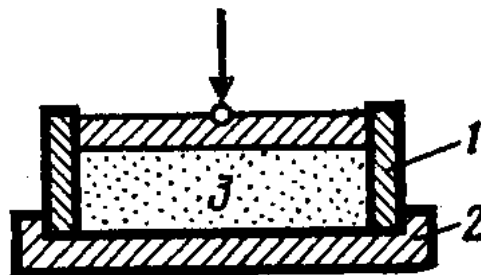
ეს ფორმულა არის (1.9) ტოლფასი, და ჩვეულებრივ, იყენებენ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ფუძეების ჯდომის გასაანგარიშებლად. უკანასკნელი გამოსახულებიდან ჩანს, რომ გრუნტის კომპრესიაზე გამოცდის დროს, ყოველი შემდგომი საფეხურის დატვირთვის შესაბამისი ფორიანობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა შეგვიძლია მივიღოთ აბსოლუტური დეფორმაციის მნიშვნელობის მიხედვით. მართლაც, (1.11) ფორმულიდან

$$e_1 = e - \frac{S}{h}(1+e)$$

და, მაშასადამე

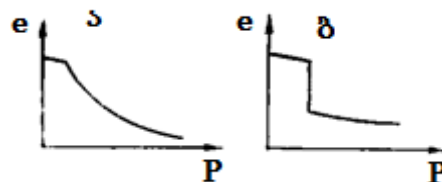
$$e_i = e - \frac{S_i}{h} (1 + e) \quad (1.12)$$

გრუნტს ცდიან მზარდი დატვირთვებით და ვინაიდან შემკვრივების ზრდასთან ერთად დეფორმაციები თანდათანობით კლებულობს, მათი სიზუსტით გაზომვის მიზნით სასურველია დავირთვები იზრდებოდეს დაახლოებით შემდეგნაირად: 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 კგ/სმ³.



ნახაზი №1.4 გრუნტის გამოცდა კომპრესიულ კუმშვაზე; 1-ლითონის რგოლი; 2-ოდომეტრის ფსკერი; 3-გამოსაცდელი გრუნტის ნიმუში.

ნიმუშს ცდიან საკომპრესიო ხელსაწყოში, რომელსაც ოდომეტრი ეწოდება; მასში ნიმუშის გამოცდა სქემატურად წარმოდგენილია 1.4 ნახაზზე. ზომავენ თითოეული საფეხურის დატვირთვისათვის აბსოლუტურ დეფორმაციებს და ანგარიშობენ ფორიანობის კოეფიციენტის შესაბამის მნიშვნელობებს, რისთვისაც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს (1.12) გამოსახულება. მიღებულ მონაცემებზე აგებენ გრაფიკს, რომელიც იძლევა დამოკიდებულებას წნევასა და ფორიანობის კოეფიციენტს შორის, რომელიც კომპრესიის ანუ შემკვრივების მრუდი ეწოდება.



ნახაზი №1.5 ა-კომპრესიის გრაფიკი ჩვეულებრივი გრუნტისათვის; ბ-კომპრესიის გრაფიკი ჩაჯდომადი და გაყინული გრუნტებისათვის

1.5 ა ნახაზზე წარმოდგენილია კომპრესიის გრაფიკის ზოგადი სახე არაჩაჯდომადი გრუნტებისათვის. დატვირთვის ძლიერ მცირე

მნიშვნელობიასთვის გრაფიკი თითქმის პარალელურია დატვირთვების ღერძისა, ხოლო შემდეგ იგი მკვეთრად იცვლის მიმართულებას, რაც იმას ნიშნავს, რომ დატვირთვამ გადააჭარბა გრუნტის სტრუქტურული სიმტკიცის ზღვარს და ნიმუშის შემდგომი დეფორმაცია მიმდინარეობს მისი ფორების შემცირების ხარჯზე. ნიმუშს განტვირთვის შედეგად იგი მოცულობაში მატულობს და გრაფიკზე მივიღებთ ე.წ. გაფხვიერების მრუდს, რომელიც წარმოდგენას იძლევა გრუნტის დრეკად დეფორმაციაზე.

ჩაჯდომადი და გაყინული გრუნტების კომპრესიის გრაფიკები ერთიმეორის მსგავსია და წარმოდგენილია 1.5 ბ ნახაზზე. გრაფიკის ვარდნის მონაკვეთი ასახავს დეფორმაციის ხასიათს ლიოსების დასველებისა და გაყინული გრუნტების გაღებობის მომენტისათვის.

აღსანიშნავია, რომ გრუნტის კომპრესიაზე გამოცდის თანამედროვე მეთოდებს აქვს რიგირ უარყოფითი მხარეები, რაც მნიშვნელოვნად ამახინჯებს ცდების შედეგებს. გამოცდის დროს წარმოიშობა ხახუნის ძალები ოდომეტრის რგოლის შიგა ზედაპირზე. ამ მოვლენის უარყოფითი გავლენის შემცირების მიზნით ნიმუშის სისქეს იღებენ დიამეტრთან შედარებით ძლიერ ნაკლებს; ასე, მაგალითად, „ცნიის-ის“ ახალი კონსტრუქციის ოდომეტრში გამოსაცდელი ნიმუშის სისქეა 20 მმ, ხოლო დიამეტრი 71,4 მმ. მეორე მხრივ გამოსაცდელი ნიმუშის მომზადების დროს არასოდეს არ ხერხდება გრუნტის ბუნებრივი სტრუქტურის შენარჩუნება, ხოლო სტრუქტურის დარღვევა იმდენად დიდ იქნება, რამდენადაც ნაკლებია ნიმუშის სისქე. გარდა ამისა, მეთოდის უარყოფითი მხარეა გამოცდის დროის სიმცირე, რაც ჩვეულებრივ, რამდენიმე საათს არ აღემატება, მაშინ როდესაც თიხოვანი გრუნტის დეფორმაციის ხანგრძლივობა ძლიერ დიდია.

დამოკიდებულება დატვირთვებსა და ტენიანობას შორის. წყლით გაჟღენთილი გრუნტების შეკუმშვა შესაძლებელია მხოლოდ წყლის გამოჟონვის ხარჯზე. ამიტომ ასეთი გრუნტების გამოცდის შედეგად აგებული კომპრესიის მრუდის მიხედვით შეიძლება ისეთი მრუდის აგება,

რომელიც მოგვცემს დამოკიდებულებას დატვირთვებსა და გრუნტის სრულ ტენტევადობას შორის. ამისათვის საკმარისია გამოვიყენოთ დამოკიდებულება, საიდანაც

$$W_a = \frac{e}{\gamma_s}$$

კუმშვადობის კანონი. კომპრესიის მრუდის ფორმა, მისი დამრეცილობა გარკვეულ წარმოდგენას იძლევა გრუნტის კუმშვადობის ხარისხზე. რამდენადაც დიდა მის დამრეცა, იმდენად დიდა კუმშვადობა და პირიქით. განვიხილოთ კომპრესიის მრუდი, რომელიც აგებულია ისეთი დატვირთვებისათვის, რომლებიც გრუნტის სტრუქტურულ სიმტკიცეს აღმატება (ნახ. №1.6). მისი გარკვეული M_1M_2 მონაკვეთი პრაქტიკულად შესაძლებელია წრფით შეიცვალოს. მის კოორდინატებია, შესაბამისად: p_1 -გრუნტის საკუთარი წონით გამოწვეული წნევა; p_2 -ნაგებობის საძირკვლის ძირზე განვითარებული წნევა, ხოლო e და e_1 - ფორიანობის კოეფიციენტის საწყისი და ბოლო მნიშვნელობა. აღნიშნული წრფის დახრის კუთხის ტანგენსს დატვირთვების ღერძთან უწოდებენ გრუნტის შემკვრივების ანუ კუმშვადობის კოეფიციენტს და აღნიშნავენ a -თი. გრაფიკიდან ცხადია, რომ

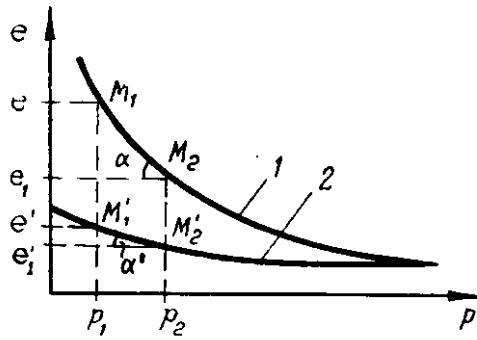
$$tga = \frac{e - e_1}{P_2 - P_1}$$

და ვინაიდან $tga = a$,

$$a = \frac{e - e_1}{P_2 - P_1} \quad (1.13)$$

სხვაობა $P_2 - P_1$ არის ე.წ. მკუმშავი წნევა და აღინიშნება p -თი. იგი, ჩვეულებრივ, იცვლება მცირე ფარგლებში 1-3 კგ/სმ²-მდე, რაც უფლებას გვაძლევს კომპრესიის მრუდის შესაბამისი მონაკვეთი წრფით შევცვალოთ. მამასადაძამე, გრუნტის კუმშვადობის კოეფიციენტი, წნევების ცვალებადობის მცირე დიაპაზონისათვის, წარმოადგენს ფორიანობის კოეფიციენტის ცვალებადობის შეფარდებას მკუმშავ წნევასთან. მის განზომილებაა სმ²/კგ. შესაბამისად, (1.13) ფორმულა შეიძლება შემდეგნაირად გადაიწეროს

$$ap = e - e_1 \quad (1.14)$$



ნახაზი №1.6 კომპრესიის მრუდის პრაქტიკული გამოყენების სქემა:
1-შეკუმშვის მრუდი; 2-გაჯირჯვების მრუდი

ეს ტოლობა ცნობილია როგორც გრუნტების მექანიკის ერთერთი ძირითადი კანონზომიერება და მას კუმშვადობის ანუ შემკვრივების კანონი ეწოდება. თუ გაჯირჯვების მრუდზე, რომელიც მიიღება ნიმუშის ნელი განტვირთვის დროს M'_1 და M'_2 წერტილებზე გავავლებთ სწორს, იგი შეადგენს თარაზულ მიმართულებასთან a' კუთხეს და მის ტანგენსს გაჯირჯვების კოეფიციენტი ეწოდება, ე.ი. 1.6 გრაფიკის შესაბამისად გაჯირჯვების კოეფიციენტი

$$a' = \frac{e' - e'_1}{p_2 - p_1} \quad (1.14')$$

თუ განტვირთვის მრუდი აგებულია ძლიერ ხანმოკლე განტვირთვის შედეგად, იგივე (1.14') გამოსახულება მოგვცემს დრეკადი დეფორმაციების კოეფიციენტის მნიშვნელობას. (1.11) ფორმულაში თუ $e - e_1$ -ის მაგიერ შევიტან ap -ს,

მივიღებთ

$$S = h \frac{ap}{1 + e} \quad (1.15)$$

და ვინაიდან მეორე მხრივ (1.9)

$$S = \frac{1}{E_0} \cdot ph\beta, \quad (\sigma_1 = p)$$

მივიღებთ

$$E_0 = \frac{1 + e}{a} \beta \quad (1.16)$$

ამგვარად, გრუნტის საერთო დეფორმაციის მოდული მიიღება აგრეთვე (1.16) ფორმულით. ამისათვის საჭიროა ვიცოდეთ მკუმშავი წნევის

$p = p_2 - p_1$ მნიშვნელობა, რის მიხედვითაც კომპრესიის მრუდზე (1.13) ფორმულით დადგინდება კუმშვადობის კოეფიციენტი α . კოეფიციენტი β განისაზღვრება გვერდითი გაგანიერების კოეფიციენტის μ_0 მიხედვით. (1.1) ცხრილში მოცემულია კოეფიციენტების μ_0 , ξ და β საორიენტაციო მნიშვნელობები, რომლებიც მიღებულია სხვადასხვა გრუნტის გამოცდის შედეგად.

ცხრილი №1.1

μ_0 , ξ და β კოეფიციენტების მნიშვნელობები

გრუნტის სახეობა	μ_0	ξ	β
ქვიშა	0,28	0,40	0,76
ქვიშნარი	0,31	0,45	0,72
თიხნარი	0,37	0,60	0,57
თიხა	0,41	0,70	0,43

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას

$$\frac{a}{1 + e} = a_0$$

სადაც a_0 არის გრუნტის შემკვრივების (კუმშვადობის) ფარდობითი კოეფიციენტი; (1.15) და (1.16) ფორმულები ჩაიწერება შემდეგნაირად

$$S = a_0 p h \tag{1.15^1}$$

და

$$E_0 = \frac{\beta}{a_0} \tag{1.16^1}$$

რიგ შემთხვევაში საჭიროა დადგინდეს გრუნტის მექანიკური მახასიათებლები დატვირთვების ცვალებადობის ისეთი დიპაზონისათვის, როდესაც დეფორმაციის მრუდის შესაბამისი მონაკვეთი არ შეიძლება წრფით შეიცვალოს. ცხადია, ასეთ შემთხვევაში მექანიკური მახასიათებლები განსაზღვრის ზემოთ მოყვანილი წესების გამოყენება უმარტებულო იქნება, ასეთ პირობებში გრუნტის დეფორმაციის შესაფასებლად პროფ. ნ. მასლოვის მიერ შემოღებულია ე.წ. ჯდომის

მოდული, რომელიც წარმოადგენს გრუნტის ფარდობით ჯდომას მოცემული წნევისათვის და გამოისახება შემდეგნაირად

$$e = \frac{S}{h} \quad (1.17)$$

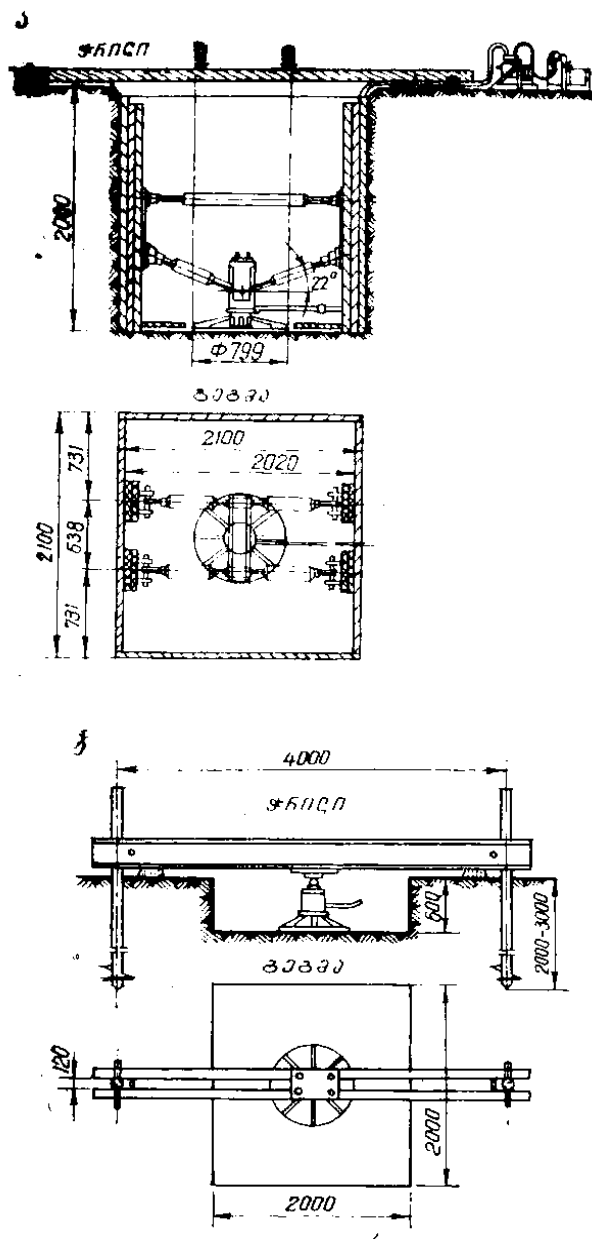
სადც S არის აბსოლუტური დეფორმაცია მილიმეტრობით, ხოლო h -შრის სისქე მეტრობით.

გრუნტების გამოცდა საველე პირობებში, რომელიც წარმოებს სახელმწიფო სტანდარტების მიხედვით, მიმდინარეობს სტატიკურ ცენტრულ დატვირთვებზე საამისოდ გამზადებულ ქვაბულებში, შურფებში ან წაურებში. დატვირთვის გადაცემა ხდება საფეხურებად ხისტი რკინაბეტონის ან ლითონის სტანდარტული ზომის წრიული შტამპის მეშვეობით. დატვირთვა განხორციელდება ორგვარი წესით; წინასწარ გამოწონილი ტვირთებით და ჰიდრავლიკური დომკრატებით. ეს უკანასკნელი პირველთან შედარებით უფრო ეკონომიურია და ამჟამად მას ფართოდ იყენებენ. საცდელი დანადგარების კონსტრუქცია, რომელიც შექმნილია ნ. გარსევანოვის სახელობის ფუძეებისა და მიწისქვეშა ნაგებობათა სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მიერ, წარმოდგენილია ორი ვარიანტის სახით: პირველ მათგანში (ნახ. №1.7 ა) დომკრატი მიბჯენილია ირიბნების მეშვეობით ქვაბულს ან შურფის კედლებზე, ხოლო მეორეში (ნახ. №1.7 ბ)-კოჭზე, რომელიც დამაგრებულია ანკერულ ხიმინჯზე.

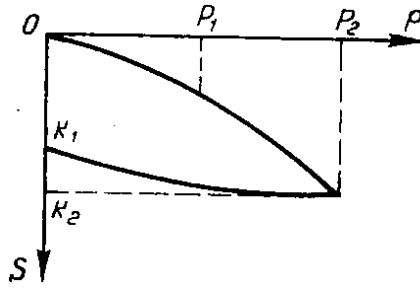
ტვიფარის დატვირთვა მიმდინარეობს მზარდი საფეხურებით, რომელთა შრის პირველი აღიარება გრუნტის საკუთარი (ბუნებრივი) წნევის ტოლი, მაგრამ არანაკლები $0,5 \text{ კგ/სმ}^2$. ცდის ხანგრძლივობა ყოველი საფეხურის დატვირთვისათვის მთავრდება ტვიფარის დაჯდომის მიღევით, რაც პირობით მიიღება $0,1 \text{ მმ-ის}$ ტოლი ერთ საათში მსხვილნამტვრევი და ქვიშოვანი გრუნტებისათვის, ხოლო ორ საათში-თიხოვანი გრუნტებისათვის, რის შემდეგაც გადასცემენ მორიგი საფეხურის დატვირთვას.

ცდა გრძელდება მანამ, სანამ არ წარმოიშობა გრუნტის რღვევის ნიშნები: ქვიშოვანი გრუნტის ზედაპირის ამობურცვა ან თიხოვანი გრუნტების დაბზარვა. თუ რღვევის ეს ნიშნები არ აღინიშნა, ცდას განაგრძობენ მანამ, სანამ დეფორმაცია დენად ხასიათს არ მიღებს. მრღვები დატვირთვის მიღები შემდეგ აწარმოებენ ტვიფარის თანდათანობით განტვირთვას, რის შედეგადაც მივიღებთ დრეკადი დეფორმაციის მნიშვნელობას.

ცდის შედეგებზე აიგება გრაფიკი, რომელიც იძლევა დამოკიდებულებას დატვირთვებსა და დეფორმაციებს შორის (ნახ. №1.8).



ნახაზი №1.7 ა, ბ-გრუნტის საველე გამოცდის დანადგარები



ნახაზი №1.8 გრუნტის საველე გამოცდით მიღებული გრაფიკი

გრაფიკის საწყისი ნაწილი, რომელიც პრაქტიკულად შეიძლება სწორად შეიკვალოს, გამოიყენება საერთო დეფორმაციის მოდულის გასაანგარიშებლად. ამისათვის შეიძლება გამოუყენებულ იქნეს, მაგალითად, შლეიხერის ფორმულა

$$E_0 = \frac{\omega p d}{S} (1 - \mu_0^2) \quad (1.18)$$

სადაც p არის გრაფიკის ხაზოვნაი ნაწილიდან აღებული მაქსიმალური წნევისა და გრუნტის ბუნებრივი წნევთა სხვაობა, კგ/სმ²;

S - შესაბამის ჯდომათა სხვაობა, სმ;

d - ტვირთის დიამეტრი, სმ;

μ_0 - გრუნტის გვერდითი გაგანიერების კოეფიციენტი;

ω - უზომადი კოეფიციენტი; იგი დამოკიდებულია დატვირთული ფართობის ზომებსა და ფორმაზე, მაგრამ აქ იგი აიღება 0,80. ისეთი შტამპისათვის, რომლის ფართობია 5000 სმ², დ. პოლშინის წინადადებით გრუნტის დეფორმაციის მოდული იანგარიშება შემდეგი ფორმულით

ω კოეფიციენტის მნიშვნელობანი **ცხრილი №1.2**

დატვირთული ფართობის ფორმა	კოეფიციენტი ω	
	მოქნილი საძირკველი	ხისტი საძირკველი
წრე	1,0	0,79
კვადრატი 1	1,12	0,88
მართკუთხა 1,5	1,36	1,08
2,0 "	1,55	1,22
3,0 "	1,78	1,44
4,0 "	1,96	1,61

5,0	”	2,10	1,72
6,0	”		
10,0	”	2,53	2,12

$$E_0 = k \frac{p}{S} \quad (1.19)$$

სადაც კოეფიციენტი k ქვიშებისათვის უდრის 57,5; ქვიშნარებისა და თიხნარებისათვის-53,4; თიხებისათვის-51,8.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ტვიფარის ქვეშ ერთგვაროვანი გრუნტის ფენის სიმძლავრე დატვირთული ფართობის ერთნახევარ სიგანეზე ნაკლებია, დეფორმაციის მოდულს განსაზღვრავენ შემდეგი ფენისათვისაც და საანგარიშოდ აიღებენ მათ შუალედ მნიშვნელობას.

ექვგარეშეა, რომ საველე პირობებში გამოცდის შედეგები ლაბორატორიულ შედეგებთან შედარებით უფრო საიმედოა. კერძოდ, დადგენილია რიგი გამოკვლევებით, რომ გრუნტის საერთო დეფორმაციის მოდულის მნიშვნელობა, რომელიც მიღებულია შტამპური გამოცდით, გაცილებით აღმატება მის მნიშვნელობას, მიღბულს გრუნტის გამოცდით კომპრესიაზე. ამასთან დაკავშირებით, თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ ნაგებობათა ფაქტიური დაჯდომები უმეტეს შემთხვევაში გაცილებით ნაკლებია მათ საანგარიშო მნიშვნელობებზე, საერთო დეფორმაციის მოდულის დადგენის საველე წესის უპირატესობა სრულიად აშკარაა.

ამავე დროს ანგარიში უნდა გაეწიოს იმ გარემოებას, რომ გრუნტების საველე გამოცდის ჩატარება დაკავშირებულია ტექნიკური და საწარმოო ხასიათს დაბრკოლებებთან, რის გამოც, მიუხედავად მის დიდი დადებითი მხარეებისა, იძულებული ვართ გამოვიყენოთ ლაბორატორიული გამოცდით მიღებული შედეგები.

თანახმად ამაჟამად არსებული ნორმატიული წყაროებისა, რომლებიც ემყარება ამ დარგში ჩატარებული კვლევების შედეგებს პლასტიკური

კონსისტენციის მოდულის საორიენტაციო მნიშვნელობა შესაძლებელია განისაზღვროს შემდეგი ფორმულით

$$E_0 = mE_{0k} \quad (1.19)$$

სადაც E_{0k} არის გრუნტის საერთო დეფორმაციის მოდული, რომელიც მიიღება მისი გამოცდით კომპრესიაზე; m - შემასწორებელი კოეფიციენტი, რომელიც შესაძლებელია ავიღოთ ცხრილიდან №1.3.

შემასწორებელი m კოეფიციენტის მნიშვნელობები ცხრილი №1.3

გრუნტის სახეობა	კოეფიციენტი m , ფორიანობის კოეფიციენტის მიხედვით										
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
ქვიშნარი	4,0	4,5	3,5	3,0	2,0						
თიხნარი	5,0	5,0	4,0	4,0	3,	2,5					
თიხა			6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	2,5	2,0

მიუხედავად გრუნტის შტამპით გამოცდის უპირატესობისა, მას ცდის შედეგების სიზუსტის თვალსაზრისით გააჩნია უარყოფითი მხარეებიც. პირველი მათგანი მდგომარეობს იმაში, რომ გამოცდა წარმოებს მხოლოდ სტანდარტული ზომის შტამპით (უმეტესად იყენებენ შტამპს, რომლის ფართობია 5000 სმ²), მაშინ როდესაც გრუნტის საანგარიშო მახასიათებლები დიდადაა დამოკიდებული საძირკვლის ძირის ზომებსა და ფორმაზე. მეორე უარყოფითი მხარეა ცდის ჩატარების მცირე ხანგრძლივობა, რომელიც, ჩვეულებრივ, მხოლოდ რამდენიმე დღე გრძელდება, თხოვანი გრუნტების დეფორმაციების ხანგრძლივობა კი განიზომება არა დღეებით, არამედ თვეებით და წლებით.

გრუნტის სამშენებლო თვისებების დადგენის მიზნით, ამჟამად, ფართოდ იყენებენ ზონდირებას და პენეტრაციას, როდესაც მათ სამშენებლო მახასიათებლებს ადგენენ იმის მიხედვით, თუ როგორია გრუნტის წინააღობა მასში უცხო სხეულის ჩანერგვის დროს.

ეს მეთოდები, განსაკუთრებით კი ზონდაჟი, იმდენად უბრალოა, რომ არ შეიძლება ახალი იყო, მაგრამ მისი გამოყენება გრუნტის მეცნიერული

გამოკვლევის საქმეში დაიწყო ჩვენი საუკუნის ოციან წლებში შვეციაში, საიდანაც იგი გვარცელდა ევროპის ქვეყნებსა და ამერიკაში. საბჭოთა კავშირში კი ასეთი მეთოდით ოცდაათიანი წლებიდან სარგებლობენ.

ზონდირება წარმოებს სტანდარტული ზომების ზონდის გრუნტში ჩანერგვით სტატიკური ან დინამიკური დატვირთვებით. მას წარმატებით სტატიკური ან დინამიკური დატვირთვებით. მას წარმატებით იყენებენ განსაკუთრებით ქვიშების სიმკვრივის დასადგენად.

ქვიშების სიმკვრივის დასადგენად უფრო ფართოდ იყენებენ დინამიკურ ზონდირებას, რაც გამოიხატება გრუნტებში ზონდის დასობით, რომლის კონუსური ფორმის ბუნიკის ფუძის დიამეტრია 74 მ, ხოლო კუთხე წვეროსთან-60°. ზოგჯერ კონუსის მაგივრად შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს გრუნტის სინჯის ამლები. რომლის დიამეტრია 51 მმ. კონუსის ან გრუნტის სინჯის ამლების დასობა წარმოებს ჩაქუჩით, რომლის წონაა 60 კგ, ხოლო ვარდნის სიმაღლე-80 სმ.

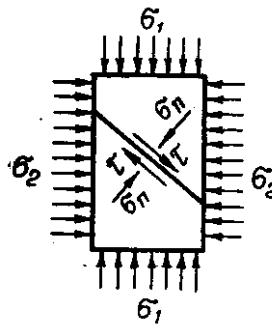
პენეტრაცია ზონდაჟისაგან იმით განსხვავდება, რომ სტანდარტული კონუსის გრუნტში ჩანერგვის სიღრმე, რომლის კუთხე წვეროსთან უდრის 30°, არ აღემატება კონუსის სიმაღლეს.

1.4. გრუნტების ზღვრული წინაღობა ძვრაზე

როგორც აღნიშნული იყო, ნაგებობათა ფუძეში გრუნტის დეფორმაცია მიმდინარეობს სამღერძა კუმშვის პირობებში (ნახ. №1.9) დაძაბულობის გარკვეულ მომენტში, როდესაც მთავარ ძაბვებს შორის სხვაობა $\sigma_1 - \sigma_2$ მიაღწევს ზღვრულ მნიშვნელობას, დაიწყება გრუნტის მოცულობის ერთი ნაწილის გადაადგილება მეორის მიმართ. გადაადგილების ზედაპირი, რომელიც მცირე მოცულობის გრუნტის ნიმუშისათვის შეიძლება სიბრტყედ მივიღოთ, დახრილია მთავარი ძაბვების მიმართულებასთან რაღაც კუთხით, რომელიც დამოკიდებულია გრუნტის სახეობაზე, ფიზიკურ მდგომარეობაზე და დატვირთვების მოქმედების ხასიათზე. გრუნტის მოცულობათა ნაწილების

ურთიერთგადაადგილების წინაღობას ეწეოდა გრუნტის შიგა წინაღობა ძვრისადმი, ან უბრალოდ ძვრის წინაღობა. გადაადგილების ზედაპირის ნებისმიერ ელემენტარულ ფართობზე წარმოიშობა ნორმალური და მხები ძაბვები. როდესაც მხები ძაბვის მნიშვნელობა გადააჭარბებს შიგა წინაღობას, გრუნტი კარგავს სიმტკიცეს და იწყება მისი მოცულობის ერთი ნაწილის გადაადგილება მეორის მიმართ.

გრუნტის შიგა წინაღობა ძვრისადმი იზრდება მკუმშავი ძაბვების ზრდასთან ერთად, რომლებიც ნორმალურია ძვრის სიბრტყის მიმართ, ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ ბმული გრუნტების ზღვრული წონასწორობის მომენტისათვის, ე.ი. როდესაც იწყება მისი წონასწორობის დარღვევა, შიგა ძვრის წინაღობასა და ნორმალურ ძაბვას შორის დამყარებულია შემდეგი დამოკიდებულება.



ნახაზი №1.9 გრუნტის ნიშნის სამღერძა კუმშვის სქემა

$$\tau = \sigma f + C \quad (1.20)$$

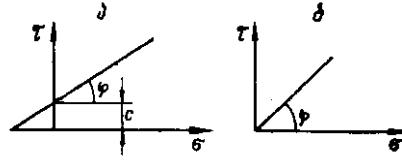
ეს დამოკიდებულება იყო ფრანგი ფიზიკოსის კულონის მიერ 1773 წელს და წარმოადგენს გრუნტების მექანიკის ერთ-ერთ ძირითად კანონს, რომელიც შეიძლება შემდეგნაირად ჩამოყალიბდეს:

ბმული გრუნტის ზღვრული წინაღობა ძვრისადმი წარმოადგენს მკუმშავი ძაბვის (ნორმალური წნევის) პირველი ხარისხის ფუნქციას.

კულონის კანონის გრაფიკული გამოსახულება ბმული (შეჭიდული) გრუნტებისათვის არის სწორი, რომელიც აბსცისათა ღერძთან შეადგენს რაღაც φ კუთხეს, ხოლო ორდინატთა ღერძზე მოკვეთს C მონაკვეთს (ნახ. №1.10 ა). φ ეწოდება გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე, ხოლო C -ს შეჭიდულობის ძალა, რომელიც არაა დამოკიდებული მკუმშავ ძალაზე.

შეჭიდულობის ძალა პრაქტიკულად ნულის ტოლია არაბმული გრუნტებისათვის. ამ შემთხვევაში კულონის კანონი ასე გამოისახება

$$\tau = \sigma f \quad (1.21)$$



ნახაზი №1.10 ზღვრული ძვრის გრაფიკები კულონის მიხედვით:
 ა-ბმული გრუნტებისათვის; ბ-არაბმული გრუნტებისათვის

ე.ი. არაბული გრუნტების ზღვრული წინაღობა წარმოადგენს ხახუნის წინაღობას, რომელიც მკუმშავი ძაბვის პროპორციულია. მისი გრაფიკული გამოსახულება არის სწორი, რომელიც გაივლის ორდინატთა ღერძების სათავეზე და აბსცისათა ღერძთან შეადგენს φ კუთხეს (ნახ. №1.10 ბ).

თანახმად აქ წარმოდგენილი გრაფიკებისა (ნახ. №1.10), კულონის კანონი ბმული და არაბმული გრუნტებისათვის გადაიწერება, შესაბამისად, შემდეგნაირად:

$$\tau = \sigma tg\varphi + C \quad (1.22)$$

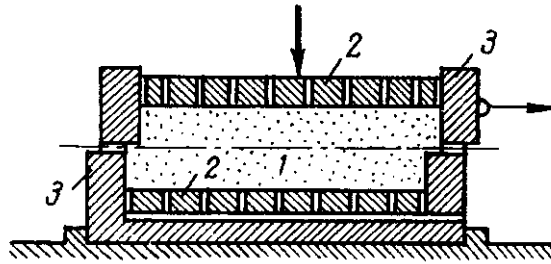
$$\tau = \sigma tg\varphi \quad (1.23)$$

აქ $tg\varphi$ არის გრუნტის შიგა ხახუნის კოეფიციენტი, ხოლო $\sigma tg\varphi$ შიგა ხახუნის ძალა.

ვინაიდან გრუნტის სიმტკიცე ფასდება მისი წინაღობით შიგა ძვრისადმი, კულონის კანონი წარმოადგენს გრუნტების სიმტკიცის კანონს, ხოლო φ და C მათი სიმტკიცის ფრიად მნიშვნელოვან მახასიათებლებს.

გრუნტების ზღვრული წინაღობა ძვრაზე განისაზღვრება მათი გამოცდით, რისთვისაც იყენებენ რამდენიმე მეთოდს, რომელთა შორის მთავარია გამოცდა: ბრტყელ გადაჭრაზე, ერთღერძა და სამღერძა კუმშვაზე, ცილინდრულ ჭრაზე და ჩანერგვაზე.

გამოცდა ბრტყელ ძვრაზე. ბრტყელი ჭრის ხელსაწყო (ლითონის კოლოფი) (ნახ. №1.11) შედგება ორი ნაწილისაგან, რომელთა

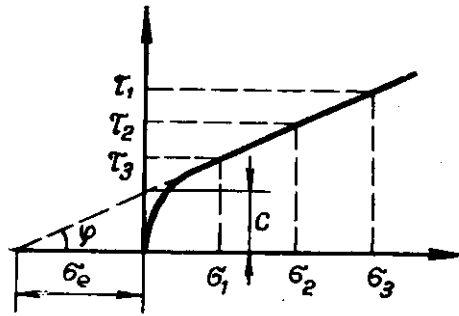


ნახაზი №1.11 ბრტყლად გადაჭრის ხელსაწყოს პრინციპული სქემა:
 1- გამოსადეგი ნიმუში; 2-ფილტრები; 3-გარსაკრი

შორის ერთი უძრავია, ხოლო მეორე-მოძრავი. უკანასკნელი გადაადგილება მასზე მოდებული გვერდითი დატვირთვის შედეგად და გადაჭრის გრუნტის ცილინდრული ფორმის ნიმუშს, რომლის სიმაღლე აიღება არა ნაკლები 70მმ, დიამეტრი კი შეადგენს მის $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ ნაწილს, ასეთ ხელსაწყოს იყენებენ თითქმის კულონის დროიდან და ხასიათდება დიდი სიმარტივითა და მოხერხებულობით.

ერთი და იგივე გრუნტის ნიმუშებს, რომელთა რიცხვი უნდა იყოს არა ნაკლები სამისა, შეამკვრივებენ სხვადასხვა სიდიდის ვერტიკალური დატვირთვებით და შემდეგ იმავე დატვირთვებზე ხდება მათი გადაჭრა განივი ძალის მოდებით, გადამჭრელ თარაზულ ძალას თანდათანობით ზრდიან მანამ, სანამ ძვრის დეფორმაცია უწყვეტი არ გახდება. ცხადია, გადამჭრელი ძალა გრუნტის წონასწორობის დარღვევის მომენტში ნორმალური ძალის მოცემული მნიშვნელობისათვის ტოლი იქნება გრუნტის შიგა წინაღობის ძვრისადმი. მისი მნიშვნელობა, რომელიც მხები ძაბვის ტოლია, იცვლება წნევის ცვალებადობის მიხედვით. გამოცდის შედეგებზე აიგება გრაფიკი, რომელიც თიხოვანი ბმული გრუნტებისათვის წარმოდგენილია (ნახ. №1.12) ნახაზზე. ამგვარად, გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლების φ და C მნიშვნელობებს უშუალოდ ვღებულობთ გრაფიკზე. გრაფიკი მოკვეთს აბსცისათა ღერძზე მონაკვეთს, რომელსაც აღნიშნავენ σ_e -თი. მას უწოდებენ შეჭიდულობის (ბმულობის) წნევას, რომელიც ასე გამოისახება

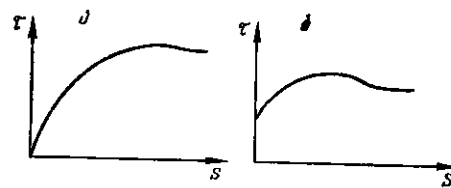
$$\sigma_e = C \cdot ctg\varphi \quad (1.24)$$



ნახაზი №1.12 გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლების (φ და C) განსაზღვრა

თანახმად გრაფიკისა, შეჭიდულობის წნევა წარმოადგენს ნორმალური წნევის უარყოფით მნიშვნელობას, რაც აშკარად მიგვითითებს ფორული წნევის ბუნებაზე. გრაფიკი ნორმალური წნევის მცირე მნიშვნელობისათვის წარმოადგენს მრუდს, რაც იმით აიხსნება, რომ საწყისი დატვირთვებისათვის გრუნტში გავითარებული ეფექტური წნევები ძლიერ მცირეა. გრაფიკის აღნიშნულ სიმრუდეს, შესაბამისი ნორმალური ძაბვების სიმცირის გამო, პრაქტიკული მნიშვნელობა არ აქვს და მას ანგარიშში არ დებულობენ.

გრუნტის გამოცდის შედეგები იძლევა აგრეთვე ძვრის წინაღობასა და დეფორმაციებს შორის დამოკიდებულებას, რომლის გრაფიკული გამოსახულება წარმოდგენილია (1.13) ნახაზზე.



ნახაზი №1.13 ძვრის დიაგრამები: ა-ფხვიერი ქვიშებისა და ძლიერტენიანი თიხოვანი გრუნტებისათვის; ბ-მკვრივი ქვიშებისა და მცირეტენიანი თიხოვანი გრუნტებისათვის

როგორც (1.22) ტოლობა გვიჩვენებს, ბმული გრუნტების ძვრის წინაღობა შეიცავს შიგა ხახუნის წინაღობას და შეჭიდულობის ძალას.

აღსანიშნავია, რომ ამ სიკითხის ასეთი ინტერპრეტაცია ძლიერ პირობითია, ვინაიდან იგი არ შეესაბამება გრუნტის რთულ ბუნებას. ხახუნის მოვლენა იმ გაგებით, როგორც ეს მყარ ერთგვაროვან სხეულშია, შეუძლებელია გრუნტში წარმოიშვას. ძვრის მოვლენა იწვევს

სტრუქტურული ხასიათის ცვლილებებს ძვრის სიბრტყის მახლობლად. რამდენადაც დიდია ნაწილაკების შემჭიდროების ძალა, იმდენად დიდია ნაწილაკებს შორის უშუალო კონტაქტი, მაშასადამე, იმდენად უფრო ინტენსიური იქნება სტრუქტურული ცვლილებები, რაც გრუნტის დარღვეული სტრუქტურის მოცულობაში გამოიხატება. რამდენადაც მეტი იქნება ეს მოცულობა, იმდენად მეტი იქნება გრუნტის ძვრის წინაღობა და პირიქით. ამიტომ, რომ შიგა ხახუნის წინაღობა პირდაპირ დამოკიდებულებაშია ნორმალურ ძაბვასთან.

სტრუქტურული ცვალებადობის მოცულობა და, მაშასადამე, შიგა ძვრის წინაღობა დამოკიდებულია აგრეთვე გრუნტის მინერალური ნაწილაკების სიმსხოზე, მათ ფორმაზე, ზედაპირის დამუშავების ხარისხზე. ეს დამოკიდებულებაც ალბათ ნაკლები იქნება წვრილი და მტვროვანი ქვიშებისათვის. თიხოვან გრუნტებში მინერალურ ნაწილაკებს შორის კონტაქტებს ხელს უშლის ფორული და მოლეკოლური წყალი. ამიტომ, რომ რამდენადაც დიდია ასეთი გრუნტების ტენიანობა, იმდენად მცირეა მათი შიგა ხახუნის კუთხე φ და, მაშასადამე, - ძვრის წინაღობა. ქვიშებში ეს მოვლენა თითქმის შეუმჩნეველია, რაც აიხსნება წყლის სწრაფი გამოჟონვით. რაც შეეხება შეჭიდულობის (ბმულობის) წინაღობას, რომელიც შეჭიდულობის ძალით წარმოგვიდგება, იგი ძირითადად დამოკიდებულია ნაწილაკების ზედაპირულ აქტიობაზე და გრუნტის ნაწილაკებისა და აგრეგატების ურთიერთშეცემენტების ხარისხზე. ეს ძალაც იცვლება გრუნტის სტრუქტურის ცვალებადობის მიხედვით.

იმასთან დაკავშირებით, რომ თიხოვანი გრუნტის შეჭიდულობის ძალა, ძირითადად, წარმოადგენს მინერალური ნაწილაკებისა და კოლოიდური წყლის ურთიერთქმედების შედეგს, მთლიანი შეჭიდულობა C შესაძლებელია წარმოვიდგინოთ როგორც ჯამი ხისტი სტრუქტურული შეჭიდულობის ძალებისა. ამის შესაბამისად, (1.20) ფორმულა პროფ. ნ. მასლოვის ინტერპრეტაციით შეიძლება ასე გადაიწეროს

$$\tau = \sigma tg\varphi + C' + C_{\omega} \quad (1.22')$$

სადაც C' არის სტრუქტურული შეჭიდულობა, რომელიც წარმოადგენს მინერალური ნაწილაკების ურთიერთ უშუალო ხისტი კავშირის წინააღმდეგობას, ხოლო C_ω ე.წ. წყალ-კოლოიდური ხასიათის წინააღმდეგობას, რომელიც ძირითადად დამოკიდებულია მოლეკულური წყლის სიბლანტეზე და ხშირად მას სიბლანტის წინააღმდეგობასაც უწოდებენ.

ზემოაღნიშნულიდან ცხადია, რომ ძვრის წინააღმდეგობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ეფექტური ძაბვების განვითარებაზე და, მაშასადამე, მისი ექსპერიმენტული გამოკვლევის დროს უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება ნიმუშის გამოცდის სიჩქარეს. ამასთან დაკავშირებით, გამოცდის მეთოდიკა უნდა დადგინდეს არა საერთოდ, არამედ იმის მიხედვით, თუ როგორია გრუნტის სახეობა, ფიზიკური მდგომარეობა და ფუძის მუშაობის პირობები.

როდესაც ნაგებობის ფუძე წარმოდგენილია თიხნარებითა და ქვიშნარებით, მათთვის ფუძის წინააღმდეგობა უნდა დადგინდეს ნიმუშის გამოცდით წყლის გაყოფის პირობებში. ქვიშებისათვის კი, რომლისთვისაც ნაწილაკების ზედაპირული აქტივობა უმნიშვნელოა, ხოლო წყლის გაყოფის სიჩქარე ძლიერ დიდი, ძვრის წინააღმდეგობა დგინდება დამთავრებული პირველადი კონსოლიდაციის პირობებში. ასეთი წესით ადგენენ ნაგებობათა ქვიშოვანი ფუძეების და აგრეთვე მიწაყრილის (მიწის კაშხლის) წინააღმდეგობას, თუ ეს უკანასკნელი მრავალი წლის წინაა აგებული. ზემოაღნიშნული ბტყელი ძვრის ხელსაწყო გამოყენება მიზანშეწონილია უმთავრესად ქვიშების წინააღმდეგობის დასადგენად, დამთავრებული პირველადი სტაბილიზაციის პირობებში.

ძვრის დროს მკვრივი ქვიშების ფორიანობა იზრდება და გარკვეული მომენტიდან მუდმივმნიშვნელობას ინარჩუნებს; ფხვიერი ქვიშების ფორიანობა კი კლებულობს და ბოლოს მუდმივი ხდება. ფორიანობის ასეთ საბოლოო მნიშვნელობას კრიტიკული ფორიანობა (სიმკვრივე) ეწოდება.

როგორც ვიცით, გრუნტის წინააღმდეგობა (განსაკუთრებით თიხოვანი გრუნტების) დიდადაა დამოკიდებული მის ტენიანობაზე. ცხადია, რომ

რამდენადაც დიდია მისი ტენიანობა, იმდენად მცირე იქნება გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლების ϕ და C მნიშვნელობები.

გრუნტის ტენიანობა არ წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს, იგი განიცდის ცვალებადობას წყლის დროის მიხედვით და გრუნტის წყლის დონის ცვალებადობასთან დაკავშირებით, რაც, თავის მხრივ, განსაზღვრავს წყლის კაპილარული აწევის სიმაღლეს. ამიტომ გრუნტის ძვრის წინააღმდეგობის დადგენა უნდა ხდებოდეს მხოლოდ მისი ტენიანობის მაქსიმალური მნიშვნელობისათვის.

მხოლოდ ასეთნაირად დადგენილი სიმტკიცის მახასიათებლები უნდა დაედოს საფუძვლად ნაგებობათა ფუძეების გაანგარიშებას და არა ისეთი მახასიათებლები, რომლებიც დადგენილია გრუნტის ტენიანობის შემთხვევითი მნიშვნელობისათვის.

1.5. ძაბვების განაწილება გრუნტებში

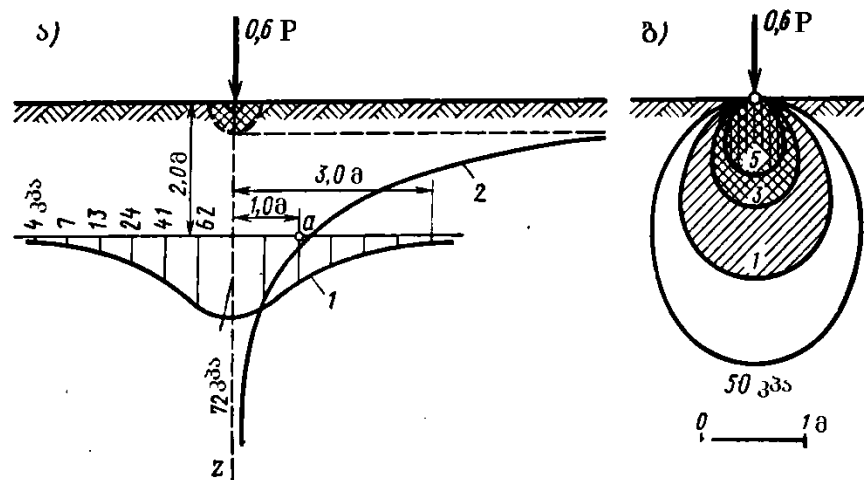
წინა თავში ჩვენ განვიხილეთ საკითხები დამაბული მდგომარეობის შესახებ წერტილში და ჩამოვაცალიებთ ის ძირითადი დამოკიდებულებანი ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის, რომლებიც გრუნტების მექანიკის ძირითად კანონებს წარმოადგენს.

მაგრამ ეს არ არის საკმარისი იმისათვის, რომ ჯეროვნად იქნეს შეფასებული მთლიანად ფუძს დამაბული მდგომარეობა, რაც აუცილებელია გრუნტის მასივსა და მის ზედაპირზე ძაბვების განაწილების წესების დასადგენად, რომლებიც წარმოიშობა როგორც გარე დატვირთვების, ისე გრუნტის საკუთარი წონის მოქმედების ზეგავლენით. ფუძის დამაბული მდგომარეობის შესწავლა კი აუცილებელია იმისათვის, რომ განისაზღვროს ნაგებობათა ფუძე-საძირკვლების ტვირთზიდვის უნარი და მოსალოდნელი დაჯდომა, რაც მათი გაანგარიშების ძირითად შინაარსსა და მიზანს წარმოადგენს. ძაბვების განაწილება როგორც თვისობრივად, ისე რაოდენობრივად დამოკიდებულია გარე დატვირთვების სიდიდესა და

მათი მოქმედების ხასიათზე, საძირკვლის ძირის ფართობსა და ფორმაზე, მის სიხისტეზე, გრუნტის სახეობაზე, მის თვისებებზე და აგრეთვე თვით კონსტრუქციის თავისებურებაზე.

გრუნტის დამაბულობის ხასიათი შეპირობებულია აღნაგობის სპეციფიკურობასთან, რაც მის ფაზოვანი შედგენილობით გამოისახება. ეს გარემოება მკვეთრად განასხვავებს მას მყარი, ერთგვაროვანი სხეულებისაგან, რომლებშიც ძაბვები წარმოიშობა ნებისმიერი კვეთის ყოველ წერტილში. ძაბვები, რომლებიც ნაგებობათა ფუძეების დეფორმაციების მიზეზს წარმოადგენენ, წარმოიშობა მხოლოდ გრუნტის მინერალური ნაწილკების ურთიერთშეხების ადგილებში და ვრცელდება ყოველი მიმართულებით. ამავე დროს, ცხადია, რომ დატვირთვების მოქმედების ადგილიდან დაშორებით ძაბვების მნიშვნელობა მცირდება, ე.ი. ხდება მათი გაბნევა.

გრუნტის დამაბული მდგომარეობის შესწავლა ხდება იმავე ფიზიკური გაგებით, როგორც მყარი სხეულების. ძაბვები განიხილებიან, როგორც უწყვეტად განლაგებული ძალები, მოსული ნებისმიერი კვეთის ერთეულ ფართობზე, და მათი განსაზღვრა წარმოებს დრეკადობის თეორიით, რომლის დროსაც გრუნტი განიხილება როგორც ერთგვაროვანი ხაზოვნად დეფორმირებადი დრეკადი სხეული.



ნახაზი №1.14 ფუძეში ძაბვათა განაწილების სქემა

აღნიშნულ წერტილებში და მის მახლობლად ძაბვების ძლიერ დიდი მნიშვნელობები იწვევენ გრუნტის პლასტიკურ დეფორმაციებს. ასეთი დეფორმაციების გავრცელების არეში, ცხადია ძაბვების განსაზღვრისათვის ბუსინესკის გადაწყვეტა უვარგისია და ჩვეულებრივ ამ მიზნით მიმართავენ გრუნტების ზღვრული წონასწორობის თეორიას. თუ განვსაზღვრავთ ძაბვებს განვსაზღვრავთ გრუნტის სიღრმეში სხვადასხვა თარაზულ სიბრტყეზე მდებარე წერტილებისათვის და შევაერთებთ ერთი და იგივე მნიშვნელობის ძაბვების შესატყვის წერტილებს, მივიღებთ თანაბარი ძაბვების მრუდს (ნახ. 1.14 ბ), რომლებსაც აგრეთვე იზობარები ეწოდება.

ბუსინესკის გადაწყვეტის ძლიერი პირობითაა გრუნტების მიმართ მიგვანიშნებს იმაზე, რომ საჭიროა ძაბვების გაანგარიშების მეთოდების შემდგომი განვითარება და დაზუსტება. ამ მხრივ გარკვეულ ყურადღებას იპყრობს ვესტენგარდის გადაწყვეტა, რომელიც რამდენიმე დეცალისწინებს გრუნტების არაერთგვაროვნებას და მოცემულია შემდეგი ფორმულის სახით

$$\sigma_z = \alpha_1 \frac{P}{z^2}$$

სადაც α_1 არის ძაბვების გაბნევის კოეფიციენტი.

აქვე საჭიროდ მიგვაჩინა, რომ ნაგებობათა დაჯდომის ფაქტიური და საანგარიშო მნიშვნელობათა შორის განსხვავება აიხსნება არა იმდენად ძაბვების გაანგარიშების მეთოდების პირობითობით, რამდენადაც გრუნტების სადეფორმაციო მახასიათებლების დადგენის ნაკლები სიზუსტით.

აღნიშნული საკითხისადმი ასეთი მიდგომა, ცხადია, ძლიერ პირობითია, ვინაიდან, როდესაც გარე დატვირთვები გადააჭარბებენ გრუნტის სტრუქტურულ სიმტკიცეს, მასში წარმოიშობიან არა მარტო დრეკადი დეფორმაციები, არამედ მნიშვნელოვანი ნარჩენი დეფორმაციებიც. მაგრამ პროფ. ნ. გარსევანოვის თეორიული კვლევები და მშენებლობის პრაქტიკა საკმაოდ ადასტურებს იმ გარემოებას, რომ, როდესაც გრუნტებში არაა განვითარებული დიდი პლასტიკური

დეფორმაციები, მათი დაძაბული მდგომარეობის შესწავლა დრეკადობის თეორიის საშუალებით პრაქტიკულად დამაკმაყოფილებელ შედეგს იძლევა, ხოლო დიდ დატვირთვების მოქმედებისას, როდესაც ნაგებობის ფუძის დაძაბულობა მთლიანად ზღვრული წონასწორობის მდგომარეობას უახლოვდება, დრეკადობის თეორიის გამოყენება ძაბვების განსაზღვრისათვის, ცხადია, უმართებულოა.

გარდა ამისა, გრუნტის დაძაბული მდგომარეობის გამოკვლევის ასეთი მეთოდი, როგორც აღნიშნავს პროფ. ნ. ციტოვიჩი, გამოსადეგია მხოლოდ ფაზოვანი შედგენილობის მუდმივი მდგომარეობისათვის, როდესაც იგი დროის მიხედვით ცვალებადობას არ განიცდის, ე.ი. გრუნტის კონსოლიდაციის დასაწყისში და დამთავრების შემდეგ.

როგორც ზემოთ აღინიშნება, ფუძის სიღრმეში წნევების განაწილების ერთ-ერთი ფაქტორია გარე დატვირთვების სიდიდე და მისი მოქმედების ხასიათი. ამიტომ კურსის წინამდებარე თავის შესწავლას სწორედ ამ საკითხით დავიწყებთ.

1.6. ძაბვების განაწილება ნაგებობათა ფუძის ზედაპირზე

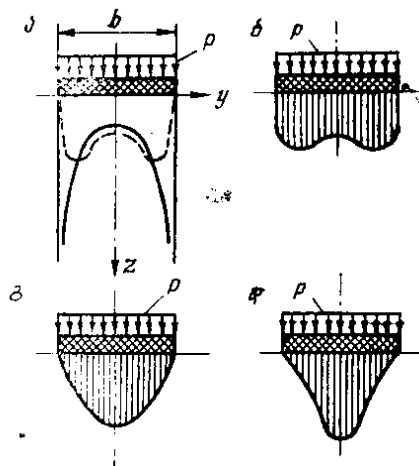
ნაგებობათა ფუძის ზედაპირზე განვითარებული ძაბვები წარმოადგენენ საძირკვლის ძირის ერთეულ ფართობზე მოქმედ ნორმალურ რეაქტიულ ძალებს, რომლებიც წარმოიშობა გარე ძალების (დატვირთვების) მოქმედების შედეგად. ასეთი ძაბვების განაწილების კანონზომიერების დადგენა, რაც დამოკიდებულია საძირკვლის სიხისტეზე, ძირის ფართობზე, ფორმაზე, ჩაღრმავებასა და აგრეთვე გრუნტის თვისებებზე, წარმოადგენს ფუძე-საძირკვლების გაანგარიშების ერთ-ერთ ძირითად ამოცანას. თეორიულად ეს საკითხი შეისწავლება დრეკადობის თეორიის კონტაქტური ამოცანების გადაწყვეტის გზით, როდესაც ფუძე-გრუნტი პირობით მიიღება როგორც ერთგვაროვანი დრეკადი სხეული.

ხისტი ზოლოვანი საძირკვლისათვის ასეთი ამოცანის გადაწყვეტა წარმოდგენილია შემდეგი გამოსახულებით

$$\sigma = \frac{2p}{\pi \sqrt{1 - \left(\frac{2y}{b}\right)^2}} \quad (1.25)$$

სადაც p არის საძირკვლის ძირზე მოსული საშუალო წნევა; b -საძირკვლის ძირის სიგანე, ხოლო y -მანძილი საძირკვლის ძირის შუა წერტილიდან განსახილველ წერტილამდე (ნახ. №1.15).

აღნიშნული გამოსახულებიდან ცხადია, რომ საძირკვლის შუა წერტილისათვის ($y = 0$) $\sigma = \frac{2p}{\pi}$, ხოლო საძირკვლის კონტურზე $y = 1/2 b$ $\sigma = \infty$. ძაბვების განაწილების შესაბამისი ეპიურა წარმოდგენილია (ნახ. №1.15 ა) ნახაზზე. ეპიურის იგივე ფორმას ვღებულობთ აგრეთვე მრგვალი საძირკვლისათვისაც.

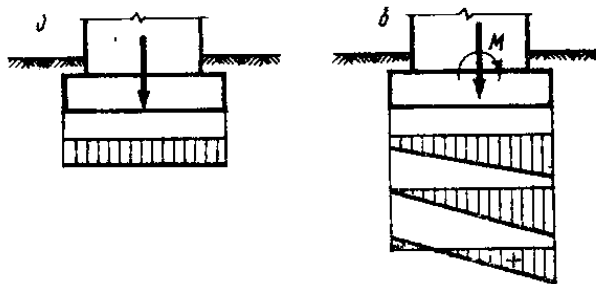


ნახაზი №1.15 კონტაქტური ძაბვების განაწილების ეპიურები

მიუხედავად იმისა, რომ ძაბვების განაწილების ასეთი კანონი თვისობრივად საკმაოდ კარგად ასახავს მოვლენის ფიზიკურ შინაარსს, იგი სინამდვილისაგან დაშორებულია, ვინაიდან წნევის სასრული მნიშვნელობისათვის ძბვა მიღება უსასრულო. ასეთი შეუსაბამობა აიხსნება საანგარიშო მოდელის პირობითობით. საქმე ძირითადად ის არის, რომ გრუნტი არ წარმოადგენს ერთგვაროვან დრეკად მყარ სხეულს, რის გამოც საძირკვლის კონტურზე წარმოიშობა გრუნტის პლასტიკური დეფორმაციები. ამის შედეგად კონტურზე ძაბვები მცირდება, შუაში

იზრდება და მათი ეპიურა უნაგირის ფორმას ღებულობს, რაც ნახაზზე აღნიშნულია წყვეტილით (ნახ. №1.15 ა).

მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული გაზომვებით დადასტურებულია, რომ კონტაქტური ძაბვების განაწილების ხასიათი დამოკიდებულია საძირკვლის კონსტრუქციის სიხისტესა და გადაცემული დატვირთვების სიდიდეზე. დადგენილია, რომ ხისტი კონსტრუქციებისათვის ძაბვების განაწილების ეპიურა ყოველთვის უნაგირის ფორმისაა, თუ დატვირთვები დეფორმაციებთან პრაქტიკულად ხაზოვანი დამოკიდებულების ფარგლებში რჩებიან. წინააღმდეგ შემთხვევაში, დატვირთვების გაზრდით გრუნტებში მატულობს პლასტიკური დეფორმაციები და ეპიურა უნაგირის ფორმიდან (ნახ. №1.15 ბ) ჯერ პარალელური ხდება (ნახ. №1.15 გ), ხოლო შემდეგ ზარის ფორმას ღებულობს (ნახ. №1.15 დ).



ნახაზი №1.16 ძაბვების ეპიურების პრაქტიკული სქემები ხისტი საძირკვლების ქვეშ: ა-ცენტრალური დატვირთვების დროს; ბ-ექსცენტრული დატვირთვების დროს

როგორც ზემოთ აღინიშნა, ძაბვების განაწილება ფუძის ზედაპირზე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე და მათი ეპიურების ფორმის დადგენა ყველა კონკრეტულ შემთხვევისათვის ჯერჯერობით პრაქტიკულად მიუწვდომელია. ამიტომ ფუძე-საძირკვლების გაანგარიშების დროს ძაბვების ეპიურის მრუდხაზოვან ფორმას ხისტი საძირკვლისათვის ცვლიან სწორხაზოვნით, რაც ძლიერ აადვილებს პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტას. ასეთი გამარტივების მართებულობას ადასტურებს ამ დარგში

ჩატარებული მრავალი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები და, რაც მთავარია, თვით მშენებლობის პრაქტიკაც.

აქედან გამომდინარე, ცენტრალურად დატვირთული ხისტი საძირკვლების შემთხვევაში ძაბვები გაიანგარიშება შემდეგი ფორმულით

$$p = \frac{\sum N}{F} \quad (1.26)$$

ხოლო ექსპერიმენტული დატვირთვების მოქმედების ზოგად შემთხვევებში, როდესაც დატვირთვების ტოლქმედი არ გადის საძირკვლის ძირის ინერციის არც ერთ მთავარ ღერძზე

$$p = \frac{\sum N}{F} \pm \frac{\sum M_x}{W_x} \pm \frac{\sum M_y}{W_y} \quad (1.27)$$

აღნიშნულ ფორმულებში $\sum N$ არის ვერტიკალური დატვირთვების ჯამი მოსული ფუძის ზედაპირზე; F - საძირკვლის ძირის ფართობი. $\sum M_x$ და $\sum M_y$ - მომენტების ალგებრული ჯამი აღებული, შესაბამისად, x და y ღერძების მიმართ; W_x და W_y - საძირკვლის ძირის ფართობის წინაღობის მომენტები, შესაბამისად, იმავე x და y ღერძების მიმართ.

(1.16) ნახაზზე წარმოდგენილია 1.26 და 1.27 ფორმულების შესაბამისი ძაბვების ეპიურები, საიდანაც ცხადია, რომ ცენტრალურად მოქმედი დატვირთვების შემთხვევაში ძაბვების განაწილება თანაბარია და მათი ეპიურა მართკუთხედაა (ა), ხოლო ექსპერიმენტული დატვირთვებისათვის ძაბვების განაწილება არათანაბარია და ეპიურა იმის მიხედვით, თუ როგორია ექსცენტრისიტეტი, შეიძლება იყოს ტრაპეცია და სამკუთხა, დადებითი ნიშნით ან ნიშანცვლადი (ბ).

თავი II. ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გამოკვლევა

2.1. საკვლევი ტერიტორიის გეომორფოლოგიური თავისებურება

მდ. მტკვრის ხეობაში მოქცეული თბილისის ტერიტორია წარმოადგენს მორფოსტრუქტურული ბუნების მთა-ხეობათა ტიპის ქვაბულს, რომლის მორფოლოგიური თავისებურებები ყალიბდებოდა ხანგრძლივი გეოლოგიური პერიოდის მანძილზე, ორი მსხვილი ტექტონიკური ერთეულის – მცირე კავკასიონის (აჭარა-თრიალეთის ქედი) და საქართველოს ბელტის განვითარების ფონზე.

საკვლევი ობიექტი მდ. მტკვრის მარჯვენა ნაპირზე მოიცავს ჭალის დაბალი და ჭალისზედა ორი ცოკოლური ტერასის ტერიტორიას (სურ. №2.1). ეს ტერასები გამომუშავებულია ხევძმარი-დიდომის სახელწოდებით ცნობილი სინკლინის მულდის ამგები ოლიგოცენ – ქვედა-მიოცენური ასაკის ძლიერ დისლოცირებული დანაწევრებული და გადარეცხილი, ადვილად ეროზირებადი, დანალექი ქანების სუბსტრატზე. სუბსტრატის ამგები ქანების ბუნებრივი გამოსავლები მაღალი II ჭალისზედა ტერასის საფეხურის ზედაპირზე ლოკალურ ხასიათს ატარებს, მაგრამ მდინარის ჭალის კალაპოტში მათი გამოსავლები ვიწრო ზოლის სახით მნიშვნელოვან ფართობზე არის გაშიშვლებული (სურ. №2.1), ქვედა მიოცენური სისტემის საყარაულოს (N_1^{sc}) და კოწახურის (N_1^{cz}) იარუსების ამგები ნალექების (არგილიტების, ქვიშაქვების და თხელშრეებიანი არგილიტისმაგვარი თიხების) სახით.



სურათი №2.1



სურათი №2.2

აღნიშნულ ნალექებში გამოუმუშავებული ცოკოლური ტერასების სუბსტრატზე დალექილია საკმაოდ მძლავრი, ალუვიური გენეზისის კენჭნარ-კაჭაროვანი, ქვიშნარ-თიხნარ-ქვიშიან შემავსებლიანი ნალექები.

საკვლევი ობიექტის ფარგლებში ტერიტორიის ამგები ცოკოლური ჭალის დაბალი და ჭალისზედა I და II ტერასები მორფოლოგიურად მკვეთრად არის გამოხატული, მათი რელიეფი თითქმის ინარჩუნებს პირველქმნილ იერსახეს. ამ ტერასების თითქმის ბრტყელზედაპირიანი სწორხაზოვანი, ეროზიით დაუნაწევრებელი ზედაპირები, სუსტად არის დახრილი სამხრეთ-სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით.

საკვლევი (I, II, III, VI უბნები) ტერიტორიის ფართობი 173 ჰა-ს შეადგენს. ამ ფართობის უდიდესი ნაწილი I ჭალისზედა ტერასის ზედაპირს წარმოადგენს. ტერასის ზედაპირის შეფარდებითი სიმაღლე მდინარის ზედაპირიდან 5-6 მ-ს შეადგენს. ტერასის ზედაპირი თითქმის ბრტყელი, სწორხაზოვანია და უმნიშვნელოდ არის დახრილი სამხრეთ-აღმოსავლეთით. მდინარის მიმართულებით ზედაპირი თანდათანობით დაბლდება და მდინარის გასწვრივ რელიეფში მკვეთრი გარდატეხით, შვეულად დახრილი ეროზიული საფეხურით (3-4 მ-მდე) გადადის დაბალი ჭალის ტერასაში. საკვლევი ობიექტის ფარგლებში, I ჭალისზედა ტერასის ზედაპირი ჩრდილოეთიდან ცენტრალური ნაწილის მიმართულებით ფართოვდება, ხოლო ცენტრალური ნაწილიდან ობიექტის სამხრეთი საზღვრის მიმართულებით უმნიშვნელოდ ვიწროვდება. ტერასის სიგრძე

2,8 კმ-ია, ხოლო სიგანე 420 მ-დან 1020 მ-დე ცვალებადობს. I ჭალისზედა ტერასის ზედაპირი ძირითადად დაკორდილია ბალახის საფარით, მეჩხერი ბუჩქნარით და ქარსაცავი ხე-მცენარეებით, ხოლო ტერასის აღმოსავლეთ ნაწილში VI უბნის ფარგლებში მეჩხერი ტყის კორომებით. აღსანიშნავია, რომ ტერასის ზედაპირი, განსაკუთრებით მისი აღმოსავლეთ და უკიდურეს სამხრეთ ნაწილში ტექნოგენური ზემოქმედებით ტრანსფორმირებულია (სახეცვლილია). აღმოსავლეთ ნაწილში ინერტული მასალების მოპოვების მიზნით წარმოებული სამუშაოების შედეგად, ტერასის ზედაპირი მნიშვნელოვნად სახეცვლილია. მოპოვებითი სამუშაოების შედეგად მრავალ უბანზე შექმნილია ხაზობრივად გავრცობლი 3-4 მ-მდე სიღრმის ხელოვნური ქვაბულები, რომელშიც მდინარის ფილტრატებით წარმოქმნილია ტბორები (სურ. №2.3),



სურათი №2.3

ხოლო ქვაბულების კიდეების გასწვრივ და მიმდებარე ტერიტორიაზე წარმოქმნილია ე.წ ტექნოგენური ზვინულები. ზოგიერთ უბანზე ხელოვნური ქვაბულები ნაყარი (ტექნოგენური) გრუნტებით და საყოფაცხოვრებო ნაგავით არის ამოვსებული. საერთოდ ტექნოგენური გრუნტები საკვლევე უბნის ტერიტორიის მნიშვნელოვან ნაწილს იკავებენ. ტექნოგენური წარმონაქმნების მძლავრი დანაგროვები ყველაზე მეტად ფიქსირდება საკვლევე ობიექტის სამხრეთ ნაწილში (I უბანი), დილომი-გლდანის დამაკავშირებელი საავტომობილო ხიდის მარცხნივ მიმდებარე

ტერიტორიაზე. ეს დანაგროვები ქმნის ორ ხელოვნურ ტერასულ ზედაპირს. ზემოთხსენებულთან ერთად აღსანიშნავია, რომ I ჭალისზედა ტერასის საფეხურის ძირი მრავალ მონაკვეთზე მდინარის მიერ ინტენსიურად ირეცხება, ვინაიდან ინერტული მასალის მოპოვების მიზნით წარმოებული სამუშაოების შედეგად, ჭალის დაბალი ტერასა ამჟამად აღარ არსებობს და მხოლოდ მცირე ფრაგმენტების სახით არის შემორჩენილი.

რაც შეეხება მეორე ჭალისზედა ტერასას, იგი საკვლევი ობიექტის დასავლეთიდან შემომსაზღვრავია. ამ ტერასის შეფარდებითი სიმაღლე I ჭალისზედა ტერასის ზედაპირთან 8-10 მ-მდე მერყეობს. ტერასა გამომუშავებულია ქვედა მიოცენური სისტემის საყარაულოს (N_1^1sc) და კოწახურის (N_1^1cz) იარუსების ამგებ ნალექებში, რომლებიც ზემოდან გადაფარულია ალუვიური გენეზისის სხვადასხვა სიმძლავრის (ძირითადად 2-3 მეტრი) მეოთხეული ნალექებით. არგილიტების და ქვიშაქვების თხელი შუაშრებიანი არგილიტისმაგვარი თიხებით აგებულ უბნებზე საფეხურის ზედაპირი დამრეცად დახრილია, დეფორმირებულია და უმეტეს შემთხვევაში გადაფარულია დელუვიური გენეზისის არამძლავრი (0-2მ-მდე) ნალექებით, როლებიც საფეხურის ძირის გასწვრივ, რამოდენიმე უბანზე, შლეიფების სახით ფარავენ ალუვიური ნალექებით აგებულ I ჭალისზედა ტერასის ზედაპირს.

2.2. საკვლევი ტერიტორიის გეოლოგიური აგებულება და ტექტონიკა

საკვლევი მოედნის და მიმდებარე ტერიტორიის გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილეობას ღებულობენ ქანები პალეოგენიდან დაწყებული მეოთხეულის ჩათვლით.

პალეოგენური ასაკის ნალექები საკვლევ ტერიტორიაზე მოქცეულია ნეოგენური ნალექების ქვეშ და ზედაპირზე მათი გამოსავლები საკვლევი ობიექტის მიმდებარედ ფიქსირდება, სადაც ეს ნალექები წარმოდგენილია

შუა და ზედა ოლიგოცენური წარმონაქმნებით. აღნიშნული ნალექები თანხმობით ადევს ხადუმის ჰორიზონტს და აგებულია მძლავრი, სქელშრებივი ქვიშაქვების დასტებით, რომლებიც მორიგეობენ ქვიშაქვების თხელ შუაშრებიან თიხებთან და ალევროლიტებთან. ქვიშაქვები ნაცრისფერია, ზოგჯერ მომწვანო-ნაცრისფერი, წვრილი, საშუალო და მსხვილმარცვლოვანი, ზოგჯერ გადადიან გრაველიტებში. ქვიშაქვები პოლიმიქტურია, ტუფური ნატეხოვანი მასალა შუა ეოცენური ასაკის ვულკანოგენური ნალექების გადარეცხვის პროდუქტია. ცემენტი კარბონატულია ან თიხიან-კარბონატული. ალევროლიტები ძირითადად კარბონატულია და მოყვითალო-ნაცრისფერი ან ნაცრისფერი ტონალობისაა. თიხები, როგორც წესი არაკარბონატულია, მოყვითალო-მოყავისფრო ფერის, თხელშრებივია, ხშირად ფურცელა და თავიანთი ჰაბიტუსით უახლოვდება ტიპურ მაიკოპურ თიხებს. ზემოთ აღწერილი ნალექების სიმძლავრე ცვალებადობს რამდენიმე მეტრიდან ათეულ მეტრამდე.

წინა წლებში ჩატარებული ბურღვითი სამუშაოების შედეგად, შუა და ზედა ოლიგოცენური ნალექების საერთო სიმძლავრე ჭაბურღილებში 1000-1200 მეტრია, ხოლო არმაზის ანტიკლინის სამხრეთ ფრთაზე მდ. მტკვრის მიერ ბუნებრივად გამომუშავებულ ჭრილში ზემოთ აღწერილი ნალექების სიმძლავრე 900 მეტრს არ აღემატება.

ნეოგენური ასაკის წარმონაქმნები საკვლევ ტერიტორიაზე წარმოდგენილია საყარაულოსა (N_1^{sc}) და კოწახურის (N_1^{cz}) ჰორიზონტებით. საყარაულოს ჰორიზონტის (N_1^{sc}) ნალექები თანხმობით ადევს ზედა ოლიგოცენური ასაკის წარმონაქმნებს, რომლებიც წარმოდგენილია კვარც-არკოზული შემადგენლობის ქვიშაქვებით, თიხების, არგილიტების და მიკროკონგლომერატების შუაშრებით. საკვლევ ტერიტორიაზე ჭრილში ქვიშაქვები უხეშმარცვლოვანია, ხოლო აღმოსავლეთით გავრცელებაზე შედარებით წვრილმარცვლოვანია. უნდა აღინიშნოს ის გარემოებაც, რომ აღმოსავლური მიმართულებით ქვიშაქვების სიმძლავრეები თანდათანობით კლებულობს, ხოლო თიხების სიმძლავრე კი

მატულობს. ქვიშაქვები ძირითადად აგებულია შუა ეოცენური ასაკის ვულკანოგენური ნალექების გადარეცხილი მასალით, რომლებშიც ჭარბობს კვარცი და მინდვრის შპატები. ამის გამო ქვიშაქვები მოთეთრო ფერისაა. ჭრილებში ამ ჰორიზონტის ქვიშაქვების სიმძლავრეები 3 მეტრიდან 25 მეტრის ფარგლებში ცვალებადობს.

თიხები თხელშრეებრივია; თავიანთი ჰაბიტუსით უახლოვდება ტიპიურ მაიკოპურ თიხებს; ფერი მოყავისფრო-მოყვითალო; სიმძლავრე ძლიერ ცვალებადია.

საყარაულოს ჰორიზონტის საერთო სიმძლავრე ორმოიანის (დიდმის) სინკლინში 1000_1200 მეტრია და თანდათანობით იცვლება კოწახურის (N_1^{cz}) ჰორიზონტით.

კოწახურის (N_1^{cz}) ჰორიზონტში საკვლევ ტერიტორიაზე დომინირებენ თხელშრეებრივი მუქი ფერის არაკარბონატული თიხების დასტები. გამოფიტვის ქერქში ისინი ყავისფერი ფურცელა თიხების სახითაა წარმოდგენილი, ხშირ შემთხვევაში გადაფარულია იაროზიტის ყვითელი ფენით. თიხებში ხშირად ფიქსირდება სიდერიტისა და მერგელების შუაშრეები. კოწახურის ჰორიზონტში ჭრილში კარგად არის გამოკვეთილი მოთეთრო ფერის უხეშმარცვლოვანი ქვიშაქვებისა და ქვიშების თხელი შუაშრეები. კოწახურის ჰორიზონტის სიმძლავრე ორმოიანის (დიდმის) სინკლინის გულში ცვალებადია და 700მ-დან 900 მ ფარგლებში მერყეობს.

მეოთხეული ასაკის ნალექები. საკვლევ ტერიტორიაზე ძირითადი ქანების უმეტესი ნაწილი გადაფარულია თანამედროვე და ზედა მეოთხეული ასაკის, სხვადასხვა მონაკვეთში, დალექვის სხვადასხვა რეჟიმში აკუმულირებული, განსახვავებული ფაციესის მქონე, ალუვიური და დელუვიური გენეზისის ნალექებით, რომლებიც ძლიერ ცვალებადი სიმძლავრით ხასიათდება (1-დან 10 მ-მდე).

მეტნაკლებად ადრინდელ წარმონაქმნებს წარმოდგენენ მდ. მტკვრის მაღალი ტერასები, რომლებიც საკვლევ ობიექტის გარეთ ვრცელდებიან.

შედარებით ახალგაზრდა მეოთხეული წარმონაქმნები კი ფართო გავრცელებით სარგებლობენ და თითქმის მთლიანად ფარავენ საკვლევი ტერიტორიის ზედაპირს, ასევე გავრცელებულია როგორც მდ. მტკვრის ჭალა-კალაპოტში, ასევე გაშლილ ხეობაში. ქვემოთ მოგვყავს ამ ნალექების დახასიათება.

საკვლევ ტერიტორიაზე ალუვიური ნალექები საკმაოდ ფართო გავრცელებით სარგებლობენ. ტერიტორიაზე გამოიყოფა თანამედროვე ალუვიური ნალექები, რითაც აგებულია მდ. მტკვრის ჭალა-კალაპოტი და I და II ჭალისზედა ტერასები. ნალექები ძირითადად შედგება დანალექი და ვულკანოგენური ქანების სხვადასხვა პეტროგრაფიული შემადგენლობის, კარგად დამუშავებული კენჭნარის, კაჭარის, ქვიშის, ხრეშის და ქვიშნარისაგან.

თანამედროვე ალუვიური ნალექების სიმძლავრე საშუალოდ 2-3 მეტრამდეა (კალაპოტის ზონა).

პირველი ტერასა აგებულია კარგად დამუშავებული კენჭნარით კაჭარის ჩანართებით (15%) და ქვიშა-ხრეშის შემავსებლით (20-25%).

II ტერასაც ანალოგიური ნალექებითაა აგებული, თუმცა მატულობს კაჭარის პროცენტული შემადგენლობა.

I ტერასის მსხვილნატეხოვანი ნალექები სამშენებლო მოედნის თითქმის მთელ ფართობზე გადაფარულია სხვადასხვა სიმძლავრის (0.7მ-დან 4.5 მეტრამდე) ჭალის ფაციესის ნალექებით (ძირითადად ქვიშნარი).

დელუვიური გენეზისის ნალექები საკვლევ ტერიტორიაზე (სამშენებლო მოედანი) გავრცელების შედარებით ნაკლები მასშტაბურობით გამოირჩევიან და წარმოდგენილი არიან მხოლოდ პირველ და მეორე ტერასულ ზედაპირებს შორის არსებულ საფეხურის ძირში (მეორე ტერასის ძირი) თიხნარების სახით. მათი სიმძლავრეები 2.0 მ-ს არ აღემატებიან.

ტექტონიკური თვალსაზრისით საკვლევი ტერიტორია საქართველოს ტექტონიკური დარაიონების სქემის მიხედვით (ე. გამყრელიძე 2000წ.) მოქცეულია მცირე კავკასიონის ნაოჭა სისტემის სამხრეთი ზონის

უკიდურეს ჩრდილო პერიფერიაზე და მიეკუთვნება დილომი-სართიქალის ქვეზონას. იგი ჩრდილოეთიდან შემოფარგლულია ამიერკავკასიის მთათაშუა არის ქართლის მოლასური ქვეზონით. ამ ორ ზონას შორის საზღვარს წარმოადგენს მცხეთა-მამკოდა-ნორიო-ხაშმის მსხვილი ნაწევი. ნაწევის სიბრტყის დაქანება ჩრდილოურია, დახრის კუთხე 60-700. ამ ნაწევის სამხრეთით აღინიშნება ნაოჭა სტრუქტურების მთელი სერია, სინკლინორიუმები, ბრახი ანტიკლინებითა და ანტიკლინორიუმები ბრახი სინკლინებით.

საკუთრივ სამშენებლო მოედანი მოქცეულია ხევძმარი-ორმოიანის სინკლინის გავრცელების არეალში, რომელიც სამხრეთიდან ისაზღვრება ლისის ანუ დიღმის ანტიკლინით, რომელიც მანგლისიდან ვრცელდება ლისის ტბის აღმოსავლეთ პერიფერიაზე. აღნიშნული ანტიკლინის ძირითადი ნაწილი აგებულია ზედა ეოცენური ასაკის ქვიშაქვიან-თიხიანი წარმონაქმნებით. ხოლო ჩრდილოეთიდან ისაზღვრება მცხეთა-ნორიო-ხაშმის ანტიკლინით, რომელიც ვრცელდება სოფ. ძეგვიდან სოფ. გლდანამდე და სოფ. გლდანთან სოფ. ხაშმამდე.

ანტიკლინის ღერძული ნაწილი აგებულია ქვედა ოლიგოცენური ასაკის წარმონაქმნებით, ხოლო სამხრეთ ფრთაზე გამოდის ყველა ჰორიზონტი კარაგანულამდე. ანტიკლინის ეს ფრთა გადაბრუნებულია და ეცემა ჩრდილო მიმართულებით 40-75⁰კუთხემდე.

ხევძმარი-ორმოიანის სინკლინი, სადაც მოქცეულია სამშენებლო მოედანი, იწყება საკვლევი ობიექტის სამხრეთიდან-მთა ეფრემის კლდიდან და ვრცელდება ავჭალის დასახლებამდე, მოიცავს ხევძმარის ხეობას, ორმოიანის მიდამოებს სოფ. ნორიომდე.

ნაოჭის ფრთები ფართოდ გაშლილი და ასიმეტრიულია, ნაოჭის ღერძულა ნაწილი აგებულია მიოცენური ასაკის ნალექებით. ჩრდილო ფრთა შედარებით ციცაბოა, რომლის დახრის კუთხე 70⁰ და 75⁰-ია, ზოგ ადგილას გადაბრუნებულია. სამხრეთი ფრთა შედარებით დამრეცია,

დახრის კუთხე 30⁰ დან 50⁰-მდე. ორივე ფრთა აგებულია ოლიგოცენური და მიოცენური ასაკის წარმონაქმნებით.

2.3. საკვლევი ტერიტორიის კლიმატური პირობები

კლიმატური პირობების დახასიათებას ვიძლევიტ საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის ბრძანება №1-1/1743 2008 წ 25 აგვისტოს „სამშენებლო კლიმატოლოგია“ დაყრდნობით. კლიმატური მახასიათებლები აღებულია დიღომის და დიდი დიღომის მეტეოსადგურების მიხედვით. საკვლევი ტერიტორია ხასაითდება კონტინენტური, ზომიერად თბილი კლიმატით, წელიწადში ორი მინიმუმით.

სამშენებლო კლიმატური დარაიონების მიხედვით ტერიტორია მიეკუთვნება IIIგ ქვერაიონს.

ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მზის პირდაპირი რადიაცია როგორც დიღომის ასევე დიდი დიღომის სადგურების მიხედვით შეადგენს: იანვრისათვის 22, აპრილისათვის 74, ივლისისათვის 125, ოქტომბრისათვის 53 კვტ. სთ/მ² თვეში; ხოლო ჯამური რადიაცია შესაბამისი თვეების მიხედვით 49, 135, 195 და 92 კვტ. სთ/მ² თვეში; ჰაერის წლის საშუალო ტემპერატურა დიღომის და დიდი დიღომის სადგურების მიხედვით შესაბამისად 12,30 და 12,60, აბსოლიტური მინიმუმი _ 230 და _ 240, აბსოლიტური მაქსიმუმი 400; ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა ორივე სადგურის მიხედვით _ წლის საშუალო 66%, ყველაზე ცივი თვისათვის_60%, ყველაზე ცხელი თვისათვის_40%; ფარდობითი ტენიანობის საშუალო დღე-ღამური ამპლიტუდა ყველაზე ცივი თვისათვის_20-25%, ყველაზე ცხელი თვისათვის_30%; ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა წელიწადში 560 მმ, ხოლო დღეღამური მაქსიმუმი შეადგენს 146 მმ; თოვლის საფარის დღეთა რაოდენობა დიდი დიღომის მეტეოსადგურის მონაცემებით_14 დღე, დიღომის სადგურის მონაცემებით

15 დღე, თოვლის საფარის წონა 0.50კპა; ქარის წონის ნორმატიული მნიშვნელობები 5 და 15 წელიწადში ერთხელ დილომის სადგურის მონაცემებით 0.38 და 0.60კპა, დიდი დილომის სადგურის მონაცემებით 0.73 და 0.85კპა, ქარის უდიდესი სიჩქარე შესაძლებელი 1,5, 10, 15, 20 წელიწადში ერთხელ მ/წმ შესაბამისად: დილომის მეტეოსადგურის მონაცემების მიხედვით 21, 26, 29, 30, 31, დიდი დილომის მეტეოსადგურის მონაცემების მიხედვით 28, 33, 35, 36, 37; ქარის უდიდესი და უმცირესი სიჩქარე მ/წმ დილომის მეტეოსადგურის მონაცემებით იანვარში 2,1/0,1, ივლისში 2,0/0,7; გრუნტების სეზონური გაყინვის ნორმატიული სიღრმე (სმ) – 0.

როგორც ზემოთ არის აღნიშნული კლიმატური მონაცემები აღებულია დღეისათვის ქვეყანაში ოფიციალურად მოქმედი სნ და წ „სამშენებლო კლიმატოლოგია“-ზე დაყრდნობით (საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის ბრძანება №1-1/1743, 2008 წლის 25 აგვისტო), თუმცა გარემოს ეროვნული სააგენტოს ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტის მონაცემებზე დაყრდნობით, სამშენებლო მოედანთან უახლოესი ქ. თბილისის (დილომი) მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვებათა რიგით, 1972 წლის 15 დეკემბერს დაფიქსირებულია ქარის მაქსიმალური სიჩქარე 41 მ/წამში.

1968 წელს გამოცემული კლიმატის ცნობარის (ცნობარი №14 „ქარი“) №10 ცხრილის მიხედვით იმავე სადგურის 1; 5; 10; 15 და 20 წელიწადში ერთხელ სხვადასხვა შესაძლებელი ალბათობით (მათ შორის დაქროლვა) მაქსიმალური ქარის სიჩქარეები შესაბამისად შემდეგია: 1 - 33 მ/წმ; 5 - 38 მ/წმ; 10 - 40 მ/წმ; 15 - 41 მ/წმ; 20 - 42 მ/წმ. აღნიშნული მეტეოსადგური მდებარეობს სამშენებლო მოედნის სამხრეთ-დასავლეთით 4.3 კმ მანძილზე.

2.4. საკვლევი ტერიტორიის სეისმურობა

საკვლევი ტერიტორია (სამშენებლო მოედანი) მდებარეობს ასპინძა-თბილისის მორფოსტრუქტურული ერთეულის ზონაში, რომელიც თავის მხრივ მნიშვნელოვნად გართულებულია ურთიერთგადამკვეთი ტექტონიკური რღვევებით. ზონა განლაგებულია მაღალი სეისმური რისკის არეალში. საქართველოს მაკრო-სეისმური დარაიონების სქემის მიხედვით სამშენებლო მოედანი განლაგებულია 8 ბალიანი ინტენსივობის მიწისძვრების გავრცელების ზონაში (საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის ბრძანება №1-1/2284, 2009 წლის 7 ოქტომბერი, ქ. თბილისი. სამშენებლო ნორმების და წესების „სეისმომედეგი მშენებლობა“ (პნ 01.01-09) – დამტკიცების შესახებ).

არსებული სტატისტიკური მონაცემებით, მაღალი მაგნიტუდის მიწისძვრებს, რომლებსაც შეუძლიათ მნიშვნელოვანი ზიანი და გავლენა იქონიონ რელიეფის მორფოდინამიკაზე, არა ერთხელ ჰქონდა ადგილი, როგორც ისტორიულ, ასევე უახლოეს წარსულში. ქვემოთ მოცემულია არსებული სტატისტიკური მონაცემები ქ.ქ. თბილისისათვის და მცხეთისათვის.

ქ. მცხეთაში 6-9 ბალიანი მიწისძვრები მომხდარა 1275, 1283, 1318 და 1940 წლებში; ქ. თბილისში (6-7 ბალი) – 1283, 1318, 1803, 1827, 1859, 1909, 1920 და 2002 წლებში.

XX საუკუნის განმავლობაში მომხდარი მიწისძვრების მიხედვით მიწისქვეშა ბიძგების ხანგრძლივობა 2.1-დან 3.6 წამამდე მერყეობს. სეისმური ტალღების გავრცელების ხასიათი და მიმართულება მეტწილად დამოკიდებულია ტექტონიკური რღვევითი სტრუქტურების განლაგებაზე. სეისმური ტალღების გავრცელების გაბატონებული მიმართულება (სუბგანედური) ჩრდილო - დასავლეთ - სამხრეთ - აღმოსავლეთურია. მიწისძვრებით გამოწვეული გეოდინამიკური ცვლილებები ყველაზე მეტად გამოხატულია ტექტონიკურ რღვევებს შორის განლაგებულ

მორფოსტრუქტურულ ბლოკებში, სადაც დღესაც გრძელდება პულსაციური (როგორც აღმავალი, ისე დადმავალი) მოძრაობები.

ქვემოთ მოგვყავს სეისმური ტალღების მაქსიმალური ჰორიზონტალური აჩქარების (სეისმურობის უგანზომილებო კოეფიციენტი) მახასიათებლები საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში და მის მიმდებარედ არსებული დასახლებული პუნქტებისათვის:

1. ქ. თბილისი _ 0.17 მ/წმ²;
2. ქ. მცხეთა _ 0.16 მ/წმ²;
3. სოფ. გლდანი _ 0.16 მ/წმ²;
4. ზაჰესი _ 0.16 მ/წმ².

მრავალფუნქციური კომპლექსის შენობა-ნაგებობების დასაპროექტებლად გამოყენებული უნდა იქნას სნ და წ II-7-81-ის მოთხოვნები.

2.5. საკვლევი ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური პირობები

სამშენებლო მოედანი და მიმდებარე ტერიტორიები საქართველოს ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების სქემის მიხედვით (ი. ბუაჩიძე 1970წ.) მოქცეულია აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის, თბილისის წყალწნევიანი სისტემის ნაპრალოვანი და ნაპრალოვან-კარსტული წყლების ჰიდროგეოლოგიურ რაიონში.

საკვლევ უბანზე და მიმდებარე ტერიტორიის ფარგლებში გამოიყოფა ორი ძირითადი ჰიდროგეოლოგიური ერთეული:

_ შუა და ზედა ოლიგოცენის და ნეოგენური ასაკის ვულკანოგენური დანალექი ქანების წყალშემცველი კომპლექსი;

_ მეოთხეული ასაკის ალუვიური ნალექების წყალშემცველი კომპლექსი.

ქვემოთ ვიძლევიტ ამ კომპლექსის დახასიათებას ცალ-ცალკე:

_შუა და ზედა ოლიგოცენისა და ნეოგენური ასაკის წარმონაქმნებში გრუნტის წყლები ძირითადად ნაპრალოვანი ტიპისაა. მათი ცირკულაციის სიღრმე დამოკიდებულია ძირითად ქანებში განვითარებული ნაპრალოთა სისტემის სიღრმეზე და ხარისხზე. ნაპრალოვანი გრუნტის წყლების მინერალიზაცია მერყეობს 2,5 დან 8,2 გ/ლ. ყველა წყალი თითქმის სულფატურია, კათიონებიდან მონაწილეობას იღებენ Ca და Mg , იშვიათად Na . მინერალიზაციის პროცენტის მომატებასთან ერთად ფიქსირდება ნატრიუმის იონების ზრდა. ნალექები მცირე წყალშემცველობით ხასიათდებიან და წყლების ცირკულაცია ძირითადად ხდება ღრმა ნაპრალოთა სისტემაში, აქედან გამომდინარე ვეერდნობით ადრეულ წლებში გაყვანილ ჭაბურღილებში გახსნილი წყლის ჰორიზონტიდან აღებული სინჯების ლაბორატორიულ მონაცემებს.

წყლები ძირითადად სულფატურ-კალციუმიან-მაგნიუმიანი, ქლორიდულ-ნატრიუმიან-კალციუმიანია. ნაპრალოვანი გრუნტის წყლების საერთო მინერალიზაცია მერყეობს 2-დან 5 გ/ლ_მდე. თითქმის ყველა წყლები შეიცავენ გოგირწყალბადს, რომლებიც ცალკეულ ჭაბურღილებში 15 მგ/ლიტრამდე აღწევს. ზოგ ჭაბურღილებში აღინიშნება მეთანის აირების (CH_4) გამოყოფა.

საქართველოს კურორტოლოგიის ინსტიტუტის მიერ თბილისის ტერიტორიაზე და მის გარეუბნებში ჩატარებული 20 მინერალური წყაროს ქიმიური ანალიზიდან ირკვევა, რომ წყაროები თავიანთი ქიმიური შედგენილობით და მინერალიზაციით, ერთმანეთისგან განსხვავებულია. გვხვდება სულფატურ-ჰიდროკარბონატული, კალციუმიან-ნატრიუმიანი, სულფატურ-კალციუმიან-მაგნიუმიანი შემადგენლობის წყლები. მათი მინერალიზაცია მერყეობს 0,4 დან 0,8 გ/ლიტრის ფარგლებში.

წყლის ტემპერატურა ყველა წყაროებში მერყეობს 11° დან 17°C -მდე. მჟავე წყლები არ ფიქსირდება.

მეოთხეულ წარმონაქმნებში მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც ფორმირდება ალუვიურ ნალექებში, განსხვავდებიან თავიანთი ქიმიური

შედგენილობით, ხასიათდებიან ამაღლებული მინერალიზაციით და სულფატურ-ნატრიუმთან-მაგნიუმთან ტიპს განეკუთვნებიან. დებიტი მერყეობს 0,03 დან 1.0 ლ/წმ-ის ფარგლებში. მინერალიზაცია მერყეობს 0.4 დან 3.0 გრ/ლიტრის ფარგლებში. შედარებით დაბალი მინერალიზაციის 0.4 დან 1.0 გრ/ლიტრამდე წყლები, სულფატურ-კალციუმთან-მაგნიუმანია.

ქვემოთ ვიძლევიტ ჩვენს მიერ საკუთრივ სამშენებლო მოედნის IV და V უბნების ფარგლებში ჩატარებული ჰიდროგეოლოგიური კვლევების შედეგებს.

საკვლევი ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური პირობების შესწავლა მოხდა, აღნიშნულ ფართობზე გაჭრილი ჭაბურღილების მონაცემების და ამავე ფართობზე გამომავალი ერთეული წყაროების მონაცემების ანალიზის საფუძველზე.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე, საკვლევ უბანზე შეიძლება გამოიყოს სამი წყალშემცველი ჰორიზონტი, რომელშიც ცირკულირებენ თავისუფალი წყალცვლის არაღრმა ცირკულაციის მიწისქვეშა წყლები. ეს წყალშემცველი ჰორიზონტებია:

1. ჰოლოცენური ასაკის (QIV) ალუვიური ნალექების მიწისქვეშა წყლების წყალშემცველი ჰორიზონტი;

2. ზედა მეოთხეულის ასაკის (QIII) ტერასულ ნალექებში ფორმირებული მიწისქვეშა წყლების წყალშემცველი ჰორიზონტი;

3. მიოცენური (N_1^1) ასაკის ნალექების _ (არგილიტების, ქვიშაქვების და არგილიტებისმაგვარი თიხების) მორიგეობაში ფორმირებული მიწისქვეშა წყლების წყალშემცველი ჰორიზონტი.

1. ჰოლოცენის ასაკის ჭალისზედა ტერასულ ნალექებში ფორმირებული გრუნტის წყლები საკვლევ ფართობზე, გახსნილი იქნა ობიექტზე გაჭრილი ყველა ჭაბურღილის მიერ. წყალშემცველი ნალექები წარმოდგენილია კენჭნარით, კაჭარის ჩანართებით (20-30%-მდე), ქვიშა-ხრემის შემავსებლით და თიხოვანი გრუნტის ცალკეული ლინზებით. აღნიშნული ნალექების სიმძლავრე 4-5.5 მ-მდეა. აღნიშნული გრუნტის

წყლების გამოვლინების დონე ვაკე რელიეფზე იცვლება -6.0მ-დან -2.6მ ფარგლებში, ხოლო ამავე ტერასის გაგრძელებაზე, სადაც ეს ნალექები გადაფარულია ფერდობული ნალექებით, ჭაბურღილებში წყალი გაიხსნა - 6.0მ-დან -11.4მ-მდე. ამავე ჭაბურღილებში წყლების დამყარებული დონეები -3.5მ-დან -6.2მ-ის ფარგლებშია.

ჭაბურღილიდან აღებული სინჯები შერჩევით გაგზავნილი იქნა ლაბორატორიაში საანალიზოდ. მიღებული შედეგების მიხედვით, აღნიშნულ ნალექებში გავრცელებული მიწისქვეშა წყლები ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-ნატრიუმია ან ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-ნატრიუმ-კალიუმია. საერთო მინერალიზაციით 0.7-1.1 გრ/ლ, საერთო სიხისტე იცვლება 3 მგრ/ექვ - 12 მგრ/ექვ-მდე, კარბონატული სიხისტე იცვლება 3.0 მგრ/ექვ _ 9.6 მგრ/ექვ-მდე, არაკარბონატული სიხისტე ანალიზებში არ ფიქსირდება, მჟავიანობა ნეიტრალურია (pH-7) ან ოდნავ გადახრილია ტუტიანობისაკენ (pH-7.2). ლაბორატორიული მონაცემებით წყალი დაბინძურებულია, თუმცა აღნიშნული გარემოება პირველ რიგში გამოწვეულია სამშენებლო მეოდნის ფარგლების ცალკეულ უბნებზე მძლავრი ტექნოგენური (ნაყარი) გრუნტის არსებობით, რომელიც წარმოდგენილია როგორც სამშენებლო, ასევე საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით. რაც შეეხება იმ უბნებს, სადაც აღნიშნული ტექნოგენური გრუნტი არა გვაქვს და შენარჩუნებულია ბუნებრივი პირობები, სულფატ-იონის მომატება განპირობებულია ტერიტორიის ამგები გრუნტებიდან თაბაშირის გამოტუტვით.

აღებული სინჯების მონაცემებით წყალი არ არის აგრესიული პორტლანდ ცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი არცერთი მარკის ბეტონის მიმართ, აგრეთვე წყალი არ არის აგრესიული არმატურის მიმართ, რკინა-ბეტონის კონსტრუქციების მუდმივი დაძირვის პირობებში. სუსტად აგრესიული _ პერიოდულად დასველების დროს.

2. ზედა მეოთხეულის ასაკის (QIII) ცოკოლურ-ტერასულ ნალექებში ფორმირებული მიწისქვეშა წყლების წყალშემცველი ჰორიზონტი

ხასიათდება მცირე სიმძლავრით (3-3.5). წყალშემცველად გვევლინება კენჭნარი კაქარის ჩანართებით და თიხების ლინზებით.

აღნიშნულ ნალექებში ფორმირებულ მიწისქვეშა წყლებზე შეიძლება ვიმსჯელოთ აღნიშნულ ნალექებში გაჭრილ ჭაბურღილებში მიღებული წყლებით და ამავე ნალექებში გამომავალი წყაროს დებიტით, რომელიც შეადგენს 0.15 ლ/წმ. წყარო დაღმავალია და გამოედინება ცოკოლური ტერასის ძირში. ტერასული ნალექების და მიოცენური ასაკის არგილიტების და ქვიშაქვების მორიგეობის კონტაქტში.

ლაბორატორიული მონაცემებით, წყალი ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმ-ნატრიუმიანია, საერთო მინერალიზაციით 0.5 გრ/ლ, საერთო სიხისტე შეადგენს 7.4 მგრ/ექვ –ს, კარბონატული სიხისტე შეადგენს 5.0 მგრ/ექვ-ს, არაკარბონატული სიხისტე შეადგენს 2.4მგრ/ექვ-ს, მჟავიანობა ნეიტრალურია (pH-7.0).

წყალი დაბინძურებული არ არის, გამოიყენებოდა სასმელად. ამჟამად წყარო მიტოვებულია და არ გამოიყენება.

ჭაბურღილებში წყალი გაიხსნა 11.0მ-ზე, დონე დამყარდა _4.1მ-ზე.

წყალი არ არის აგრესიული პორტლანდცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი არცერთი მარკის ბეტონის მიმართ. წყალი არ არის აგრესიული არმატურის მიმართ, რკინა-ბეტონის კონსტრუქციების წყალში მუდმივი დაძირვის პირობებში, სუსტად აგრესიული კონსტრუქციების პერიოდულად დასველების დროს.

3. მიოცენური ასაკის ნალექების – (არგილიტები, ქვიშაქვები და არგილიტისმაგვარი თიხები) მორიგეობაში ფორმირებული მიწისქვეშა წყლების წყალშემცველი ჰორიზონტი, გახსნილი იქნა საკვლევ ტერიტორიაზე გაჭრილი ყველა ჭაბურღილის მიერ. ამ ჭაბურღილებიდან და წყაროდან აღებული სინჯების ანალიზი გვამღევს ნათელ წარმოდგენას, აღნიშნულ ნალექებში გავრცელებული მიწისქვეშა წყლების შემადგენლობაზე, რადგან დანარჩენ ჭაბურღილებში ხდება ამ ნალექებში არსებული წყლების და მეოთხეული ასაკის ნალექებში ფორმირებული

წყლების შერევა-განზავება. ჩვენ მიოცენურ ნალექებს განვიხილავთ, როგორც ერთ წყალშემცველ ჰორიზონტს, თუმცა ამავე ნალექებში სხვადასხვა სიღრმეზე ჭაბურღილების მიერ გაჭრილ ქვიშაქვებთან აღნიშნება წყლის ნაკადის საგრძნობი მომატება. ამ წყალგამოვლინებების სიღრმე იცვლება -8.5მ-დან -13.5მ-მდე, ჭაბურღილების განლაგების ადგილის ჰიფსომეტრული მდებარეობის მიხედვით.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

1) ა) გრუნტის წყლები გამოვლინდა: -2.9მ-დან -11.4მ-მდე.

ბ) გრუნტის წყლების დამყარებული დონეები იცვლება: -2.2მ-დან -6.2მ-მდე.

გ) წყლების ქიმიური შემადგენლობა ჰოლოცენის (QIV) და ზედა მეოთხეულის (QIII) ნალექებში ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-ნატრიუმ-კალციუმია. საერთო მინერალიზაციით 0.5-1.1 გრ/ლ.

2) ა) წყალი გამოჩნდა -6.0.

ბ) წყლის დონე დამყარდა -0.5 მ-ზე.

გ) აღნიშნულ ნალექებში ფორმირებული მიწისქვეშა წყლები ქიმიური შემადგენლობით სულფატურ-კალციუმ-ნატრიუმია, სულფატურ-ქლორიდულ-ნატრიუმ-კალციუმია ან სულფატურ-კარბონატულ-კალციუმია, მინერალიზაცია იცვლება 1.1-1.6 გრ/ლ;

წყაროს წყლები საშუალოდ აგრესიულია Pპორტლანდცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი W4 მარკის ბეტონის მიმართ, სუსტად აგრესიულია ჭ6 მარკის ბეტონის მიმართ, არ არის აგრესიული W8 მარკის ბეტონის მიმართ. არ არის აგრესიული Pპორტლანდცემენტზე და წიდაპორტლანდცემენტზე და აგრეთვე სულფატომდეგ ცემენტზე დამზადებულ წყალშეუღწევადი W4, W6, W8 მარკის ბეტონის მიმართ. არ არის აგრესიული არმატურის მიმართ რკინა-ბეტონის კონსტრუქციების მუდმივი დაძირვის პირობებში, სუსტად აგრესიულია პერიოდული დასველების დროს.

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ:

– სამშენებლო მოედნის (ყველა უბანი) ფარგლებში გაყვანილ სამთო გამონამუშევრებში სხვადასხვა სიღრმეებიდან წყლის ინტენსიური შემოდინება ძლიერ გაართულებს მრავალსართულიანი ნაგებობების ქვეშ სხვადასხვა ტიპის კომუნიკაციების (სარდაფი, ავტოფარეხი და სხვა) მოწყობას;

– გრუნტის წყლების დამყარებული დონეების მაჩვენებლები, აღებულია საველე გეოლოგიური კვლევების ჩატარების პროცესში, სეზონში რომელიც გამოირჩევა გრუნტის წყლების დგომის ყველაზე დაბალი დონით და აქედან გამომდინარე მოსალოდნელია დონეების აწევა.

თავი III. გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა საველე წესით.

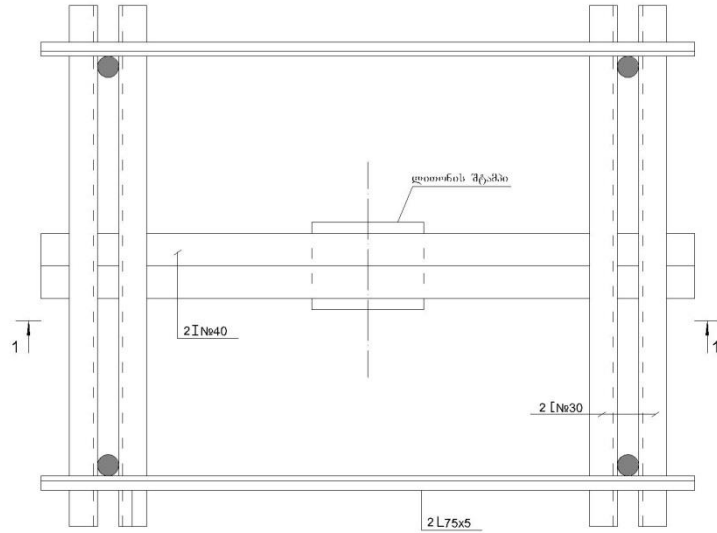
3.1. საველე ცდის ჩატარების მეთოდი და ანგარიში

როგორც ავლიშნეთ ლაბორატორიული ცდები გრუნტის დეფორმაციის მოდულის მნიშვნელობას ვერ ასახავენ სწორად. ამის დადასტურებისათვის ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა საველე ცდების ის მასალა, რომელიც საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდროლოგიისა და საინჟინრო-გეოლოგიის ინსტიტუტმა 2010 წელს ჩაატარა დიღმის ველზე პროფ. გ. ჭოხონელიძის ხელმძღვანელობით. ამისათვის საველე ცდების ჩატარებისათვის გაყვანილი იქნა 3 შურფი, სიღრმით 3მ. შურფებიდან საჭირო სიღრმეებზე აღებული იქნა ნიმუშები და ჩატარდა მათზე ლაბორატორიული ცდები ჩვენ მიერ რეკომენდირებული და სტანდარტული მეთოდებით.

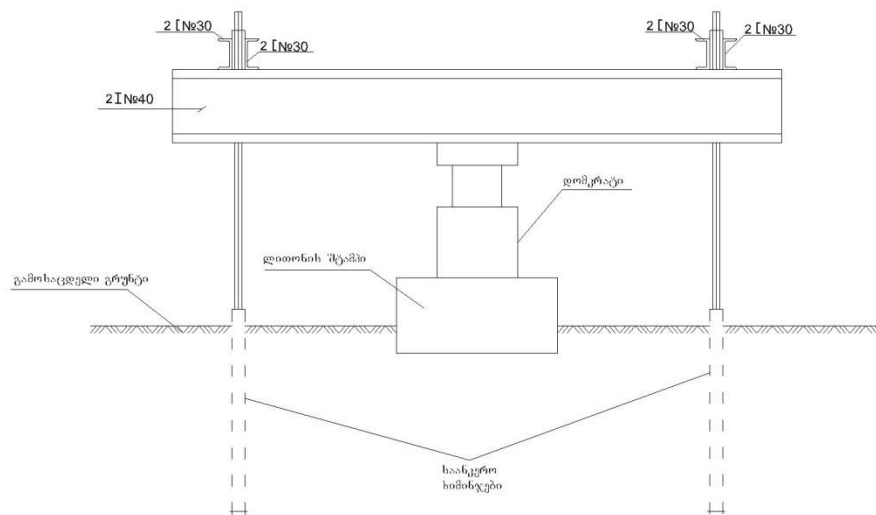
საველე ცდების მეთოდი მდგომარეობდა შემდეგში: მოედანზე შურფები გაყვანილი იქნა ისე, რომ გაშიშვლებულიყო საკვლევი გრუნტები. შურფების ზომა შეადგენდა გეგმაზე 1,2x1,2მ. გაშიშვლებულ გრუნტებს თავზე ეყრება ქვიშის ფენას 0,5 სმ სისქით და მცირედ იტკეპნება, რომ იგი შესულიყო გრუნტში. შემდეგ გრუნტზე თავსდება ლითონის შტამპი ფართით $F=5000$ სმ². შტამპის დიამეტრი შეადგენდა დაახლოებით 79,8 სმ-ს. ხოლო სისქე - 4 სმ. ნახ. №3.1-ზე მოცემულია ცდის ზოგადი სქემა. შტამპის თავზე ვათავსებდით ჰიდრავლიკურ დომკრატს, რომლის დგუშის ფართი შეადგენდა 62,2 სმ². დომკრატის თავი ედებოდა ლითონის ორტავრს ზომით - №30. დომკრატი, რომლის ერთი ბოლო შტამპზეა მოდებული, ხოლო მეორე ბოლო მჭიდროდ ეყრდნობა გრუნტს. ამრიგად ორტავრი იღებს დომკრატის მიერ განვითარებული წნევების რეაქციულ ძალებს. მათი მდგრადობისათვის შველერის ბოლოებში (შველერის სიგრძე შეადგენდა 1,5

მეტრს). ჩამაგრებული არის ლითონის ანკერული ხიმინჯები, რომლის სიგრძე შეადგენს 3მ, ისინი

გეგმა



ჭრილი 1-1



ნახაზი №3.1 გრუნტის საველე გამოცდის დანადგარის გეგმა და ჭრილი

ჩამაგრებულია გრუნტში. ანკერული ხიმინჯის ბოლოს აქვს ბურღის ფორმა, რომელიც როგორც ჩვეულებრივი ბურღი ტრიალით ჩადის მიწის სიღრმეში. ბურღილს თავში აქვს სპეციალური სახელურები, სადაც შეიძლება გაუყაროთ ლითონის ღერო მისი დატრიალებისათვის. ამრიგად ლითონის ორტავრი ხისტად არის ჩამაგრებული ისე, რომ მან მიიღოს დომკრატის მიერ გადმოცემული დატვირთვა ყოველგვარი ვერტიკალური დეფორმაციის გარეშე. იმ შემთხვევაში თუ მან განიცადა ვერტიკალური დეფორმაცია, მაშინ უნდა მივმართოთ უფრო გრძელ ლითონის ხიმინჯებს.

დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრისათვის დომკრატით ვანვითარებდით წნევას, რომელსაც ვზრდიდით საფეხუნებრივად 0,5კგ/სმ²-დან - 4,0 კგ/სმ²-მდე. შტამპის დეფორმაციის დაფიქსირებისათვის მასზე მაგრდება ჩალუნმზომები, რომელთა სიზუსტეც შეადგენდა 0,01 მმ. სულ მოწყობილი იქნა ოთხი ჩალუნმზომი. ანგარიშში შეგვქონდა მათი დეფორმაციის საშუალო მნიშვნელობა. ავლნიშნავთ, რომ აქ შტამპის აქტიური ზონის სიმძლავრე არ უნდა იყოს ნაკლები შტამპის დიამეტრის 1,5-ზე ნაკლები. შტამპის გარემო მოწყობილი იყო ისე, რომ დაცული იყო როგორც წვიმისგან ისე ქარისაგან. თითოეულ საფეხურზე დეფორმაციას დამთავრებულად ვთვლიდით თუ ჩალუნმზომის დეფორმაცია მიიღებდა მიღევად ხასიათს ან ჩალუნმზომი გადაადგილდება 0,1 მმ-ით ერთ საათში. ავლნიშნავთ, რომ პირველ საფეხურზე შტამპს ეძლეოდა ის დატვირთვა, რომელიც არსებობდა ბუნებრივ პირობებში. მას ვთვლიდით ნოლად და შემდეგ ხდებოდა დატვირთვის ანათვლები. დატვირთვის სიდიდეების მაჩვენებელი იყო მანომეტრი, რომელიც შეერთებული არის დატვირთვის განმახორციელებელ ხელსაწყოსთან (სადგურთან).

შტამპზე გადაცემული დატვირთვა განსაზღვრულია ფორმულით:

$$P_{\text{შტ}} = \frac{P_{\text{მან}} \cdot F_{\text{დკ}}}{F_{\text{შტ}}} \quad (3.1)$$

სადაც $P_{\text{შტ}}$ -შტამპზე გადაცემული დატვირთვაა, კგ/სმ²;

$P_{\text{მან}}$ -მანომეტრის ჩვენებაა, კგ/სმ²;

$F_{\text{დკ}}$ -დომკრატის დგუშის ფართობი, სმ²;

$F_{\text{შტამპის ფართი, სმ}^2}$.

ცდის შედეგად მიიღება სწორი ხაზი რომლის ნორმალური სახისათვის გრაფიკზე უნდა იყოს არა უმცირესი ოთხი წერტილის მაინც. ანათვალ მანომეტრზე იღებოდა ყოველ 15 წუთში.

დეფორმაციის მოდული გამოითვლება ფორმულით:

$$E = (1 - \mu^2)\omega d \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (3.2)$$

სადც

μ - პუასონის კოეფიციენტი. ჩვენი შემთხვევისათვის $\mu = 0.37$

ω - კოეფიციენტი, განზომილება არა აქვს, $\omega = 0.8$

d - შტამპის დიამეტრი, სმ;

ΔP - შტამპზე წნევის ნაზრდია, კგ/სმ²;

ΔS - შტამპის დეფორმაციის სიდიდეა, სმ.

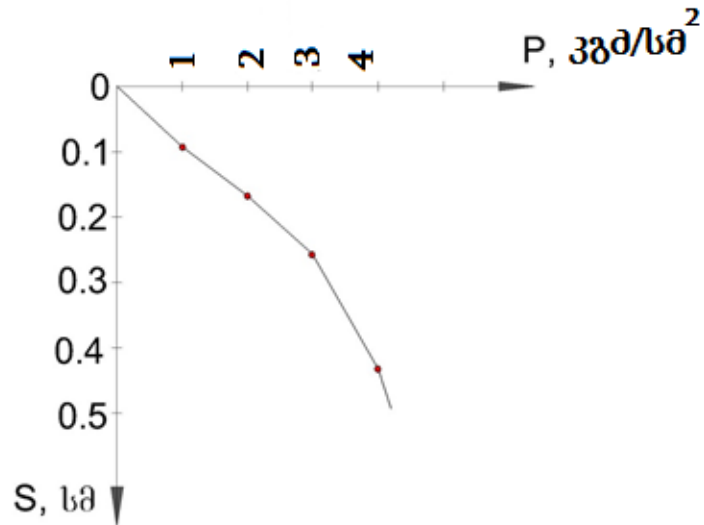
ცალკეული დეფორმაციები რომელიც მივღებულ იქნა შტამპზე დატვირთვის შედეგად იკრიბება და საბოლოოდ მიღება შტამპის დაჯდომის (დეფორმაციის) სიდიდე მოცემული დატვირთვებისათვის. ჩატარებული იქნა სამი სავლე. ცდა შედეგები მოცემულია ცხრილის და გრაფიკის სახით. გრაფიკს აქვს შედეგები სახე

$$S = f(P).$$

ცხრილი №3.1

ვერტიკალური დატვირთვა		P	კგ/სმ ²	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
საბოლოო ჯედენა		S	სმ	0	0,1	0,17	0,26	0,43
დეფორმაციის მოდული	საველე	E	კგ/სმ ²	0	71,25	62,87	54,81	41,42

გრაფიკი №3.1



ქვემოთ მოყვანილია ჩატარებული სამი ცდის შედეგები საერთო ცხრილის სახით.

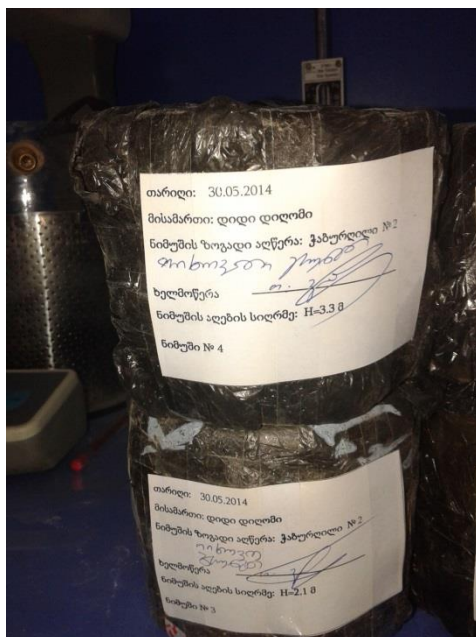
ცხრილი №3.2

ცდა №1	P	კგ/სმ ²	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
	S	სმ	0	0,1	0,17	0,26	0,43
	E	კგ/სმ ²	0	71,25	62,87	54,81	41,42
ცდა №2	P	კგ/სმ ²	0.5	1000	1500	2000	2500
	S	სმ	0	0,11	0,16	0,26	0,45
	E	კგ/სმ ²	0	71,47	62,16	54,81	40,89
ცდა №3	P	კგ/სმ ²	0.5	1000	1500	2000	2500
	S	სმ	0	0,11	0,17	0,25	0,42
	E	კგ/სმ ²	0	71,47	62,87	55,18	41,25

თავი IV. გრუნტის დეფორმაციის მოდულის ლაბორატორიული წესით განსაზღვრა

4.1. გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა ლაბორატორიული (კომპრესია) წესით

როგორც ზევით ავღნიშნეთ საკვლევი განთავსებულია დიდი დილმის ტერიტორიაზე. თავდაპირველად მოხდა საკვლევი ტერიტორიის დათვალიერება და ცდების მოედნების მომზადება, რის შემდეგაც მოხდა ჭაბურღილების გაყვანა. გაყვანილი იქნა 6 ჭაბურღილი (ჭ. №1; ჭ. №2; ჭ. №3; ჭ. №4; ჭ. №5; ჭ. №6) აღებული ნიმუშები (სურ. №4.1; №4.2) ტრანსპორტირებულ იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სასწავლო, სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორიაში.



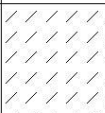
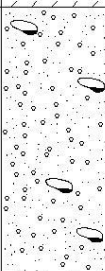

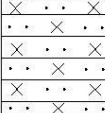
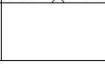
სურათი 4.1



სურათი 4.2

ბურღვის მეთოდი: სვეტური შემსრულებელი: გარემოს გროვრული სააგენტო საბურღი დანადგარი: YPB-2-A-2						ჭაბურღილის სიღრმე (მ): 18,0				ჭაბურღილი № 1		
						ჭაბურღილის დიამეტრი (მმ): 127				X - 481850 Y - 4627900 აბსოლუტური ნიშნული (მ): 419,4		
სიღრმე (მ)	შრის რეჟიმი ნომერი	შრის სიღრმე		შრის სიძლიერე	სიღრმის ნაშენი ნიშნული, მ	ნამუშა			გეოლოგიური ინდექსი	სფი. №	დათარიღებული სვეტი	
		დავ	მდე			ნამუშის აღების ინტერვალი (მ)	ნამუშის ტიპი	ნამუშის ნომერი				
1												
0.0												
1.0	1	0,8	1,9	1,1	417,5	1,5-1,7	მონ.	13/1	aQ	+	III	ჭიშკარი მიყვითალო ნაცრისფერი, სხვისი ჩანარებით
2.0												
3.0	2	1,9	5,7	3,8	413,7				aQ	+	IV	კვარციანი სხვადასხვა ფრაქციის (ქარბონის საშუალო და მსხვილი ფრაქცია) კვარცი 10%, რუხი ქვიშის შემცველი (20%-მდე), ცენოზი
4.0												
5.0												
6.0												
7.0												
8.0												
9.0												
10.0						6,8-7,2	მონოლითი	13/2				თიხარი რუხი-მიყვითალო, მკვრივი, სუსტად ცენოზი
11.0												
12.0												
13.0												
14.0												
15.0												
16.0												
17.0												
18.0	3	5,7	18,0	12,3	401,4	12,5-12,7	მონოლითი	13/3	N1	+	V	

ნახაზი №4.1 ჭაბურღილი №1

ბურღვის მეთოდი: სვეტური შემსრულებელი: გარემოს ეროვნული სააგენტო საბურღი დანადგარი: YPB-2-A-2						ჭაბურღილის სიღრმე (მ): 14,0			ჭაბურღილი № 2			
						ჭაბურღილის დიამეტრი (მმ): 127			X - 482000 Y - 4628600 აბსოლუტური ნიშნული (მ): 420,6			
სიღრმე (მ)	შრის რიგითი ნომერი	შრის სიღრმე		შრის სიმაღლე	საგურბის ნიშნული, მ	ნომერი			გეოლოგიური ინდექსი	სტრ. №	ლითოლოგიური სტრუქტურა	გარემოს ადწერა
		დან	მდე			ნომერის ადრის ინდექსი (მ)	ნომერის ტიპი	ნომერის ნომერი				
1												
0.0												
1.0												
2.0	1	1,2	2,0	0,8	418,6				aQ _w	III		ქვიშარი და ნაცრისფერი, სუსტად ტენიანი
3.0												ქვიშარი საშუალო ფრაქციის (ჭარბის საშუალო მარცვლოვანი) კაჭართი 10%-მდე, რუსი ქვიშის შემცველი (20%-მდე), ტენიანი
4.0												
5.0												
6.0												
7.0	2	2,0	6,8	4,8	413,8				dQ _w	IV		თხიანი და ქვისფერი, წვრილი კენჭების წანაროებით
8.0												
9.0												
10.0												
11.0												
12.0	3	6,8	12,0	5,2	408,6	11,3-11,5	მონოლითი	I/1	N ₁ ¹	V		ქვიშაქვი სქელზრკებრივი, საშუალო სიმტკიცის, რუსი
13.0												
14.0	4	12,0	14,0	2,0	406,6	12,8-13,0	მონოლითი	I/2	N ₁ ¹	VI		
15.0												

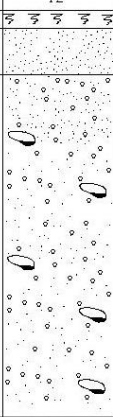
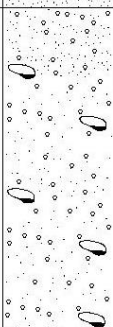
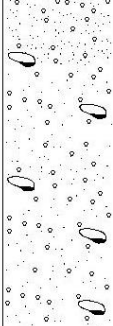
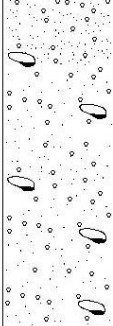
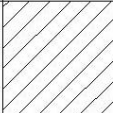
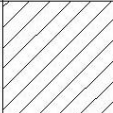
ნახაზი №4.2 ჭაბურღილი №2

ბურღვის მეთოდი: სვეტური						ჭაბურღილის სიღრმე (მ): 150					ჭაბურღილი № 3	
შემსრულებელი: ვარძიასი ვროუნული სააგენტო						ჭაბურღილის დიამეტრი (მმ): 127					X - 481875 Y - 4628368 აბსოლუტური ნიშნული (მ): 420,0	
საბურღი დანადგარი: UPB-2-A-2												
სიღრმე (მ)	შრის რაჯიანი ნიშნები	შრის სიღრმე		შრის სიხშილეზე	საჯების ნიშნული, მ	ნიშნები			გეოლოგიური ინდექსი	საჯი №	დოკუმენტაციური სვეტი	გარეგნული აღწერა
		ღან	მდე			ნიშნების აღწერის ინტერვალი (მ)	ნიშნების ტიპი	ნიშნების ნიშნები				
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.0												
1.0	1	0,8	1,7	0,9	418,3				აღ	IV		ქვიშნარი რუხი-შოკისფრო, ხუნჯის ჩანარებით
2.0												
3.0												
4.0												
5.0												
6.0	2	1,7	6,4	4,7	413,6				ბღ	IV		ქვიშნარი სხვადასხვა ფრაქციის (ქარბოსი საშუალო და მსხვილი ფრაქცია) კაჟარით 10%, ქვიშის შემაკვებლით (20%-მდე), ტენიანი
7.0												
8.0						8,0-8,3	მონოლით	3,1				
9.0												
10.0												
11.0												
12.0												
13.0												
14.0						13,8-14,1	მონოლით	3,2				
15.0	3	6,4	15,0	8,6	405,0				N	V		თისნარი რუხი-შოკისფრო, ტენიანი

ნახაზი №4.3 ჭაბურღილი №3

ბურღვის მეთოდი: სვეტური						ჭაბურღილის სიღრმე (მ): 14.0				ჭაბურღილი № 4		
შემსრულებელი: გარემოს ეროვნული სააგენტო						ჭაბურღილის დიამეტრი (მმ): 127				X - 482000 Y - 4628600 აბსოლუტური ნიშნული (მ): 420,6		
საბურღი დანადგარი: YPB-2-A-2												
სიღრმე (მ)	შრის რაიონი ნომერი	შრის სიღრმე		შრის სიხშირე	საგების ნიშნული, მ	ნომერი			გეოლოგიური ინდექსი	სკმ. №	ლითოლოგიური სვეტი	გარემოს აღწერა
		დან	მდე			ნომრის აღების ინტერვალი (მ)	ნომრის ტიპი	ნომრის ნომერი				
1												
0.0												
1.0												
2.0	1	1,2	2,0	0,8	418,6				აღ	III		ქვიშნარი ღია ნაცრისფერი, სუსტად ტენიანი
3.0												ქვიშნარი საშუალო ფრაქციის (კარბონის საშუალო მარცვლოვანი) კვარცი 10%-მდე, რუხი ქვიშის შემცველებლი (20%-მდე), ტენიანი
4.0												
5.0												
6.0	2	2,0	6,8	4,8	413,8				ძღ	IV		
7.0												
8.0												თისნარი ღია კაისფერი, წვრილი კენკების ჩანარებით
9.0												
10.0												
11.0												
12.0	3	6,8	12,0	5,2	408,6	113-115	მინოლითი	I1	N	V		
13.0												ქვიშნარი სქელ შრეებრივი, საშუალო სიმტკიცის, რუხი
14.0	4	12,0	14,0	2,0	406,6	12,8-13,0	მინოლითი	I2	N	VI		
15.0												

ნახაზი №4.4 ჭაბურღილი №4

ბურღვის მეთოდი: სვეტური შემსრულებელი: გარემოს ეროვნული სააგენტო სიბურღი დანიშნულება: ყრბ-IBC						ჭაბურღილის სიღრმე (მ): 9,0			ჭაბურღილი № 5			
						ჭაბურღილის დიამეტრი (მმ): 127			X - 481980 Y - 4629080 აბსოლუტური ნიშნული (მ): 422,8			
სიღრმე (მ)	შრის რეჟიმი ნიმუში	შრის სიღრმე		შრის სისივლიერე	საჯვრის ნიშნული, მ	ნიმუში			გაოქსიდებული იმპულსი	სეპი №	დოზირებული სეპი	გარემოს აღწერა
		დან	მდე			ნიმუშის აღების ინტერვალი (მ)	ნიმუშის ტიპი	ნიმუშის ნიმუში				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.0	1	0.0	0.3	0.3	422.5							რელიეფის ვერტიკალიზაცია
1.0	2	0.7	1.1	0.4	421.7				aQ _{IV}	VI		ქვიშის საშუალო მარცვლიანი, სუქი ტენიანი
2.0												ქვიშის საშუალო მარცვლიანი, სუქი ტენიანი
3.0												
4.0												
5.0												
6.0												
7.0	3	1.1	7.0	5.8	415.8				aQ _{IV}	VII		ქვიშის საშუალო მარცვლიანი, სუქი ტენიანი
8.0												თხევანი მარცვლიანი, სუქი ტენიანი
9.0	4	7.0	9.0	2.0	413.8				dQ _{IV} ¹	II		თხევანი მარცვლიანი, სუქი ტენიანი
10.0												
11.0												
12.0												
13.0												
14.0												
15.0												

ნახაზი №4.5 ჭაბურღილი №5

ბურღვის მეთოდი: სექტური						ჭაბურღილის სიღრმე (მ): 10,0				ჭაბურღილი № 6		
შემსრულებელი: გარემოს ეროვნული სააგენტო						ჭაბურღილის დიამეტრი (მმ): 127				X - 481851 Y - 4629277 აბსოლუტური ნიშნული (მ): 423,0		
საბურღი დანადგარი: ყრბ-IBC												
სიღრმე (მ)	შრის რუკითი ნომერი	შრის სიღრმე		შრის სიმსლავლე	საგების ნიშნული, მ	ნიმუში			გეოლოგიური ინდექსი	სტრ. N	გლითოლოგიური სტრუქტურა	გარემოს აღწერა
		ღარი	ჩაქე			ნიმუშის აღების ინტერვალი (მ)	ნიმუშის ტიპი	ნიმუშის ნომერი				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.0	1	0,0	0,2	0,2	422,8							ნაღვლის ფენა
1.0												ქვიშა საშუალომარცვლიანი, სუსტად ტენიანი
2.0	2	0,2	2,7	2,5	420,3	1,3-1,8	ნაშ.	5/1	aQ _w	VI		ქვზნარი სხვადასხვა ფრაქციის (ჭარბობს მსხვილი და საშუალო ფრაქცია), კაჭარით 30%-მდე, ქვიშის შემავსებლით (20%-მდე)
3.0												
4.0												
5.0	3	2,7	5,6	2,9	417,4				aQ _v	VII		
6.0												
7.0												
8.0												
9.0												
10.0	4	5,6	10,0	4,4	413,0	8,4-8,6	მონოლითი	5/2	dQ _w	II		თიხნარი, რუხი-მოყვითალო, მკერვივი, მცირედ ტენიანი
11.0												
12.0												
13.0												
14.0												
15.0												

ნახაზი №4.6 ჭაბურღილი №6

მოცემული ექვსი ჭაბურღილიდან აღებული იქნა 4 საკვლევი ნიმუში. თავდაპირველად განვსაზღვრეთ საკვლევი გრუნტის ფიზიკური მახასიათებლების სრული კომპლექსი (ტენიანობა, პლასტიკურობის რიცხვი, ტენიანობის ხარისხი და სხვა).

ცხრილი №4.1

ტენიანობის განსაზღვრა

ადგილმდებარეობა: <i>ქ. თბილისი, დიდი დიღომი</i>	ჭაბურღილი №	1
გრუნტის აღწერა: <i>თიხნარი</i>	ნიმუში №	1
	სიღრმე, მ	3,9-4,6
გამოცდის მეთოდი: <i>ГОСТ 5180-84. Раздел 2</i>	თარიღი	

ნიმუშის №		1-1	1-2				
ბიუქსი №		353	432				
ტენიანი გრუნტის წონა + ბიუქსი (m ₂)	გ	115.34	119.64				
მშრალი გრუნტის წონა + ბიუქსი (m ₃)	გ	114.64	118.90				
ბიუქსის წონა (m ₁)	გ	22.96	21.56				
ტენის წონა (m ₂ - m ₃)	გ	0.70	0.74				
მშრალი გრუნტის წონა (m ₃ - m ₁)	გ	91.68	97.34				
ტენიანობა $W = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \right) \cdot 100 \%$	%	0.76	0.76				
საშუალო მნიშვნელობა W	%	0.76					
საშუალო დენადობის ზღვარი W _p	%	36.63	36.68				
საშუალო პლასტიკურობის ზღვარი W _L	%	20.37	21.63				
პლასტიკურობის რიცხვი I _p		16.26	15.05				

ცხრილი №4.2

№	ფიზიკური მახასიათებლები	განზომილება	ანათვალი
1	საშ. ბუნებრივი სიმკვრივე, ρ	გრ/სმ ³	1,92
2	საშ. გრუნტის ნაწილაკების სიმკვრივე, ρ _s	გრ/სმ ³	2,68
3	საშ. ფორიანობის კოეფიციენტი, e	-	0,76
4	საშ. დენადობის მაჩვენებელი, I _L	-	0,145
5	ტენიანობის ხარისხი, S _r	-	0,79
6	საანგარიშო წინაღობა, R ₀	კგმ/სმ ²	2,5

ცხრილი №4.3

ტენიანობის განსაზღვრა

ადგილმდებარეობა: <i>ქ. თბილისი, დიდი დილომი</i>	კაბურღილი №	3
გრუნტის აღწერა: <i>თიხნარი</i>	ნიმუში №	1
	სიღრმე, მ	4,7-8,6
გამოცდის მეთოდი: <i>ГОСТ 5180-84. Раздел 2</i>	თარიღი	

ნიმუშის №		3-1	3-2				
ბიუჯსი №		570	315				
ტენიანი გრუნტის წონა + ბიუჯსი (m ₂)	გ	132.23	93.34				
მშრალი გრუნტის წონა+ ბიუჯსი (m ₃)	გ	126.37	89.58				
ბიუჯსის წონა (m ₁)	გ	21.86	22.88				
ტენის წონა (m ₂ - m ₃)	გ	5.87	3.76				
მშრალი გრუნტის წონა (m ₃ - m ₁)	გ	104.51	66.70				
ტენიანობა $W = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \right) \cdot 100$ %		5.62	5.64				
საშუალო მნიშვნელობა W	%	5.63					
საშუალო დენადობის ზღვარი W _p	%	36.68	36.71				
საშუალო პლასტიკურობის ზღვარი W _L	%	21.39	20.23				
პლასტიკურობის რიცხვი I _p		15,29	16,48				

ცხრილი №4.4

№	ფიზიკური მახასიათებლები	განზომილება	ანათვალი
1	საშ. ბუნებრივი სიმკვრივე, ρ	გრ/სმ ³	1,96
2	საშ. გრუნტის ნაწილაკების სიმკვრივე, ρ _s	გრ/სმ ³	2,71
3	საშ. ფორიანობის კოეფიციენტი, e	-	0,79
4	საშ. დენადობის მაჩვენებელი, I _L	-	0,075
5	ტენიანობის ხარისხი, S _r	-	0,78
6	საანგარიშო წინაღობა, R ₀	კგმ/სმ ²	2,5

ცხრილი №4.5

ტენიანობის განსაზღვრა

ადგილმდებარეობა: <i>ქ. თბილისი, დიდი დილომი</i>	კაბურღილი №	4
გრუნტის აღწერა: <i>თიხნარი</i>	ნიმუში №	1
	სიღრმე, მ	4,8-5,2
გამოცდის მეთოდი: <i>ГОСТ 5180-84. Раздел 2</i>	თარიღი	

ნიმუშის №		4-1	4-2				
ბიუჯის №		597	709				
ტენიანი გრუნტის წონა + ბიუჯი (m ₂)	გ	141.18	86.05				
მშრალი გრუნტის წონა + ბიუჯი (m ₃)	გ	135.82	83.14				
ბიუჯის წონა (m ₁)	გ	23.78	20.57				
ტენის წონა (m ₂ - m ₃)	გ	5.37	2.91				
მშრალი გრუნტის წონა (m ₃ - m ₁)	გ	112.04	62.57				
ტენიანობა $W = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \right) \cdot 100$ %		4.79	4.65				
საშუალო მნიშვნელობა W	%	4.72					
საშუალო დენადობის ზღვარი W _p	%	35.88	36.41				
საშუალო პლასტიკურობის ზღვარი W _L	%	20.39	21.23				
პლასტიკურობის რიცხვი I _p		15,49	14,38				

ცხრილი №4.6

№	ფიზიკური მახასიათებლები	განზომილება	ანათვალი
1	საშ. ბუნებრივი სიმკვრივე, ρ	გრ/სმ ³	1,96
2	საშ. გრუნტის ნაწილაკების სიმკვრივე, ρ _s	გრ/სმ ³	2,69
3	საშ. ფორიანობის კოეფიციენტი, e	-	0,81
4	საშ. დენადობის მაჩვენებელი, I _L	-	-2,1
5	ტენიანობის ხარისხი, S _r	-	0,16
6	საანგარიშო წინაღობა, R ₀	კგძ/სმ ²	2,5

ცხრილი №4.7

ტენიანობის განსაზღვრა

ადგილმდებარეობა: <i>ქ. თბილისი, დიდი დილომი</i>	კაბურღილი №	6
გრუნტის აღწერა: <i>თიხნარი</i>	ნიმუში №	1
	სიღრმე, მ	2,9-4,4
გამოცდის მეთოდი: <i>ГОСТ 5180-84. Раздел 2</i>	თარიღი	

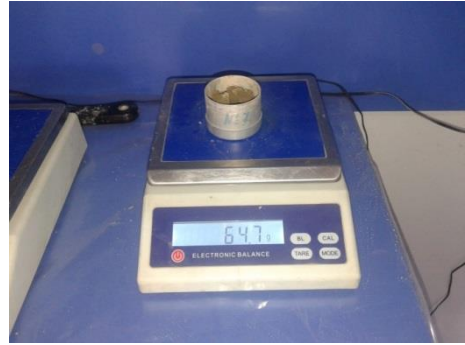
ნიმუშის №	6-1	6-2				
ბიუჯის №	754	987				
ტენიანი გრუნტის წონა + ბიუჯი (m ₂) გ	88.71	130.80				
მშრალი გრუნტის წონა+ ბიუჯი (m ₃) გ	85.95	126.46				
ბიუჯის წონა (m ₁) გ	20.50	22.71				
ტენის წონა (m ₂ - m ₃) გ	2.76	4.34				
მშრალი გრუნტის წონა (m ₃ - m ₁) გ	65.46	103.76				
ტენიანობა $W = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \right) \cdot 100 \%$	4.22	4.18				
საშუალო მნიშვნელობა W %	4.20					
საშუალო დენადობის ზღვარი W _p %	37.18	36.81				
საშუალო პლასტიკურობის ზღვარი W _L %	21.49	22.11				
პლასტიკურობის რიცხვი I _p	15,69	14,7				

ცხრილი №4.8

№	ფიზიკური მახასიათებლები	განზომილება	ანათვალი
1	საშ. ბუნებრივი სიმკვრივე, ρ	გრ/სმ ³	1,97
2	საშ. გრუნტის ნაწილაკების სიმკვრივე, ρ _s	გრ/სმ ³	2,67
3	საშ. ფორიანობის კოეფიციენტი, e	-	0,76
4	საშ. დენადობის მაჩვენებელი, I _L	-	2,16
5	ტენიანობის ხარისხი, S _r	-	0,15
6	საანგარიშო წინაღობა, R ₀	კგძ/სმ ²	2,5



სურათი №4.3 მონოლითი



სურათი №4.4 ბუნებრივი ტენიანობა



სურათი №4.5 გრუნტის გაფხვიერება



სურათი №4.6 ცომის მომზადება



სურათი №4.7 დენადობის ზღვარი ზღვარზე



სურათი №4.8 პლასტიკურობის



სურათი №4.9 გამომშრობის პროცესი



სურათი №4.10 საშრობი კარადა

ცხრილში მოცემული საშუალო მნიშვნელობების მიხედვით, გამოკვლეული გრუნტი დენადობის მაჩვენებლის (I_L) მიხედვით აარის თიხნარი $7 \leq I_p \leq 17$, რადგან ექცევა ამ ზღვრებში. ტენიანობის ხარისხის მიხედვით ტენიანია ($0.5 < S_r \leq 0.8$).

ჩატარებული სამუშაოების მიხედვით თიხოვანი გრუნტისათვის მიღებულია ძვრის შემდეგი მნიშვნელობები:

ხვედრითი შეჭიდულობა $c=50-62$ კპა ($0,5-0,62$ კმპ/სმ²);

შინაგანი ხახუნის კუთხე $\varphi=18-22^\circ$.

აგრეთვე განსაზღვრული იქნა წყლის ქიმიური ანალიზი, pH-ის განსაზღვრისათვის ფამოვიყენეთ HANNA-ს ფირმის ხელსაწყო.



სურათი №4.11 pH-ის განსაზღვრა

შედეგები ქვემოთ არის მოყვანილი ცხრილების სახით.

წყლის ქიმიური და სანიტარული ანალიზი

ობიექტი დიდი დილომი.

ადების ადგილი ჭაბურღილი №1 $K_f < 0.1$

ანიონები	შემცველობა 1 ლიტრში			სიხისტე გრადუსებში – მგ.ექვ/ლ საერთო 33.6 კარბონატული 6.8 არაკარბონატული – 26.8 PH ----- 7.0 სანიტარული ანალიზი
	მგ.	მგ.ექვ.	მგ.ექვ.%	
Cl ⁻	30	0.84	2.0	გამჭირვალე ფერი--უფერო სუნი ბალებში -უსუნო ნალექი არა NH ₄ ⁺ -- არა NO ₂ ⁻ --- არა NO ₃ ⁻ - - არა ჟანგვადობა O ₂ CO ₂ მგ/ლ - 30.8 მგ/ლ CO ₂ აგრესიული ---არა
SO ₄ ²⁻	1694	35.3	82.2	
HCO ₃ ⁻	415	6.8	15.8	
CO ₃ ²⁻	-	-	-	
NO ₂ ⁻	K-	-	-	
NO ₃ ⁻	-	-	-	
ჯამი	2139	42.94	100	
კათიონები	შემცველობა 1 ლიტრში			
	მგ.	მგ.ექვ.	მგ.ექვ.%	
Na ⁺ +k ⁺	214	9.34	21.8	
Ca ⁺⁺	393	19.6	45.6	
Mg ⁺⁺	170	14.0	32.6	
NH ₄ ⁺	-	-	-	
ჯამი	777	42.94	100	
საერთო მინერალიზაცია, მგ/ლ 2708				
მშრალი ნაშთი გამომშრალი 2776				
ქიმიური შედგენილობა კურლოვის ფორმულის მიხედვით: $M_{2.7} \frac{SO_4^{2-} 82 HCO_3^- 16}{Ca^{++} 46 Mg^{++} 32 Na^+ + k^+ 22}$				

დასკვნა: წყალი საშუალოდ აგრესიულია სახ.სტანდარტის 10178-76 პორტლანტცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი W4 მარკის ბეტონის მიმართ, სუსტად აგრესიულია W6 მარკის ბეტონის მიმართ, არ არის აგრესიული W8 მარკის ბეტონის მიმართ.

არ არის აგრესიული პორტლანდცემენტის სახ. სტანდარტი 10178-76 კლინკერში ჩანართებით C₃S არაუმეტეს 65%; C₃A არაუმეტეს 7%; C₃A+C₄AF არაუმეტეს 22%; წიდაპორტლანდცემენტზე და აგრეთვე სულფატომდეგი სახ.სტანდარტი 22266-76 ცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი W4, W6, W8 მარკის ბეტონების მიმართ არ არის

აგრესიული არმატურის მიმართ რკინა-ბეტონის კონსტრუქციების მუდმივი დაძირვის პირობებში, სუსტად აგრესიულია პერიოდული დასველების დროს.

ცხრილი №4.10

წყლის ქიმიური და სანიტარული ანალიზი

ობიექტი დიდი დილომი.

აღების ადგილი ჭაბურღილი №3 $K_f < 0.1$

ანიონები	შემცველობა 1 ლიტრში			სიხისტე
	მგ.	მგ.ექვ.	მგ.ექვ.%	
Cl ⁻	33	0.93	3.8	გრადუსებში – მგ.ექვ./ლ
SO ₄ ²⁻	845	17.6	72.3	საერთო 21.6
HCO ₃ ⁻	354	5.8	23.9	კარბონატული 5.8
CO ₃ ²⁻	-	-	-	არაკარბონატული – 15.8
NO ₂ ⁻	K-	-	-	pH ----- 7.0
NO ₃ ⁻	-	-	-	სანიტარული ანალიზი
ჯამი	1232	24.33	100	გამჭვირვალება ---
კათიონები	შემცველობა 1 ლიტრში			გამჭვირვალე
	მგ.	მგ.ექვ.	მგ.ექვ.%	
Na ⁺ +k ⁺	63	2.73	11.2	ფერი ---უფერო
Ca ⁺⁺	313	15.6	64.1	სუნი ბალებში---უსუნო
Mg ⁺⁺	73	6.0	24.7	ნალექი არა
NH ₄ ⁺	-	-	-	NH ₄ ⁺ -- არა
ჯამი	449	24.33	100	NO ₂ ⁻ --- არა
საერთო მინერალიზაცია, მგ/ლ	1504			NO ₃ ⁻ --- არა
მშრალი ნაშთი გამომშრალი	1575			ქანგვალობა O ₂
ქიმიური შედგენილობა კურლოვის ფორმულის მიხედვით:	$M_{1.5} SO_4^{2-} 72 HCO_3^- 24$ $Ca^{++} 64 Mg^{++} 25 Na^+ + k^+ 11$			CO ₂ მგ/ლ - 35.6 მგ/ლ
				CO ₂ აგრესიული ---არა

დასკვნა: წყალი სუსტად აგრესიულია სახ.სტანდარტის 10178- 76 პორტლანტცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი W4 და W6 მარკის ბეტონების მიმართ, არ არის აგრესიული W8 მარკის ბეტონის მიმართ.

არ არის აგრესიული პორტლანდცემენტის სახ.სტანდარტი 10178-76 კლინკერში ჩანართებით C₃S არაუმეტეს 65%; C₃A არაუმეტეს 7%; C₃A+

C₄AF არაუმეტეს 22%; წიდაპორტლანდცემენტზე და აგრეთვე სულფატომედეგი სახ.სტანდარტი 22266-76 ცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი W4, W6, W8 მარკის ბეტონების მიმართ

არ არის აგრესიული არმატურის მიმართ რკინა-ბეტონის კონსტრუქციების წყალში მუდმივი დაძირვის პირობებში, სუსტად აგრესიულია პერიოდული დასველების დროს.

ცხრილი №4.11

წყლის ქიმიური და სანიტარული ანალიზი

ობიექტი დიდი დილომი.

აღების ადგილი ჭაბურღილი №4

K_r<0.1

ანიონები	შემცველობა 1 ლიტრში		
	მგ.	მგ.ექვ.	მგ.ექვ.%
Cl ⁻	212	5.98	17.4
SO ₄ ²⁻	1075	22.4	65.1
HCO ₃ ⁻	366	6.0	17.5
CO ₃ ²⁻	-	-	-
NO ₂ ⁻	K-	-	-
NO ₃ ⁻	-	-	-
ჯამი	1653	34.38	100
კათიონები	შემცველობა 1 ლიტრში		
	მგ.	მგ.ექვ.	მგ.ექვ.%
Na ⁺ +k ⁺	473	20.56	59.8
Ca ⁺⁺	152	7.6	22.1
Mg ⁺⁺	73	6.0	17.5
NH ₄ ⁺	4	0.22	0.6
ჯამი	702	34.38	100
საერთო მინერალიზაცია, მგ/ლ		2172	
მშრალი ნაშთი გამომშრალი		2205	
ქიმიური შედგენილობა კურლოვის ფორმულის მიხედვით:			
$M_{2,2} \frac{SO_4^{2-} 65 HCO_3^- 18 Cl^- 17}{Na^+ + k^+ 60 Ca^{++} 22 Mg^{++} 18}$			

სიხისტე
 გრადუსებში – მგ.ექვ./ლ
 საერთო 13.6
 კარბონატული 6.0
 არაკარბონატული – 7.6
 pH ----- 7.0
 სანიტარული ანალიზი
 გამჭვირვალება ---
 გამჭვირვალე
 ფერი ---უფერო
 სუნი ბალებში---უსუნო
 ნალექი არა
 NH₄⁺ --4.0 მგ/ლ
 NO₂⁻ --- არა
 NO₃⁻ --- არა
 ჟანგვადობა O₂
 CO₂ მგ/ლ - 35.6 მგ/ლ
 CO₂ აგრესიული ---არა

დასკვნა: წყალი სუსტად აგრესიულია სახ.სტანდარტის 10178-76 პორტლანტცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი W4 და W6 მარკის ბეტონების მიმართ, არ არის აგრესიული W8 მარკის ბეტონის მიმართ.

არ არის აგრესიული პორტლანდცემენტის სახ.სტანდარტი 10178-76 კლინკერში ჩანართებით C₃S არაუმეტეს 65%; C₃A არაუმეტეს 7%; C₃A+C₄AF არაუმეტეს 22%; წიდაპორტლანდცემენტზე და აგრეთვე სულფატომედეგი სახ.სტანდარტი 22266-76 ცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი W4, W6, W8 მარკის ბეტონების მიმართ

არ არის აგრესიული არმატურის მიმართ რკინა-ბეტონის კონსტრუქციების წყალში მუდმივი დაძირვის პირობებში, სუსტად აგრესიულია პერიოდული დასველების დროს. წყალი სანიტარულად დაბინძურებულია.

ცხრილი №4.12

წყლის ქიმიური და სანიტარული ანალიზი

ობიექტი დიდი დილომი.

აღების ადგილი ჭაბურღილი №6

K_r<0.1

ანოინები	შემცველობა 1 ლიტრში		
	მგ.	მგ.ექვ.	მგ.ექვ.%
Cl ⁻	33	0.93	3.1
SO ₄ ^{''}	1104	23.0	76.8
HCO ₃ [']	366	6.0	20.1
CO ₃ ^{''}	-	-	-
NO ₂ [']	K-	-	-
NO ₃ [']	-	-	-
ჯამი	1503	29.93	100
კათიონები	შემცველობა 1 ლიტრში		
	მგ.	მგ.ექვ.	მგ.ექვ.%
Na ⁺ +k ⁺	113	4.93	16.5
Ca ⁺⁺	281	14.0	46.8
Mg ⁺⁺	134	11.0	36.7
NH ₄ ⁺	-	-	-
ჯამი	528	29.93	100
საერთო მინერალიზაცია, მგ/ლ	1848		
მშრალი ნაშთი გამომშრალი	1892		
ქიმიური შემადგენლობა კურღოვის ფორმულის მიხედვით:	$M_{1.8} \frac{SO_4''77 HCO_3'20}{Ca^{++}47 Mg^{++}37Na^++k^+16}$		

სიხისტე
გრადუსებში - მგ.ექვ/ლ
საერთო 25.0
კარბონატული 6.0
არაკარბონატული -19.0
pH ----- 7.0

სანიტარული ანალიზი
გამჭირვალეობა --
--ოპოლესცირ.

ფერი ---უფერო
სუნი ბალებში---უსუნო
ნალექი --- არა
NH₄⁺ --- არა
NO₂['] --- არა
NO₃['] --- არა

ჟანგვადობა O₂-----
CO₂ მგ/ლ- 26.4 მგ/ლ
CO₂ აგრესიული ---არა

დასკვნა: წყალი სუსტად აგრესიულია სახ.სტანდარტის 10178- 76 პორტლანტცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი W4 და W6 მარკის ბეტონების მიმართ, არ არის აგრესიული W8 მარკის ბეტონის მიმართ.

არ არის აგრესიული პორტლანდცემენტის სახ.სტანდარტი 10178-76 კლინკერში ჩანართებით C_3S არაუმეტეს 65%; C_3A არაუმეტეს 7%; $C_3A + C_4AF$ არაუმეტეს 22%; წიდაპორტლანდცემენტზე და აგრეთვე სულფატომდეგი სახ.სტანდარტი 22266-76 ცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი W4, W6, W8 მარკის ბეტონების მიმართ

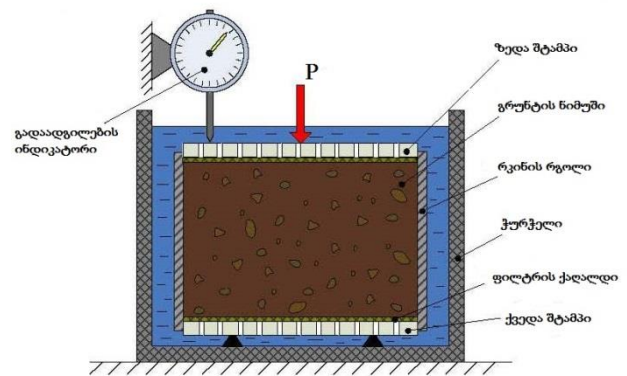
არ არის აგრესიული არმატურის მიმართ რკინა-ბეტონის კონსტრუქციების წყალში მუდმივი დაძირვის პირობებში, სუსტად აგრესიულია პერიოდული დასველების დროს.

ცდების ჩატარების ძირითადი მიზანია, რომ დადგინდეს შემოთავაზებული ლაბორატორიული მეთოდით მიღებული შედეგები უფრო ახლოს არის საველე მეთოდთან, ვიდრე თანამედროვე სტანდარტული მეთოდები.

ჩვენ გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრისათვის ჩავატარეთ ცდები, როგორც კომპრესიული ასევე შემოთავაზებული მეთოდით. შედეგებმა გვაჩვენა, რომ შემოთავაზებული მეთდი უფრო ზუსტად ასახავს გრუნტის (ფუძის) მუშაობის რეალურ პირობებს.

პირველ ეტაპზე ლაბორატორიაში განვსაზღვრეთ არსებული გრუნტის (თიხნარი) ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, რომელიც ზემოთაა მოყვანილი ცხრილების სახით. შემდეგ ცდები ჩავატარეთ ლაბორატორიული წესით (კლასიკური მეთოდი), გრუნტის კუმშვადობის განსაზღვრა გვერდითი გაგანიერების გარეშე (კომპრესია). გამოსაცდელი ნიმუშის სისქე - 20 მმ, ხოლო დიამეტრი - 71,4 მმ. ფართობი 60 სმ² შეადგენდა. მჭრელი რგოლის საშუალებით მონოლითიდან ავიღეთ ნიმუში, რომელსაც ორივე მხრიდან გავუკეთეთ ფილტრის ქაღალდი. რგოლს ფილტრთან ერთად ვათავსებთ ქვედა გარსაცმში და ვახრახნებთ ზედა

გარსაცმს. გრუნტზე მოვათავსეთ პერფორირებული შტამპი, რომელსაც ზევიდან ვამაგრებთ ოდომეტრს. მეორეს მხრივ ავღნიშნავთ, რომ ნიმუშის მომზადების დროს არასდროს არ ხდება გრუნტის ბუნებრივი სტრუქტურის შენარჩუნება. გარდა ამისა, მეთოდის უარყოფითი მხარეა გამოცდის დროის სიმცირე, რაც ჩვეულებრივ, რამდენიმე საათს არ აღემატება, მაშინ როდესაც თიხოვანი გრუნტების დეფორმაციის ხანგრძლივობა ძლიერ დიდია რეალურ პირობებში. ნიმუშს ვცდიდით მზარდი დატვირთვებით და ვინაიდან შემკვრივების ზრდასთან ერთად დეფორმაციები თანდათანობით კლებულობს, მათი სიზუსტის გაზომვის მიზნით დატვირთვებს ვზრდიდით შემდეგნაირად: 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 კგ/სმ²-მდე. ცდას ვთვლით დამთავრებულად, როდესაც დატვირთვის ბოლო საფეხურზე დეფორმაციები ჩაქრება. ვსაზღვრავთ ტენიანობას და ფორიანობის კოეფიციენტს. ამ შემთხვევაში ფორიანობის კოეფიციენტი ე.წ. სიმაღლის და წონის მეთოდით განვსაზღვრეთ



სურათი №4.12 კომპრესის ხელსაწყო და მისი სქემა

გრუნტის საერთო დეფორმაციის მოდული გამოითვლება შემდეგი ფორმულით ყოველი საფეხურისათვის

$$E = \beta \frac{1+e_0}{\alpha} , \text{კგ/სმ}^2 \quad (4.1)$$

სადაც $\beta=0,8$ მაკორექტირებელი კოეფიციენტი, α - გრუნტის კუმშვადობის კოეფიციენტი, e - ფორიანობის კოეფიციენტი.

$$\alpha = \frac{e_1 - e_2}{\sigma_2 - \sigma_1}, \text{ სმ}^2/\text{კგ} \quad (4.2)$$

სადაც σ_1 - გრუნტის მოქმედი დატვირთვა ბუნებრივ პირობებში, კგ/სმ²;

σ_2 - ნაგებობის აგების შემდეგ გრუნტზე მოქმედი დატვირთვა, კგ/სმ²;

e_1 - ფორიანობის კოეფიციენტი σ_1 დატვირთვის შემთხვევაში;

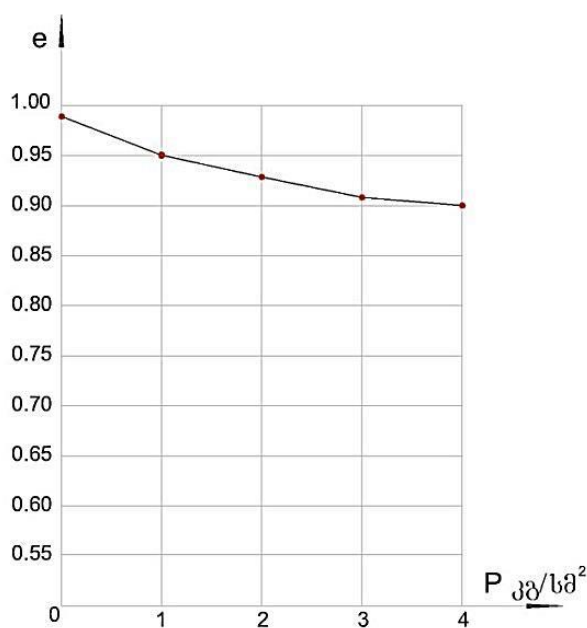
e_2 - ფორიანობის კოეფიციენტი σ_2 დატვირთვის შემთხვევაში.

მიღებული შედეგები გამოსახულია ცხრილების და გრაფიკების სახით.

ცხრილი №4.13

ვერტიკალური დატვირთვა	P	კგ/სმ ²	0	1.0	2.0	3.0	4.0
ფორიანობის კოეფიციენტი	e	-	0.98	0.95	0.93	0.91	0.90
კუმშვადობის კოეფიციენტი	α	სმ ² /კგ	0	0,03	0,02	0,02	0,01
დეფორმაციის მოდული	E	კგ/სმ ²	0	52	76	78	81

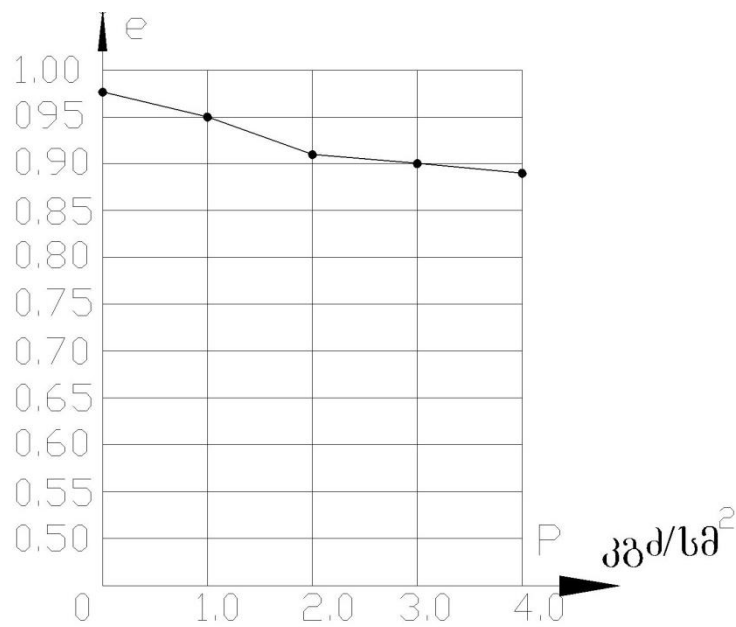
გრაფიკი №4.1



ცხრილი №4.14

ვერტიკალური დატვირთვა		P	კგ/სმ ²	0	1.0	2.0	3.0	4.0
ფორიანობის კოეფიციენტი		e	-	0.97	0.95	0.91	0.90	0.88
კუმშვადობის კოეფიციენტი		α	სმ ² /კგ	0	0,03	0,02	0,02	0,01
დეფორმაციის მოდული	კომპ.	E	კგ/სმ ²	0	54	78	80	82

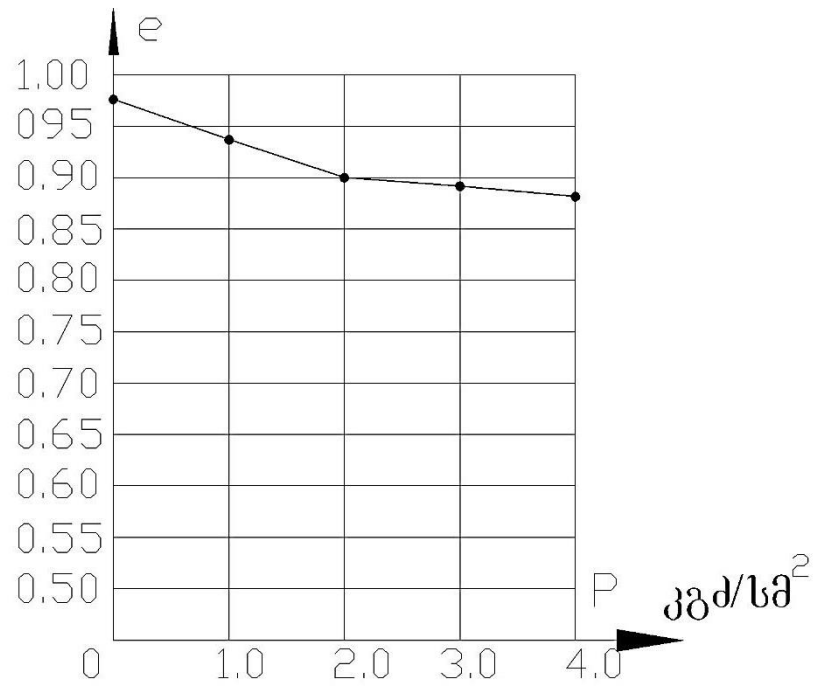
გრაფიკი №4.2



ცხრილი №4.15

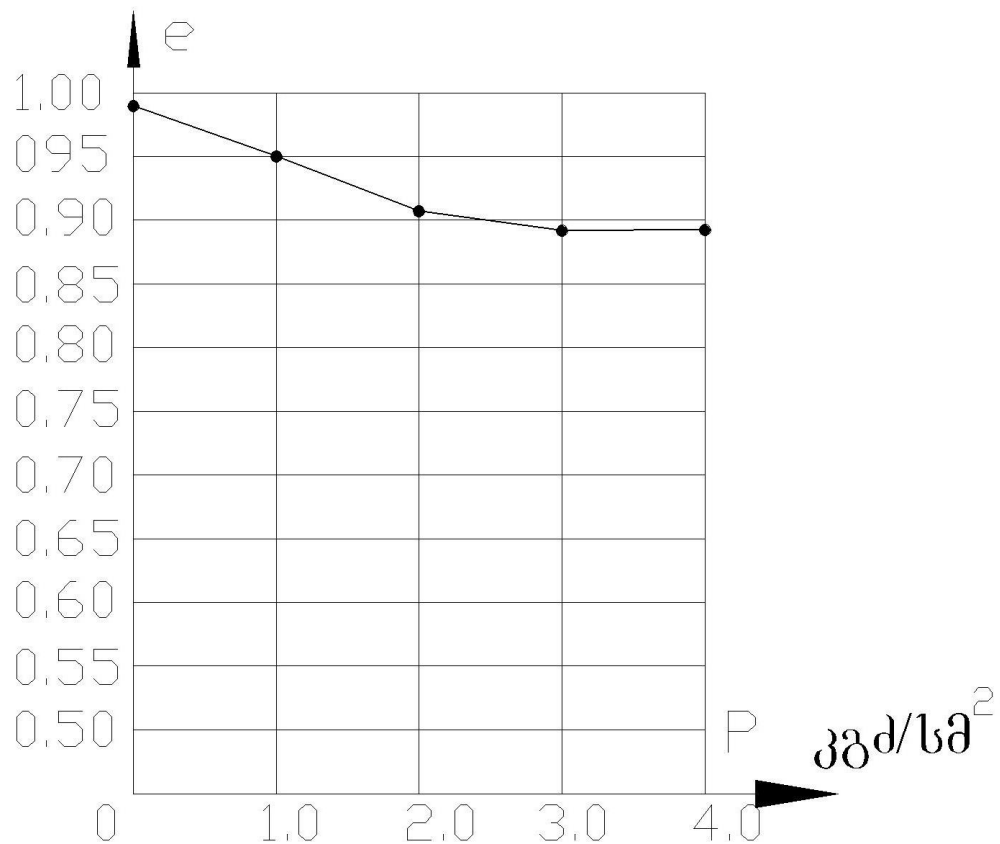
ვერტიკალური დატვირთვა		P	კგ/სმ ²	0	1.0	2.0	3.0	4.0
ფორიანობის კოეფიციენტი		e	-	0.97	0.94	0.90	0.89	0.87
კუმშვადობის კოეფიციენტი		α	სმ ² /კგ	0	0,03	0,02	0,02	0,01
დეფორმაციის მოდული	კომპ.	E	კგ/სმ ²	0	56	78	81	82

გრაფიკი №4.3



ცხრილი №4.16

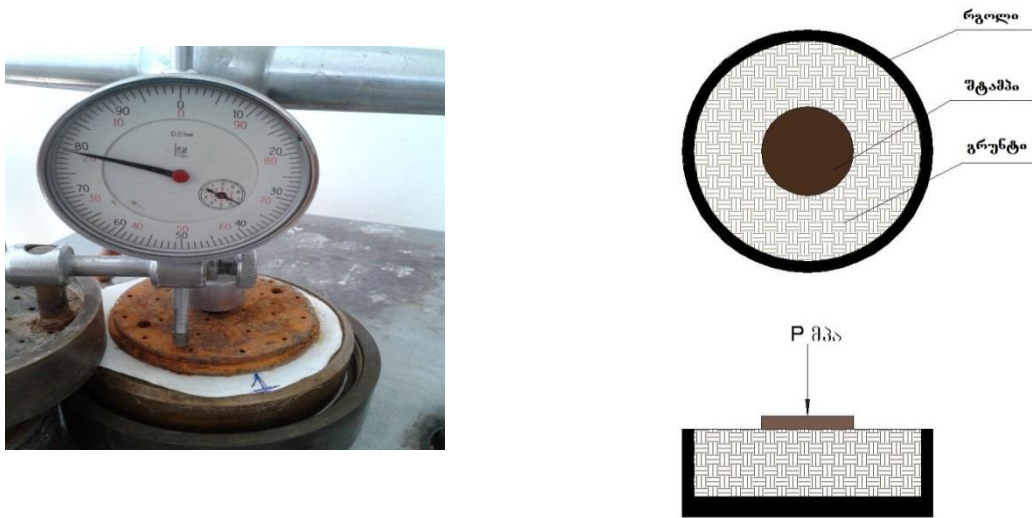
ვერტიკალური დატვირთვა	P	კგ/სმ ²	0	1.0	2.0	3.0	4.0
ფორიანობის კოეფიციენტი	e	-	0.98	0.95	0.91	0.89	0.88
კუმშვადობის კოეფიციენტი	α	სმ ² /კგ	0	0,03	0,02	0,02	0,01
დეფორმაციის მოდული	E	კგ/სმ ²	0	57	79	83	85



4.2. გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა ლაბორატორიული წესით. ახალი შემოთავაზებული მეთოდით

მეორე ეტაპზე განსაზღვრეთ იგივე ნიმუშის (თიხნარი) დეფორმაციის მოდული უკვე ახალი შემოთავაზებული მეთოდით. ცდის პროცესი ზუსტად ანალოგიურად მიმდინარეობდა როგორც კომპრესიის დროს, მხოლოდ ერთი განსხვავებით, აქ უკვე გვაქვს გვერდითი გაგანიერებით. ცდის არსი მასში მდგომარეობს, რომ ცდას ვატარებთ

გარსაცმის გარეშე და აგრეთვე შემცირებული გვაქვს შტამპის ფართობი. მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილების და გრაფიკების სახით.

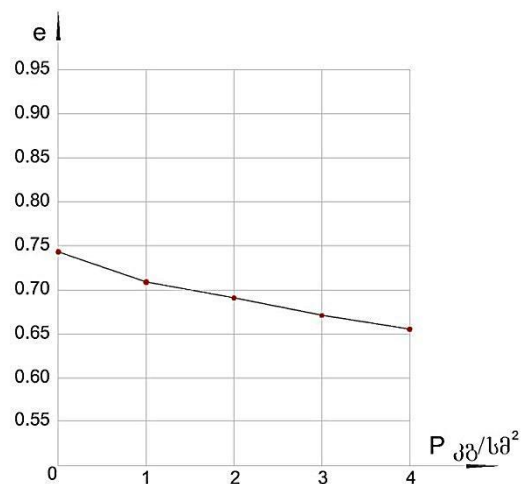


სურათი №4.13 ახალი შემოთავაზებული მეთოდის (გვერდითი გაგანიერებით) ხელსაწყო და სქემა

ცხრილი №4.17

ვერტიკალური დატვირთვა		P	კგ/სმ ²	0	1.0	2.0	3.0	4.0
ფორიანობის კოეფიციენტი		e	-	0.74	0.71	0.69	0.67	0.66
კუმშვადობის კოეფიციენტი		α	სმ ² /კგ	0	0,03	0,02	0,02	0,01
დეფორმაციის მოდული	ახ. მუ.	E	კგ/სმ ²	0	46	67	68	70

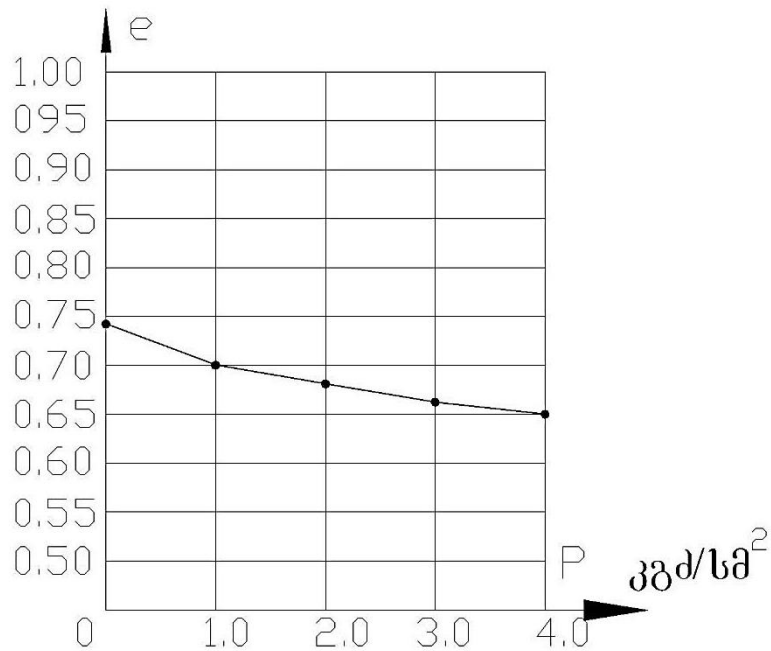
გრაფიკი №4.5



ცხრილი №4.18

ვერტიკალური დატვირთვა		P	კგ/სმ ²	0	1.0	2.0	3.0	4.0
ფორიანობის კოეფიციენტი		e	-	0.74	0.70	0.68	0.66	0.65
კუმშვადობის კოეფიციენტი		α	სმ ² /კგ	0	0,03	0,02	0,02	0,01
დეფორმაციის მოდული	ახ. მეთ.	E	კგ/სმ ²	0	47	68	70	76

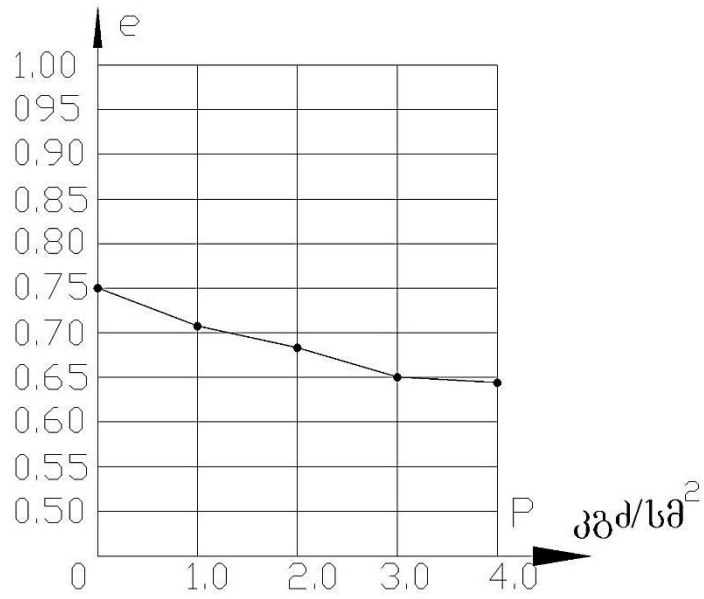
გრაფიკი №4.6



ცხრილი №4.19

ვერტიკალური დატვირთვა		P	კგ/სმ ²	0	1.0	2.0	3.0	4.0
ფორიანობის კოეფიციენტი		e	-	0.75	0.71	0.68	0.65	0.64
კუმშვადობის კოეფიციენტი		α	სმ ² /კგ	0	0,03	0,02	0,02	0,01
დეფორმაციის მოდული	ახ. მეთ.	E	კგ/სმ ²	0	48	67	71	75

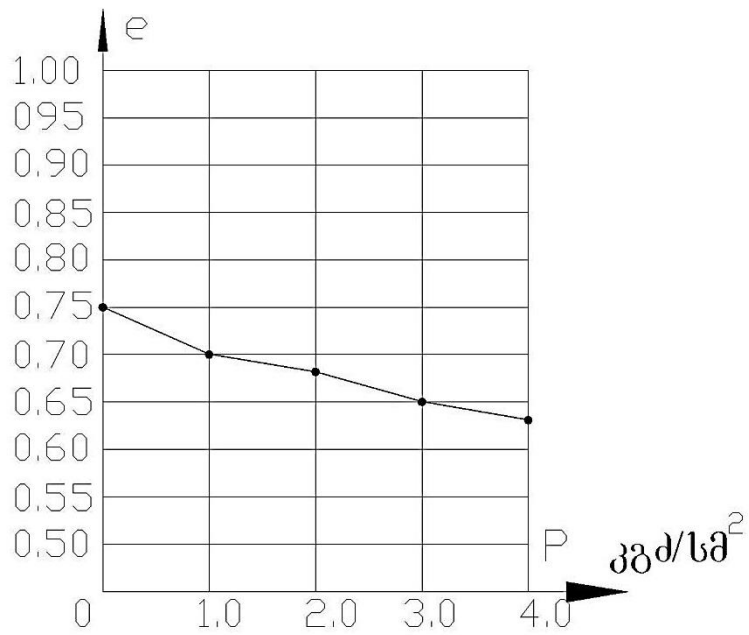
გრაფიკი №4.7



ცხრილი №4.20

ვერტიკალური დატვირთვა		P	კგ/სმ ²	0	1.0	2.0	3.0	4.0
ფორიანობის კოეფიციენტი		e	-	0.75	0.70	0.68	0.65	0.63
კუმშვადობის კოეფიციენტი		α	სმ ² /კგ	0	0,03	0,02	0,02	0,01
დეფორმაციის მოდული	ახალი მეთოდი	E	კგ/სმ ²	0	47	67	73	80

გრაფიკი №4.8

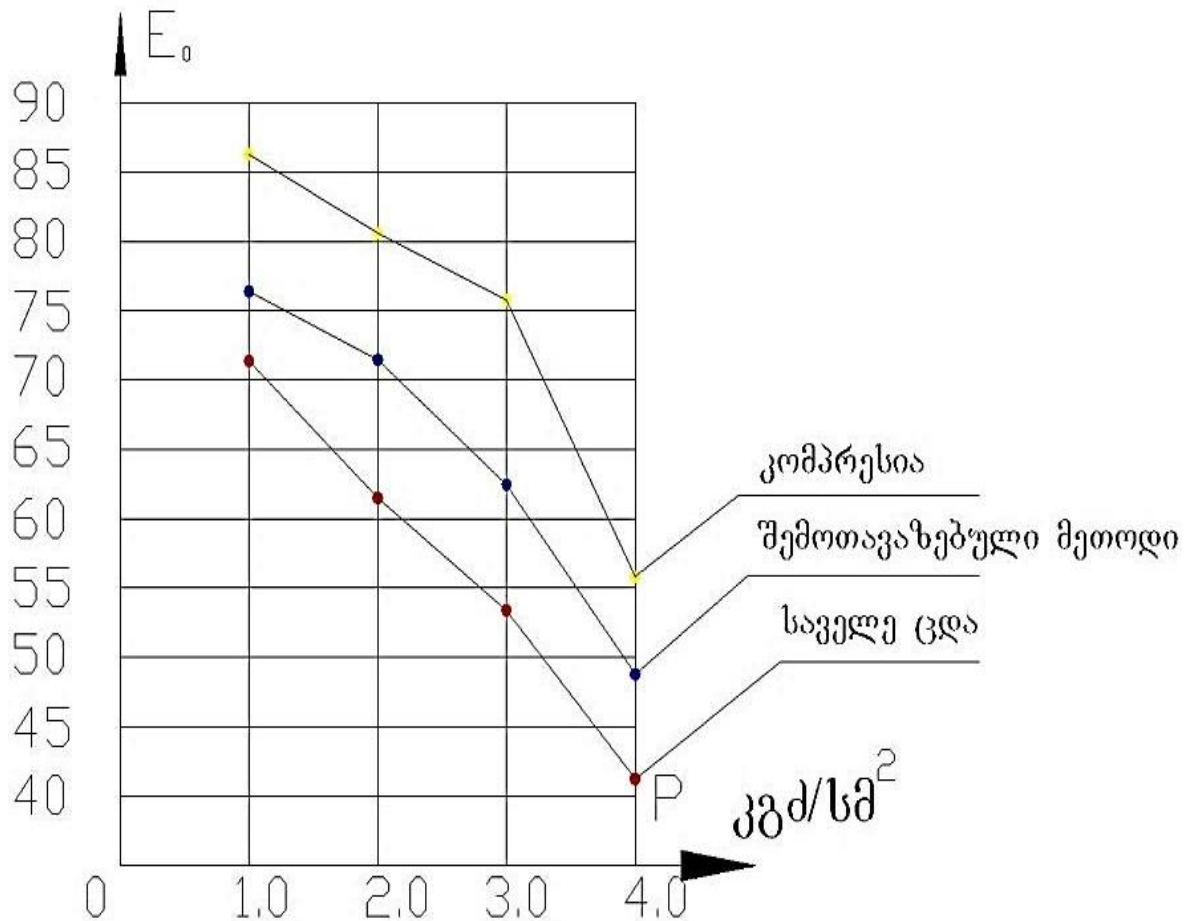


როგორც ჩატარებული ცდებიდან ჩანს საველე წესით მიღებული დეფორმაციის მოდულის საშუალო მნიშვნელობა $E_0 = 57.5 \text{ კგ/სმ}^2$, არსებული (კომპრესია) მეთოდით მიღებული დეფორმაციის მოდულის საშუალო მნიშვნელობა $E_0 = 74.2 \text{ კგ/სმ}^2$, ხოლო ჩვენს მიერ შემოთავაზებული ახალი მეთოდით მიღებული დეფორმაციის მოდულის საშუალო მნიშვნელობა $E_0 = 65.04 \text{ კგ/სმ}^2$.

როგორც ვხედავთ ჩვენ მიერ შემოთავაზებული მეთოდით მიღებული დეფორმაციის მოდული $E_0 = 65.04 \text{ კგ/სმ}^2$ უფრო ახლოს არის საველე მეთოდით მიღებულ დეფორმაციის მოდულთან $E_0 = 57.5 \text{ კგ/სმ}^2$, ვიდრე კომპრესიით მიღებული - $E_0 = 74.2 \text{ კგ/სმ}^2$.

ექვგარეშეა, რომ საველე პირობებში გამოცდის შედეგები ლაბორატორიულ შედეგებთან შედარებით უფრო საიმედოა. კერძოდ, დადგენილია რიგი გამოკვლევებით, რომ გრუნტის საერთო დეფორმაციის მოდულის მნიშვნელობა, რომელიც მიღებულია შტამპური გამოცდით, გაცილებით აღემატება მის მნიშვნელობას, მიღებულს გრუნტის გამოცდით კომპრესიაზე. ამასთან დაკავშირებით, თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ ნაგებობათა ფაქტიური დაჯდომები უმეტეს შემთხვევაში გაცილებით ნაკლებია მათ საანგარიშო მნიშვნელობებზე, საერთო დეფორმაციის მოდულის დადგენის საველე წესის უპირატესობა სრულიად აშკარაა. სწორედ ამიტომ შემოგვაქვს წინადადება, რომ გრუნტის დეფორმაციის მოდული განსაზღვროთ ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდით (გვერდითი გაგანიერებით).

როგორც შედეგებიდან ჩანს საველე და ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ახალი მეთოდის (გვერდითი გაგანიერებით) შედეგები უფრო ახლოს არის ერთმანეთთან, ვიდრე კომპრესიით (გვერდითი გაგანიერების გარეშე) მიღებული შედეგები. სამივე ცდის ჯამური შედეგები ნაჩვენებია გრაფიკი №4.9 სახით.



აქვე მოგეხსენებათ ცდების ფინანსურ მხარესაც: კომპრესიაზე ცდების ჩატარების ღირებულება ერთ ნიმუშზე საშუალოდ შეადგენს 200 ლარს (ყველაზე მცირე მინიმუმ სამ ნიმუშზე უნდა ჩატარდეს ცდა). ხოლო საველე მეთოდის ხარჯი დაახლოებით 3000 ლარს შეადგენს.

ჩვენ მიერ შემოთავაზებული მეთოდით განსაზღვრული გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრის ღირებულებაც დაახლოებით 200 ლარს შეადგენს. როგორც ვხედავთ ჩვენ მიერ შემოთავაზებული ახალი მეთოდი არც ისე დიდი ფინანსებთანაა დაკავშირებული.

უნდა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ არა ჩაჯდომად მტეროვან-თიხოვანი გრუნტის დეფორმაციის მოდულს აგრეთვე ანგარიშობენ ნორმატიული მნიშვნელობებით (ცხრილი №4.21), რომელიც დამოკიდებულია საკვლევი გრუნტის დენადობის მაჩვენებელზე (S_r) და ფორიანობის კოეფიციენტზე (e). ფორიანობის შუალედური მნიშვნელობები აიღება ინტერპოლაციით.

ცხრილი №4.21

გრუნტის წარმოქმნა და ასაკი		გრუნტების დასახელება		ფორიანობის კოეფიციენტი e												
				0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	2	1,4	1,6		
ა) მეოლხეული წარმონაქმნი	ბ) ალუვიური, დელუვიური, ტბური, ტბურ-ალუვიური	თიხა-ქვიშები	$0 \leq I_L \leq 0.75$	-	32 (320)	24 (240)	16 (160)	10 (100)	7 (70)	-	-	-	-	-	-	-
				თიხნარი	$0 \leq I_L \leq 0.25$	$0.25 \leq I_L \leq 0.50$	$0.5 \leq I_L \leq 0.75$	-	34 (340)	27 (270)	22 (220)	17 (170)	14 (140)	11 (110)	-	-
თიხა	$0 \leq I_L \leq 0.25$ $0.25 \leq I_L \leq 0.50$ $0.5 \leq I_L \leq 0.75$	-	-	-	32 (320)	25 (250)	19 (190)	14 (140)	11 (110)	8 (80)	5 (50)	-	-	-	-	-
				თიხა	$0 \leq I_L \leq 0.25$	$0.25 \leq I_L \leq 0.50$	$0.5 \leq I_L \leq 0.75$	-	28 (280)	24 (240)	21 (210)	18 (180)	15 (150)	12 (120)	-	-
				-	-	-	17 (170)	12 (120)	8 (80)	6 (60)	5 (50)	-	-	-	-	-
				-	-	-	12 (120)	9 (90)	7 (70)	-	-	-	-	-	-	-

ჩვენ ვაყენებთ წინადადებას, რათა ლაბორატორიული წესით გრუნტის დეფორმაციის მოდულის თანამედროვე მეთოდი (გვერდითი გაგანიერების გარეშე) შეიცვალოს შემოთავაზებული მეთოდით (გვერდითი გაგანიერებით), რომელიც გაცილებით ზუსტად ასახავს ბუნებაში ფუძე-გრუნტების მუშაობის რეალურ პირობებს და აგრეთვე ფინანსური მხარეც დამაკმაყოფილებელია.

ძირითადი დასკვნები და რეკომენდაციები

ჩატარებულმა სამუშაოებმა გრუნტის დეფორმაციის მოდულის ლაბორატორიული წესით განსაზღვრის თაობაზე ნათლად გვიჩვენა, რომ ჩვენ მიერ შემოთავაზებულ მეთოდს, რომელიც პირობითად ვუწოდებთ „გრუნტის დეფორმაციის მოდულს ლაბორატორიული წესით განსაზღვრა ლითონის გარსაცმის გარეშე“ უფრო სწორედ ასახავს ფუძის უშაობის რეალურ პირობებს. შეიძლება, თუ არა მიღებული შედეგების ინტერპრეტაცია სხვა ტიპის გრუნტზე, როგორც არის მაგალითად თიხები, ქვიშნარები და ქვიშები. ჩვენ მივდივართ დასკვნამდე, რომ მიღებული შედეგების კანონზომიერება შეიძლება გავრცელდეს სხვა ტიპის გრუნტებზეც.

უნდა აღინიშნოს ერთი გარემოება, შემოთავაზებული მეთოდის გამოყენება მიზანშეწონილია ყველა სახის თიხოვან-ქვიშოვან გრუნტებზე ერთი შენიშვნით, თუ გრუნტები არ არიან ძალიან დაბალი სიმტკიცის, როგორცაა მაგალითად ლამიანი და გაღებებული გრუნტები. ისინი იმდენად დაბალი სიმტკიცით ხასიათდებიან, რომ თითქმის დენად მდგომარეობაში არიან. ასეთ გრუნტზე შემოთავაზებული მეთოდით ცდა ვერ გაკეთდება. საერთოდ აღნიშნული გრუნტები არც კი გამოდგება ფუძე-გრუნტებად მათი დენადი თვისების გამო. ისინი მიეკუთვნებიან სუსტ გრუნტებს. მათი დეფორმაციის მოდული, როგორც ლიტერატურული წყაროებიდან არის ცნობილი ნაკლებია 15კგ/სმ²-ზე. ამრიგად, თუ გრუნტის დეფორმაციის მოდული ნაკლებია 15კგ/სმ²-ზე, ასეთ გრუნტზე მათი დიდი დენადობის გამო შემოთავაზებული მეთოდით გამოყენება მიზანშეუწონელია.

მეორე საკითხია, რომელიც საერთოდ სადისკუსიოა ფუძეში მოქმედი დატვირთვისას ძაბვების განაწილება. თანამედროვე შეხედულებით ფუძეში ძაბვების განაწილება ყველა გრუნტისათვის იქნება ის კლდოვანი თუ თიხური ერთნაირი კანონზომიერებით ხდება.

მაგალითად თვლიან, რომ ბეტონის საძირკველში კლდოვან ფუძე-გრუნტებში ძაბვების განაწილება ხდება 45° დახრით. სინამდვილეში თიხების შემთხვევაში ძაბვების განაწილება, ხდება გაცილებით მეტი კუთხით. ამ საკითხს პრაქტიკულად დიდი მნიშვნელობა აქვს და იგი მოითხოვს ფართო მაშტაბების ექსპერიმენტალურ სამუშაოებს, რათა მივიღოთ ფუძეში ძაბვების განაწილების სურათი სხვადასხვა გრუნტების შემთხვევაში.

ჩატარებული სამუშაოები საშუალებას გვაძლევს გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები და რეკომენდაციები:

1. ჩატარებულმა ცდებმა გრუნტის დეფორმაციის მოდულის ლაბორატორიული მეთოდით განსაზღვრამ დაგვანახა, რომ ცდები გარსაცმის გარეშე გაცილებით ახლოს არის საველე ცდების შედეგებთან და ამიტომ ვიძლევიტ რეკომენდაციას, რომ ლაბორატორიული მეთოდით გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა ჩატარდეს შემოთავაზებული მეთოდით - ცდები ლითონის გარსაცმის გარეშე;
2. დღეისათვის წინადადებას ვიძლევიტ, რომ მეთოდი გამოყენებული იქნება ყველა სახის თიხოვან-ქვიშოვან გრუნტებზე. იმ შემთხვევაში, თუ დეფორმაციის მოდულის მნიშვნელობა ($E_0 > 15$ -ზე);
3. პრაქტიკაში დანერგილი თეორია, რომ ძაბვათა განაწილება ფუძეში ერთნაირი კანონზომიერებით ხდება ყველა გრუნტებისათვის. როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა ძაბვების განაწილების ხასიათი დამოკიდებულია აგრეთვე თითონ გრუნტის ტიპზეც;
4. იმისათვის, რომ დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრამ ლაბორატორიული წესით ლითონის გარსაცმის გარეშე მოიპოვოს მეტი დამაჯერებლობა, საჭიროა ცდები გაკეთდეს ყველა სახის თიხოვან და ქვიშოვან გრუნტზე;
5. ჩატარებული საველე და ლაბორატორიული მეთოდით მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, გრუნტის დეფორმაციის მოდულს

განსაზღვრის საერთაშორისოდ აღიარებული მეთოდი მიზანშეწონილია შეიცვალოს წარმოდგენილი მეთოდით - გრუნტის დეფორმაციის მოდულის განსაზღვრა ლაბორატორიული წესით ლითონის გარსაცმის გარეშე.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ვ. ლომთაძე. საინჟინრო გეოლოგია. თბილისი 1985 წელი.;
2. ვ. ლომთაძე. ქანების ფიზიკურ - მექანიკური თვისებების ლაბორატორიული კვლევის მეთოდები. თბილისი 1989 წელი;
3. გ. ჭოხონელიძე. გრუნტების სიმტკიცის მაჩვენებლის ლაბორატორიული მეთოდით განსაზღვრა. თბილისი 1968 წელი.;
4. დ. კერესელიძე. გრუნტების მექანიკა და ფუძე-სადირკვლები. თბილისი 1977 წელი;
5. პნ 02.01-08. შენობების და ნაგებობების ფუძეები;
6. გ. ჭოხონელიძე; დ. კვაჭაძე; გ. ლუტიძე; ი. მშვიდლობაძე. საინჟინრო ნაგებობები, ქ. თბილისი, 2011 წელი;
7. ნ. ჯაფარიძე; გრუნტების მექანიკა და ფუძე-სადირკვლები, ქ. თბილისი, 2005 წელი;
8. ГОСТ 12071-2000 - Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.// - М. 2000.
9. ГОСТ 12248-96 - Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.// - М. 1996.
10. СниП II-Б.1-62.Основания и фундаменты зданий и сооружений на просадочных грунтах. Нормы проектирования;
11. ГОСТ Р 54477-2011 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик деформируемости грунтов в дорожном строительстве;
12. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик;
13. СНиП 1.02.07-87 Инженерные изыскания для строительства;

14. А. Н. Цитович. Механика грунтов, Москва 1985г;
15. А. Е. Шейкин. Строительные материалы, Москва 1978г;
16. Е. А. Сорочана. Ю. Г. Трофаменкова. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Москва 1985г;
17. СП 11-105-97. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
18. Terzaghi, K., (1943), *Theoretical Soil Mechanics*, J. Wiley, New York
19. ნაშრომში გამოყენებულია საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტროს, გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემები.