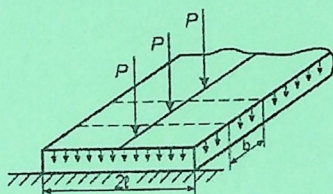


624-12/13 (075-8)

ქ-56

თეიმურაზ ქიქავა

გრუნტების მექანიკა და ფუძე-საძირჩველები



ბათუმი - 2012

შოთა რუსთაველის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

თეიმურაზ ქიქავა

გრუნების გეგანია და ფუქა-საძირაჰლაბი

სახელმძღვანელო

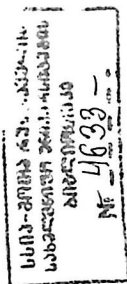
წიგნი აღიარებულია სახელმძღვანელოდ
შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
აკადემიური საბჭოს მიერ.



გამომცემლობა

„შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“

ბათუმი – 2012



სახელმძღვანელო განკუთვნილია სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის სპეციალობის სტუდენტებისათვის. იგი შედგება ორი ნაწილისაგან. პირველ ნაწილში გადმოცემულია გრუნტების მექანიკის ყველა ძირითადი საკითხი, რომლებიც ეყრდნობა უახლოეს თეორიულ და ექსპერიმენტულ კვლევებს ამ დარგში და მათი შედეგების გამოყენებას საინჟინრო პრაქტიკაში. გაშუქებულია ფუძეების სიმტკიცის შეფასების საკითხები.

მეორე ნაწილში გადმოცემულია ბუნებრივი ფუძეების თვისებები, სუსტი გრუნტების გამაგრების მეთოდები: მცირე ჩაღრმავების, ხიმინჯოვანი და ღრმა ჩაშვების მასიური საძირკვლების გაანგარიშების, დაპროექტებისა და მოწყობის საკითხები.

წინა გამოშვებასთან შედარებით ფართოდაა გაშუქებული მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშების ძირითადი მეთოდები. განხილულია პრაქტიკული საინჟინრო ამოცანები. კერძოდ: გრუნტის წნევა მიწისქვეშა მილსადენებზე და საყრდენ კედლებზე, ფერდობების მდგრადობის შეფასება და სხვა.

რედაქტორი პროფესორი გ. ფარცხალაძე

რეცენზენტები: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გრუნტების მექანიკის და ფუძესაძირკვლების მიმართულების ხელმძღვანელი, ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი პროფესორი გ. ჭოხონელიძე
ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ზ. ორაგველიძე

ISBN 978-9941-412-56-1

© „შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“ – 2012

შესავალი

გრუნტების მექანიკის შესწავლის ობიექტს წარმოადგენს ფხვიერი მთის ქანები, (მინერალურ-დისპერსიული წარმონაქმნები), ე. ი. ბუნებრივი გრუნტები.

გრუნტების მექანიკის ძირითადი ამოცანებია:

1) გრუნტების მექანიკის, როგორც დისპერსული სხეულების, ძირითადი კანონზომიერებების და მათი მახასიათებელი კოეფიციენტების სიდიდეების დადგენა;

2) გრუნტების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის შესწავლა მათი დეფორმირებადობის სხვადასხვა სტადიაში;

3) გრუნტების სიმტკიცის, მდგრადობის და მათი შემომზღუდავ კონსტრუქციებზე დაწნევის საკითხების დადგენა.

გრუნტების მექანიკის ამოცანების გადასაწყვეტად არ არის საკმარისი მყარი სხეულების სამშენებლო მექანიკის კანონზომიერებების ცოდნა, ვინაიდან გრუნტები წარმოადგენენ დისპერსულ და არა მყარ სხეულებს.

ამიტომ გრუნტების მექანიკაში უნდა იქნეს გათვალისწინებული ის კანონზომიერებანი, რომლებიც ახასიათებენ გრუნტების, როგორც დისპერსიული სხეულების ფიზიკურ მდგომარეობას. ანუ უნდა დაემატოს ის კანონზომიერებანი, რომლებიც გამომდინარეობს გრუნტების ფოროვანი აღნაგობიდან: შემკვრივების კანონი, რომელიც ახასიათებს გრუნტების კუმშვადობას ფორების მოცულობის შემცირების ხარჯზე; ფილტრაციის კანონები, რომლებიც განსაზღვრავს გრუნტების წყალჟონადობას, ხახუნის კანონები, რომლებიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს გრუნტების წინაღობა ძვრაზე და გრუნტებისათვის დამახასიათებელი დამოკიდებულებები ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის.

ფუძე-საძირკვლების კურსში განიხილება სხვადასხვა სახის ფუძე-საძირკვლების დაპროექტებისა და მოწყობის საკითხები თანამედროვე მშენებლობის პირობებში. ამ კურსის კარგად ათვისებისათვის აუცილებელია შემდეგი დისციპლინების ცოდნა: საინჟინრო გეოლოგია, გრუნტების მექანიკა,

მასალათა გამძლეობა, სამშენებლო მექანიკა, დრეკადობის თეორია, სამშენებლო კონსტრუქციები, სამშენებლო-წარმოების ტექნოლოგია.

ფუძე-საძირკვლების დაპროექტების დროს აუცილებელია გადაწყვეტილი იქნას ორი ამოცანა: პირველი – არჩეული იქნას საძირკვლის სახეობა და ტიპი, განსაზღვრული იქნას მისი ძირითადი ზომები (საძირკვლის ჩაღრმავება, ძირის ფორმა და ზომები) და მეორე – შერჩეული და გაანგარიშებული იქნას საძირკვლის კვეთები.

ნაგებობათა მშენებლობისა და ექსპლუატაციის დროს წარმოქმნილი ავარიების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი გამოიწვია ფუძე-საძირკვლების დაპროექტების და მოწყობის დროს დაშვებულმა შეცდომებმა.

“ფუძე-საძირკვლების” კურსის ათვისება საშუალებას მისცემს მომავალ ინჟინერს გადაწყვიტოს შემდეგი საკითხები:

1) სწორად შეაფასოს გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, რომლებიც განსაზღვრავს მის დეფორმირებადობას და მდგრადობას ნაგებობებიდან გადაცემული დატვირთვების მოქმედებით.

2) საჭიროების შემთხვევაში გააუმჯობესონ გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, როდესაც ამ გრუნტების გამოყენება გათვალისწინებულია ნაგებობათა ფუძეებში.

3) შერჩეულ იქნას საძირკვლების ძირითადი ზომები, რომლებიც უზრუნველყოფს შენობების და ნაგებობების ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებს.

4) შერჩეული იქნას სამშენებლო სამუშაოების წარმოების მეთოდები, ფუძე-საძირკვლების მოწყობის დროს გრუნტების ბუნებრივი სტრუქტურის შენარჩუნების მიზნით ნაგებობათა მშენებლობის და ექსპლუატაციის პერიოდში.

მნიშვნელოვანი წვლილი ნაგებობების ფუძე-საძირკვლების გაანგარიშებათა გაუმჯობესების საკითხებში შეიტანეს ნ. მ. გერსეევანოვმა, ნ. პ. პუზირევსკიმ, ნ. ა. ციტოვინმა, ვ. ა. ფლორინმა, ნ. მ. მასლოვმა, მ. ნ. გოლდშტეინმა, ვ. გ. ბერეხენ-

ცემა, ვ.ვ.სოკოლოვსკიმ, კ. ე. ეგოროვმა, მ. ვ. მალიშეემა, ბ. ი. დალმატოვმა და სხვებმა.

მოქნილი საძირკვლების განგარიშების მეთოდების შემუშავებაში დიდი ღვაწლი მიუძღვით ი. ა. სიმეულიდს, მ. ი. გორბუნოვ-პოსადოვს, ბ. ნ. ჟემოჩინს, ა. პ. სინიცინს, ს. ს. დავიდოვს, ვ. ი. სოლომინს და სხვა მეცნიერებს.

1931 წელს ქ. მოსკოვში ჩამოყალიბდა ფუძე-საძირკვლების და მიწისქვეშა ნაგებობების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი. იგი ჩამოაყალიბა და 20 წლის განმავლობაში უცვლელად ხელმძღვანელობდა მას გამოჩენილი მეცნიერი ნ. გერსევანოვი (გერსევანიშვილი). 1973 წლიდან ეს ინსტიტუტი ატარებს ნ. გერსევანოვის სახელს.

სახლვარგარეთის მეცნიერებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია კ. ტერცაგის, მ. კაზაგრანდეს, უ. ტეილორის, რ. კეზდის, ჯ. ატკინსონის და სხვ. შრომები.

მშენებლობისა და დაპროექტების დროს დაშვებულმა შეცდომებმა შეიძლება გამოიწვიოს არა მხოლოდ მშენებარე ნაგებობების ავარია, არამედ, დააზიანოს უკვე არსებული კომუნიკაციები და ნაგებობები. საძირკველთმშენებლობის ძირითადი ამოცანაა შენობა-ნაგებობათა საძირკვლების ღირებულების შემცირება, მათი კონსტრუქციების სრულყოფა და მშენებლობის ვადების შემცირება. აღნიშნულ ამოცანათა გადასაჭრელად აუცილებელია შეირჩეს საძირკვლის მოწყობის უფრო ეკონომიური ვარიანტი, უფრო სრულად იქნეს გამოყენებული ფუძე-გრუნტის ზიდვის უნარი. ფართოდ იქნეს გამოყენებული მონოლითური, წინასწარდაძაბული, დაარმატურებული საძირკვლის კონსტრუქციები, სამუშაოს ორგანიზაციის, შესრულებისა და მექანიზაციის მეთოდები.

პირველი ნაწილი გრუნტების მექანიკის საფუძვლები

თავი 1. გრუნტების ზღვარილობა და ფიზიკური თვისებები

§1.1 ძირითადი მცნებები და განმარტებები

გრუნტი წარმოადგენს დედამიწის ქერქის იმ ნაწილს, რომელიც ნიადაგისაგან იმით განსხვავდება, რომ ხანგრძლივად ინარჩუნებს თავის ბუნებრივ თვისებებს და ამიტომ შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს ნაგებობათა ფუძეებად.

გრუნტები გვხვდება როგორც მასიური, ასევე ფხვიერი მთის ქანების სახით. მასიური მთის ქანები წარმოადგენენ კლდეს, რომლის ნაწილაკები იმდენად მტკიცედ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული, რომ მათი მექანიკური თვისებების დადგენისას ისინი შეიძლება განხილული იქნენ, როგორც დრეკადი სხეულები. ფხვიერი ქანები კი მათგან განსხვავებით შედგებიან წვრილი, ერთმანეთთან სუსტად დაკავშირებული მინერალური ნაწილაკებისაგან, რომლებიც მასიური მთის ქანების დაშლისა და მათი ფიზიკურ-ქიმიური გარდაქმნების ხანგრძლივი პროცესის შედეგია. ფხვიერი მთის ქანები მეტად რთული ბუნებისაა და წარმოადგენენ გრუნტების მექანიკის, როგორც მეცნიერების შესწავლის საგანს. გრუნტი გამოიყენება არა მხოლოდ როგორც ნაგებობათა ფუძე მასალა, არამედ იგი წარმოადგენს ისეთ ნაგებობათა საშენ მასალას, როგორცაა ჰიდროტექნიკური მიწის კაშხლები, საგზაო ყრილები, გზებისა და აეროდრომების საფარის საფუძვლები.

ფუძე არის გრუნტის მასივის ის ნაწილი, რომელიც მდებარეობს ნაგებობების ქვემოთ და ამ უკანასკნელის მიერ

გადაცემული დატვირთვების გავლენით განიცდის დეფორმაციებს.

არჩევენ ორი სახის ფუძეს:

1. ბუნებრივი ფუძე – როცა საძირკველი ეყრდნობა გრუნტს – მის ბუნებრივ მდგომარეობაში.

2. ხელოვნური ფუძე – როცა საძირკველი ეყრდნობა წინასწარ დამუშავებულ (გაუმჯობესებულ) გრუნტს.

საძირკველი წარმოადგენს ნაგებობის მიწისქვეშა კონსტრუქციულ ნაწილს, რომლის დანიშნულებაა დატვირთვის მიღება ნაგებობისაგან და მისი გადაცემა ფუძეზე.

იმ სიბრტყეს, რომლითაც საძირკველი ფუძეზე ეყრდნობა, საძირკველის ძირი ეწოდება.

სიბრტყეს, რომლითაც საძირკველი ზედნაშენისაგან გამოიყოფა, საძირკველის შენაჭრის სიბრტყე ან უბრალოდ საძირკველის შენაჭერი ეწოდება.

მანძილს საძირკველის ძირსა და მის შენაჭერ სიბრტყეს შორის საძირკველის სიმაღლე ეწოდება, ხოლო მანძილს მიწის ბუნებრივი ზედაპირიდან საძირკველის ძირამდე – საძირკველის ჩაღრმავება. თუ საძირკველის ირგვლივ ადგილის მოსწორება მიწის მოჭრით ხდება, საძირკველის ჩაღრმის სიღრმეს მოჭრის დონიდან იღებენ.

§12 გრუნტების შედგენილობა და სტრუქტურა

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, გრუნტები შეიძლება დავეყოს ორ ძირითად ჯგუფად: პირველ მათგანში გაერთიანებულია მასიური, ანუ კლდოვანი გრუნტები, რომლებიც თავისი აგებულების გამო პრაქტიკულად დრეკად სხეულებს წარმოადგენენ და აქედან გამომდინარე, მათი თვისებები შეისწავლება სამშენებლო მექანიკის (მასალათა გამძლეობისა და დრეკადობის თეორიის) მეთოდებით.

მეორე ჯგუფს შეიძლება მივაკუთვნოთ ფხვიერი მთის ქანები.

გრუნტი შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან: I – მყარი მინერალური ნაწილაკები, II – წყალი, III – აირები.

ფხვიერი მთის ქანები, რომლებსაც გრუნტებს უწოდებენ, შედგებიან სხვადასხვა ზომისა და ფორმის, ერთმანეთთან სუსტად დაკავშირებული მინერალური ნაწილაკებისაგან, რომელთა ერთობლიობა წარმოადგენს გრუნტის ჩონჩხს. ასეთ ნაწილაკებს შორის მოთავსებულია სიცარიელებები – ფორები, რომელთა ერთი ნაწილი დაკავებულია წყლით, ხოლო მეორე – აირებით.

აქედან ცხადია, რომ გრუნტი შეიძლება წარმოდგენილი იქნას, როგორც პოლიდისპერსიული სისტემა, რომელიც შეიძლება იყოს სამფაზოვანი, როდესაც ფორების ერთი ნაწილი დაკავებულია წყლით, ხოლო მეორე – აირებით და ორფაზოვანი, როდესაც ფორები დაკავებულია მთლიანად წყლით ან აირებით. ოთხფაზოვან სისტემას წარმოადგენენ გაყინული გრუნტები.

გრუნტების მექანიკური მახასიათებლები დამოკიდებულია მისი კომპონენტების: მინერალური ნაწილაკების, წყლის და აირების თვისებებზე, მოცულობაზე, ფორმაზე, რაოდენობრივ ფარდობაზე, მასივში განლაგებაზე და ურთიერთზემოქმედებაზე.

სხვადასხვა მინერალური ნაწილაკის ან აგრეგატის სიმსხო, ფორმა, რაოდენობრივი შეფარდება, მასივში განლაგება და ურთიერთორიენტირება განსაზღვრავს გრუნტის სტრუქტურას.

გრუნტის სტრუქტურა, რომელიც განსაზღვრავს მის სტრუქტურულ სიმტკიცეს ნაგებობათა ფუძეში, არ არის მუდმივი. იგი იცვლება გრუნტებში განვითარებული ფიზიკური და ქიმიური მოვლენების შედეგად და გარე დატვირთვების სტატიკური და დინამიკური ზემოქმედების შედეგად.

გრუნტის მინერალური ნაწილაკებია:

ნაწილაკების სიმსხო:

1. ლოდები > 200 მმ
2. კენჭები $\leq 200 > 10$ მმ
3. ხრეში $\leq 10 > 2$ მმ
4. ქვიშა $\leq 2 > 0,05$ მმ
5. მტვერი $\leq 0,05 > 0,005$
6. თიხა $\leq 0,005 > 0,0001$
7. კოლოიდი $\leq 0,0001$

ნაწილაკები სიმსხოთი > 2 მმ ნაკლებფოროვანი, ნაკლებკუმშვადი, ასეთი გრუნტები შეკლებას და გაჯირჯევებას არ განიცდიან. ნაწილაკები სიმსხოთი ≤ 2 მმ მეტადფორიანი, მეტადკუმშვადი, განიცდიან შეკლებას და გაჯირჯევებას, რის გამოც მოითხოვენ განსაკუთრებულ შესწავლას.

სტრუქტურის მიხედვით (ფორმის, განლაგების) მინერალური ნაწილაკები შეიძლება იყოს:

1. მარცვლოვანი – ახასიათებს ქვიშოვან გრუნტებს;
2. უჯრედოვანი (თიხოვანი გრუნტები).

ტექსტურის (სივრცითი, შრეობრივი აღნაგობის) მიხედვით:

1. მასიური გრუნტი (ფუძედ ასეთი გრუნტი საიმედოა);
2. შროვანი (საჭიროებს შესწავლას).

სტრუქტურა წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს, რომელიც განსაზღვრავს გრუნტის ისეთ თვისებებს, რომელსაც ბმულობა ეწოდება.

იგი გამოიხატება მინერალური ნაწილაკების წინააღობაში განცალკავებისადმი და წარმოადგენს თიხოვანი გრუნტების ერთ-ერთ ძირითად მექანიკურ თვისებას.

გრუნტის მასივის ერთიმეორესთან ძლიერ ახლოს განლაგებულ წვრილ მინერალურ ნაწილაკებს შორის მოქმედებენ მოლეკულური მიზიდულობის ძალები, რომლითაც ეს ნაწილაკები დაკავშირებულია ერთმანეთთან, და ასეთ კავშირს პირველად შეკიდულობას უწოდებენ. იგი იმდენად დიდი იქნება, რამდენადაც მცირეა მანძილი ნაწილაკებს შორის. ამიტომაც, რომ მკვრივი თიხოვანი გრუნტების

შეჭიდულობა დიდია, ხოლო ნაკლებად მკვრივი გრუნტებისა – მცირე.

2. წყალი.

გრუნტი ბუნებრივ მდგომარეობაში ყოველთვის შეიცავს ამა თუ იმ სახით გარკვეული რაოდენობით წყალს, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მის თვისებებზე. დადებითი ტემპერატურის წყალი გრუნტებში გვხვდება სამი ძირითადი სახით:

ა) დაკავშირებული წყალი; ბ) თავისუფალი წყალი; გ) ორთქლი.

ა) დაკავშირებული წყალი თხელი აპკის სახითაა შემოკრული მინერალური ნაწილაკების ირგვლივ და დაკავშირებულია მათთან ელექტრომოლეკულური მიზიდულობის ძალებით. რამდენადაც თხელია დაკავშირებული წყლის აპკის სისქე, იმდენად უფრო მტკიცეა იგი დაკავშირებული მინერალურ ნაწილაკებთან. ამ თვალსაზრისით დაკავშირებული წყალი პირობითად იყოფა კიდევ ორ ნაწილად: ერთი მათგანია მტკიცედ დაკავშირებული წყალი (ანუ ჰიდროსკოპული წყალი), რომლის ჩამოცილება მინერალური ნაწილაკებისაგან შესაძლებელია მხოლოდ გრუნტის გამოშრობით.

სუსტად დაკავშირებული წყალი მეორე აპკის სახითაა შემოკრული მტკიცედ დაკავშირებული წყლის ირგვლივ. იგი შესაძლებელია გადაადგილდეს მოლეკულური მიმზიდველობის ძალების ზეგავლენით ერთი მინერალური ნაწილაკიდან მეორისაკენ.

გრუნტის ისეთი მნიშვნელოვანი მექანიკური თვისება, რომელსაც შეჭიდულობა ეწოდება, აიხსნება, ერთი მხრივ, ჩონჩხის მინერალურ ნაწილაკებს შორის მოლეკულური მიზიდულობის ძალებით (პირველადი შეჭიდულობა) და მეორე მხრივ დაკავშირებული წყლის, მასში დიფუზირებული კოლოიდებისა და მინერალური ნაწილაკების აქტიური ურთიერთმოქმედებით. რამდენადაც წერილმარცვლოვანია გრუნტის ჩონჩხი, იმდენად დიდი იქნება მისი შეჭიდულობა.

იგი საკმაოდ მნიშვნელოვანია თიხებისათვის, ხოლო ქვიშებისათვის პრაქტიკულად ნულს უდრის. სამაგიეროდ, ქვიშები ხასიათდებიან დიდი შიგა ხახუნის წინააღმდეგობით, რაც იმით აიხსნება, რომ მათი მინერალური ნაწილაკები, დიდი საკუთარი წონის გამო, უკავშირდებიან ერთმანეთს არა დაკავშირებული წყლის აკის მეშვეობით, არამედ უშუალოდ. ამის გამო თიხოვან გრუნტებს ხშირად შეჭიდულ გრუნტებს უწოდებენ, ხოლო ქვიშებს – ბნევად გრუნტებს.

ბ) თავისუფალი წყალი მოთავსებულია გრუნტის ფორებში ორგვარი სახით: კაპილარული და გრავიტაციული.

გრავიტაციული წყალი (ანუ გრუნტის წყალი) სრულებით არაა დაკავშირებული მინერალურ ნაწილაკებთან და გადაადგილდება თავისი წონის ზეგავლენით. როდესაც გრუნტი შეიცავს ხსნად მარილებს, როგორცაა, მაგალითად, კალციუმის, ნატრიუმისა და მაგნიუმის სულფატები, მათი გახსნის შედეგად გრუნტის წყალი იძენს აგრესიულ თვისებებს, რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს კონსტრუქციების მიწისქვეშა ნაწილების დაშლა, დარღვევა და კოროზია. ამიტომაც, რომ გრუნტების შესწავლასთან ერთად გამოიკვლევინ აგრეთვე გრუნტის წყლის აგრესიულობის ხარისხს.

კაპილარული წყალი შეიძლება იყოს ფორებში იზოლირებულ-ჩაკეტილ მდგომარეობაში და მის სხვადასხვა ფორებში მდებარე ნაწილაკები უკავშირდებოდნენ ერთმანეთს, ხოლო შემდეგ – გრავიტაციული წყლის ზედაპირს. რამდენადაც წვრილმარცვლოვანია გრუნტი, იმდენად მცირეა ფორების ზომები და მაშასადამე, მეტია წყლის კაპილარული აწევა. წყლის კაპილარული აწევის მნიშვნელობის განსაზღვრა საჭიროა გრუნტების სამშენებლო თვისებების ცვლილებების დასადგენად და აგრეთვე, ნაგებობების მიწისქვეშა ნაწილების ჰიდროიზოლაციის კონსტრუქციების შესარჩევად.

გრუნტის ფორების გარკვეული ნაწილი დაკავებული აქვთ გ) აირებს. გარკვეულ სიღრმეზე აირები ჩაკეტილია გრუნტების ფორებში და განიცდიან მათ ზემოთ განლა-

გებულები ფენების დაწნევას, რომელიც შეიძლება რამდენიმე ატმოსფეროს აღწევდეს. ასეთი წნევის შედეგად აირები შეიძლება გაიხსნან წყალში, რომელსაც, ჩვეულებრივ, დაკავებული აქვს ფორების ნაწილი, ხოლო წნევის შემცირებისას ისინი ისევ გამოიყოფიან წყლიდან. ამრიგად, ჩაკეტილი აირები (ორთქლი) თავის მხრივ ავითარებენ გარკვეულ წნევას გრუნტის ჩონჩხზე ფორების შიგნიდან (ფორული წნევა) და ვინაიდან ისინი თვითონ დრეკადი თვისებისაა, რამდენადმე ზრდიან გრუნტების დრეკადობის ხარისხს, ხელს უშლიან გარე დატვირთვების ზეგავლენით ჩონჩხის სტრუქტურის რღვევას და მაშასადამე ზრდიან გრუნტის სტრუქტურულ სიმტკიცეს. ჩაკეტილი აირი ძნელად გადაადგილდება გრუნტებში და თავის მხრივ, წინააღმდეგობას უწევს წყლის ფილტრაციას, რის შედეგადაც თიხოვანი გრუნტების ჯდომის პროცესი გარე დატვირთვების ზეგავლენით ნელდება. მისი დაჩქარება შეიძლება ჩონჩხის სტრუქტურის დარღვევით, მაგალითად, დინამიკური დატვირთვების ზემოქმედებით.

§13 გრუნტების ფიზიკური მახასიათებლები

გრუნტების ფიზიკური მდგომარეობის მახასიათებლები პირობითად შეიძლება ორ ჯგუფად დაიყოს:

ძირითადი ფიზიკური მახასიათებლები: სიმკვრივე, კუთრი წონა, ტენიანობა, რომლებიც განისაზღვრება ლაბორატორიული წესით ან საველე პირობებში გამოცდით. ხოლო მეორე ჯგუფში შემავალი მახასიათებლები, როგორცაა ჩონჩხის კუთრი წონა, ტენიანობის კოეფიციენტი, ფორიანობა და სხვა, მიიღება გაანგარიშებით.

სიმკვრივე არის ერთეული მოცულობის გრუნტის მასა მის ბუნებრივ მდგომარეობაში:

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{m_d + m_\omega}{v_d + v_n} \quad (\text{კნ/მ}^3) \quad (1.1)$$

სადა m არის გრუნტის ნიმუშის მთლიანი მასა ბუნებრივ მდგომარეობაში;

v – გრუნტის ნიმუშის მთლიანი მოცულობა;

m_d – გრუნტის ნონჩის (მინერალური ნაწილაკების) მასა;

m_ω – წყლის მასა;

v_d – მინერალური ნაწილაკების მოცულობა;

v_n – ფორების მოცულობა.

კუთრი წონა განისაზღვრება ფორმულით:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (\text{კნ/მ}^3) \quad (1.2)$$

სადაც $g = 10$ მ/წმ² სიმძიმის ძალის აჩქარებაა.

ნაწილაკების სიმკვრივე წარმოადგენს მინერალური ნაწილაკების მასის ფარდობას მათ მოცულობასთან:

$$p_s = \frac{m_d}{v_d} \quad (\text{კნ/მ}^3) \quad (1.3)$$

გრუნტის ნაწილაკების კუთრი წონა:

$$\gamma_s = p_s \cdot g \quad (\text{კნ/მ}^3) \quad (1.4)$$

კუთრი წონის განსაზღვრისათვის გრუნტს აბსოლუტურად გამოაშრობენ, აწონიან და ყოფენ მინერალური ნაწილაკების მოცულობაზე. ტენიანობა (წყლის შემცველობა გრუნტში) გამოისახება პროცენტობით და განისაზღვრება ფორმულით:

$$W = \frac{m_{\omega}}{m_d} \cdot 100\% - \frac{m - m_d}{m_d} \cdot 100\%$$

ტენიანობის დასადგენად წონიან გრუნტის ნიმუშს მის ბუნებრივ მდგომარეობაში და აბსოლუტურად გამოშრობის შემდეგ.

გრუნტის ჩონჩხის კუთრი წონა გამოისახება ტენიანობის საშუალებით და აღინიშნება γ_d -თი. ერთეული მოცულობის გრუნტისათვის:

$$W = \frac{\gamma - \gamma_d}{\gamma_d} \cdot 100\% \quad (1.6)$$

გამომშრალი გრუნტის კუთრი წონა:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + 0,01W} \quad (1.7)$$

ფორიანობის კოეფიციენტი:

$$f = \frac{\gamma_s}{\gamma} (1 + 0,01W) - 1 \quad (1.8)$$

ფორიანობის კოეფიციენტი წარმოადგენს გრუნტის სიმკვრივის მანქენებელს, როცა $f > 1$, გრუნტი თავის ბუნებრივ მდგომარეობაში უვარგისია ნაგებობათა ფუძეებად და საჭიროა მისი შემაგრება ან შემკვრივება. ქვიშოვანი გრუნტები ფორიანობის კოეფიციენტის მიხედვით იყოფიან მკვრივ, საშუალო სიმკვრივის და ფხვიერ გრუნტებად.

გრუნტის ფორების წყლით შევსების ხარისხს, ტენიანობის ხარისხი ეწოდება:

$$S_r = \frac{W \cdot \gamma_s}{f \cdot \gamma_{\omega}} \quad (1.9)$$

სადაც $\gamma_{\omega} = 10$ კნ/მ³ წყლის კუთრი წონაა.

ტენიანობის ხარისხის მიხედვით გრუნტები იყოფიან:

მცირე ტენიანი - $0 < S_r \leq 0,5$

ტენიანი - $0,5 < S_r \leq 0,8$

წყლით გაუღენთილი - $0 < S_r \leq 0,5$

ცხადია, რომ როცა გრუნტი ორფაზიან სისტემას წარმოადგენს, ტენიანობის ხარისხი იქნება 1-ის ან 0-ის ტოლი, ხოლო მისი შუალედი მნიშვნელობისათვის გვექნება გრუნტის სამფაზოვანი სისტემა. ბნევადი (ქვიშოვანი) გრუნტების სიმკვრივე განისაზღვრება:

ა) ლაბორატორიული წესით ფორიანობის კოეფიციენტისა და ეგრეთ წოდებული ფარდობითი სიმკვრივის მიხედვით, რომელიც განისაზღვრება ჭაურებიდან და შურფებიდან აღებული გრუნტის სინჯებისათვის და ბ) საველე გამოცდებით-ზონდირებით.

ა) სუფთა ქვიშებისათვის საკმარისია განისაზღვროს ბუნებრივი ფორიანობის კოეფიციენტი. ρ, ρ_s და w -ის განსაზღვრით მონიხება

$$\ell = \frac{Y_s}{\gamma} (1 + w) - 1 \quad (1.10)$$

და შედარდება ცხრილურ მონაცემებს.

უფრო ზოგადი მახასიათებელია (ნებისმიერი მინერალური შემადგენლობის ქვიშებისათვის) ფარდობითი სიმკვრივე ანუ სიმკვრივის ინდექსი:

$$I_p = \frac{\ell_{\max} - \ell}{\ell_{\max} - \ell_{\min}} \quad (1.11)$$

სადაც ℓ_{\max} ფორიანობის კოეფიციენტის მნიშვნელობაა ყველაზე უხვიერ მდგომარეობაში, ℓ_{\min} - ყველაზე შემკვრივებულ მდგომარეობაში.

როცა $I_p \leq \frac{1}{3}$ გრუნტი ფხვიერია, $I_p = \frac{1}{3} \div \frac{2}{3}$ - საშუალო სიმკვრივის, $I_p = \frac{2}{3} \div 1$ - მკვრივი.

ბ) ბუნებრივ მდგომარეობაში მყოფი გრუნტის ზონდირებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ხიმიწვების მზიდუნარიანობის განსაზღვრისათვის. ამჟამად ზონდირება წარმოებს ორი ხერხით: სტატიკურით და დინამიკურით. მათგან უფრო ეფექტურია სტატიკური ზონდირება — გრუნტში ჩაიყურსება სტანდარტული კონუსი (დიამეტრით 36 მმ, ფუძის ფართობით 10 სმ²) და დინამომეტრით განისაზღვრება გრუნტის ზღვრული წინაღობა ჩაყურსვისადმი, რომლის მიხედვით განისაზღვრება ქვიშოვანი გრუნტების ფარდობითი სიმკვრივე და თიხოვანი გრუნტების კონსისტენცია.

დინამიკური ზონდირება წარმოებს სტანდარტული გრუნტის სინჯის ამღები ხელსაწყოთი, რომლის გარე დიამეტრია 51 მმ და რომლის ჩაშვება გრუნტში (30 სმ-ზე) წარმოებს თავისუფლად ვარდნილი უროებით მასით 63,5 კგ 71 სმ სიმაღლიდან. გამოცდის დროს აფიქსირებენ დარტყმათა რაოდენობას, რომელიც საჭიროა ხელსაწყოს ჩასაშვებად გრუნტში საჭირო სიღრმეზე. ბუნებრივია, რომ რაც უფრო მკვრივია გრუნტი, მით უფრო მეტი რაოდენობის დარტყმებია საჭირო ხელსაწყოს ჩასაშვებად.

წყლის შემცველი რაოდენობის მიხედვით განასხვავებენ თიხოვანი გრუნტების 3 ძირითად მდგომარეობას (კონსისტენციას): მყარს, პლასტიკურსა და დენადს.

გრუნტი პლასტიკურია იმ შემთხვევაში, თუ მისი ფორმის შეცვლა არ გამოიწვევს მოცულობის ცვალებადობას და მთლიანობის დარღვევას.

თუ პლასტიკური გრუნტის ტენიანობას შევამცირებთ თანდათან გამოშრობით, ჯერ აორთქლდება თავისუფალი წყალი, ხოლო შემდეგ სუსტად დაკავშირებული. ელექტრომოლეკულური ძალების ზეგავლენით გრუნტის მინერალური ნაწილაკები უფრო დაუახლოვდებიან ერთმანეთს და გრუნტი მოცულობაში მოიკლებს, რასაც შეკლება ეწოდება. ამასთან გრუნტის პლასტიკური თვისებები თანდათან შემცირდება და გრუნტი საბოლოოდ გადავა მყარ მდგომარეო-

ბაში. გრუნტში წარმოიქმნება შეკლებადი ბზარები, რაც იმის ნიშანია, რომ აორთქლება დაიწყო უკვე მტკიცედ დაკავშირებულმა წყალმა. ტენიანობის მნიშვნელობას, რომლის დროსაც პლასტიკური გრუნტი მყარ მდგომარეობაში გადადის, პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი, ანუ აგარების ზღვარი ეწოდება (W_p). შემდეგ, თუ იმავე გრუნტს თანდათანობით დაუვმატებთ წყალს, იგი მოიმატებს მოცულობაში, გაფუფუნება (გაჯირჯვდება), რაც დაკავშირებული წყლის აპკის სისქის გაზრდის შედეგია. გრუნტი მყარი მდგომარეობიდან გადავა პლასტიკურ მდგომარეობაში, ხოლო შემდეგ - დენად მდგომარეობაში.

ტენიანობის იმ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც გრუნტი პლასტიკური მდგომარეობიდან დენად მდგომარეობაში გადადის, პლასტიკურობის ზედა ზღვარი ანუ დენადობის ზღვარი (W_L) ეწოდება. პლასტიკურობის ზედა და ქვედა ზღვრებს კონსისტენციის ზღვრები (ატერბერგის ზღვრები) ეწოდება და აღინიშნებიან W_L და W_p . მათ სხვაობას კი ეწოდება პლასტიკურობის რიცხვი:

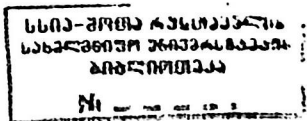
$$I_p = W_L - W_p$$

თიხოვანი გრუნტის ფიზიკური მდგომარეობის დასახასიათებლად შემოღებულია დამატებითი მაჩვენებელი - დენადობის მაჩვენებელი ანუ უბრალოდ კონსისტენცია:

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p} \quad (1.12)$$

§1.4 გრუნტების კლასიფიკაცია

1) მარცვლების სიმსხოს მიხედვით, რითაც განისაზღვრება მსხვილნამტვრევი და ქვიშოვანი გრუნტების სახეობა



(იხ. ცხრ. 1.1). მაგალითად, ცხრილიდან თუ 2 მმ-ზე მეტი მსხვილი ფრაქციები შეადგენენ 50%-ზე მეტს, გვაქვს ხრეშოვანი ქვიშა.

2) როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ფორიანობის კოეფიციენტის მიხედვით განისაზღვრება ქვიშოვანი გრუნტების სიმკვრივე, (მკვრივი, საშუალო სიკვრივის, ფხვიერი). იმ შემთხვევაში, როცა გრუნტი არაა მთლიანად გაჯერებული წყლით $S_r < 1$, იგი წარმოადგენს სამფაზოვან სისტემას, ხოლო როცა გრუნტი მთლიანად წყალნაჯერია ე. ი. $S_r = 1$ ამ შემთხვევაში გრუნტები (რომლებიც უმრავლეს შემთხვევაში მდებარეობენ გრუნტის წყლების ქვემოთ) წარმოადგენენ ორფაზოვანი გრუნტების განსაკუთრებულ კლასს, რომლებისთვისაც გამოიყენება გრუნტების ფილტრაციული კონსოლიდაციის (შემკვრივების) სპეციალური თეორია.

3) პლასტიკურობის რიცხვის I_p მიხედვით განსაზღვრავენ თიხოვანი გრუნტის სახეობას:

ქვიშნარი $0,01 \leq I_p \leq 0,07$

თიხნარი $0,07 \leq I_p \leq 0,17$

თიხა $I_p > 0,17$

4) დენადობის მაჩვენებლის მნიშვნელობის მიხედვით განისაზღვრება თიხოვანი გრუნტების მდგომარეობა (იხ. ცხრ. 1.2).

5) ტენიანობის ხარისხის მიხედვით განისაზღვრება მსხვილნამტვრევი და ქვიშოვანი გრუნტების ტენიანობა.

ცხრილი №1.1

მსხვილნამტვრევი და ქვიშოვანი გრუნტების სახეობანი

გრუნტების დასახელება	მშრალი გრუნტების წონითი შემცველობის პროცენტები
მსხვილნამტვრევი:	
1. კენჭოვანი და ლოდებიანი	200 მმ-ზე მსხვილი ფრაქციები შეადგენენ 50%-ზე მეტს.
2. კენჭოვანი და ლორღოვანი	10 მმ-ზე მსხვილი ფრაქციები შეადგენენ 50%-ზე მეტს.

<p>3. ხრეშოვანი და ხვინჯოვანი ქვიშოვანი:</p> <p>1. ხრეშოვანი ქვიშა</p> <p>2. მსხვილი ქვიშა</p> <p>3. საშუალო სიმსხოს</p> <p>4. წვრილი ქვიშა</p> <p>5. მტვროვანი ქვიშა</p>	<p>2 მმ-ზე მსხვილი ფრაქციები შეადგენენ 50%-ზე მეტს.</p> <p>2 მმ-ზე მსხვილი ფრაქციები შეადგენენ 25%-ზე მეტს.</p> <p>0,5 მმ-ზე მსხვილი ფრაქციები შეადგენენ 50%-ზე მეტს.</p> <p>0,25 მმ-ზე მსხვილი ფრაქციები შეადგენენ 50%-ზე მეტს.</p> <p>0,1 მმ-ზე მსხვილი ფრაქციები შეადგენენ 75%-ზე მეტს.</p> <p>0,1 მმ-ზე მსხვილი ფრაქციები შეადგენენ 75%-ზე ნაკლებს.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ცხრილი №12

თიხოვანი გრუნტების სახეობანი დენადობის მაჩვენებლის (კონსისტენციის) მიხედვით

გრუნტის სახეობა	დენადობის მაჩვენებელი
<p>ქვიშნარები:</p> <p>1. მყარი</p> <p>2. პლასტიკური</p> <p>3. დენადი</p>	<p>$I_L < 0$</p> <p>$0 \leq I_L \leq 1,0$</p> <p>$I_L > 1,0$</p>
<p>თიხნარები და თიხები:</p> <p>1. მყარი</p> <p>2. ნახევრად მყარი</p> <p>3. ძნელპლასტიკური</p> <p>4. რბილპლასტიკური</p> <p>5. დენადპლასტიკური</p> <p>6. დენადი</p>	<p>$I_L < 0$</p> <p>$0 \leq I_L \leq 0,25$</p> <p>$0,25 \leq I_L \leq 0,5$</p> <p>$0,5 \leq I_L \leq 0,75$</p> <p>$0,75 \leq I_L \leq 1,0$</p> <p>$I_L > 1,0$</p>

§1.5 ზოგიერთი განსაკუთრებული თვისების მქონე გრუნტები

მათ ახასიათებთ განსაკუთრებული, მკვეთრად განსხვავებული თვისებები. ესენია:

ლამები – თიხოვანი გრუნტებია, რომლებიც წარმოშობილია წყალში დალექვით. მათი ბუნებრივი ტენიანობა (W) დენადობის ზღვარზე მეტია. ხასიათდებიან ფორიანობის კოეფიციენტის დიდი მნიშვნელობით.

ჩაჯდომადი გრუნტები – ეს არის ისეთი თიხოვანი გრუნტები, რომლებიც დასველების დროს განიცდიან თავისი სტრუქტურის მკვეთრ რღვევას და საკუთარი წონით ან გარე დატვირთვების ზეგავლენით ძლიერ მოკლე დროში იძლევიან დამატებით ჯდომებს.

ჩაჯდომად გრუნტებს განეკუთვნება ლიოსები და ლიოსისებრი (ლენტური თიხები და ტორფები) თიხნარები. ისინი შედგებიან ძირითადად მტეროვანი ნაწილაკებისგან, რომლებიც ერთმანეთს უკავშირდებიან ხსნადი მარილებით (კარბონიტებით, სულფატებით და ქლორიდებით). ხასიათდებიან დიდი ფორიანობით. მათი ბუნებრივი ტენიანობა მცირეა, რომელიც ჩვეულებრივ აგორების ზღვარზე ნაკლებია. ბუნებრივი ტენიანობის პირობებში გააჩნიათ საკმაოდ მაღალი სიმტკიცე, მაგრამ დასველების დროს ძლიერ მოკლე დროში კარგავენ სიმტკიცეს და იძლევიან დიდ და არათანაბარ ჯდომებს.

გრუნტების ძირითადი სადეფორმაციო მახასიათებელია ფარდობითი ჩაჯდომადობა, რომელიც წარმოდგენილია შემდეგნაირად:

$$\delta_n = \frac{h-h'}{h_0} \quad (1.13)$$

სადაც h არის ბუნებრივი ტენიანობის გრუნტის ნიმუშის სიმაღლე, შეკუმშული კომპრესიის პირობებში ისეთი

წნევით, რომელიც გამოწვეულია გრუნტის საკუთარი წონით და გარე დაწნევით. h' – იმავე ნიმუშის სიმაღლე წნევის იმავე მნიშვნელობისათვის გრუნტის სრული წყალგაუღენთვის პირობებში. h_0 – იმავე გრუნტის ნიმუშის სისქე, როდესაც იგი შეკუმშულია ბუნებრივი ტენიანობის პირობებში, გრუნტის საკუთარი წონის ეკვივალენტური წნევით. გრუნტი ნაჯდომადია თუ $\delta_H \geq 0,01$.

ნაჯდომად გრუნტებს მიეკუთვნება აგრეთვე ე.წ. ლენტური თიხები, რომლებიც წარმოშობილია მყინვარებიდან ჩამონადენების დაღეჭვის შედეგად. აგრეთვე ტორფები და დატორფილი გრუნტები. თუ ისინი მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავენ ორგანულ ნივთიერებებს.

გრუნტებს, რომლებიც დასველების შედეგად მატულობენ მოცულობაში, ჯირჯვადი გრუნტები ეწოდება. ასეთი თვისებებით ხასიათდებიან წვრილმარცვლოვანი ბმული გრუნტები, როგორცაა თიხები და თიხნარები, რამდენადაც მეტია გრუნტში თიხოვანი და კოლოიდური ნაწილაკები, იმდენად დიდია მისი გაჯირჯვება.

გრუნტი ჯირჯვადია თუ ფარდობითი გაჯირჯვება $\delta_H \geq 0,04$

$$\delta_H = \frac{h' - h}{h} \quad (1.14)$$

სადაც h – არის ბუნებრივი ტენიანობის გრუნტის ნიმუშის საწყისი სიმაღლე.

h' – იმავე ნიმუშის სიმაღლე მისი თავისუფალი (დატვირთვის გარეშე) გაჯირჯვების შემდეგ, როცა გრუნტი დასველებულია სრულ გაუღენტამდე და გაჯირჯვება მიმდინარეობს გრუნტის გვერდითი გაგანიერების გარეშე.

გაყინული გრუნტი წარმოადგენს ოთხფაზიან სისტემას: მინერალური ნაწილაკები, ყინული, წყალი თხევად მდგომარეობაში და აირები. გაყინული გრუნტები ორგვარია: გრუნტები, რომლებიც ზამთარში იყინება და ზაფხულში ლღვება (სეზონური გაყინვა) და გრუნტები, რომლებიც

მრავალი წლის განმავლობაში ინარჩუნებენ უარყოფით ტემპერატურას. ბურცვადობისა და ჩაჯდომადობის თვალსაზრისით, უკეთესი გრუნტებია ხრეშოვანი, მრავალმარცვლოვანი, სუფთა ქვიშები და აგრეთვე ზოგიერთი თიხა, ხოლო უუარგისია მტვროვანი თიხნარები და ქვიშნარები, რაც იმით აიხსნება, რომ ქვიშებში წყალი ჩვეულებრივ მთლიანად იყინება, ხოლო თიხებში ყოველთვის რჩება მისი მნიშვნელოვანი ნაწილი თხევად მდგომარეობაში. გაყინული გრუნტის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია ე. წ. ფარდობითი ყინულიანობა, რომელიც უდრის გრუნტში შემცველი ყინულის მასის ფარდობას მთელი წყლის მასასთან.

თავი 2. გრუნტების მექანიკის ძირითადი ჯანონზომიერებანი

§2.1. გრუნტების დეფორმაციების სახეობანი

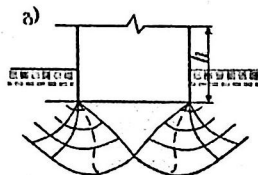
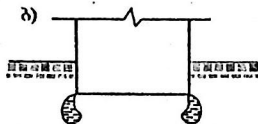
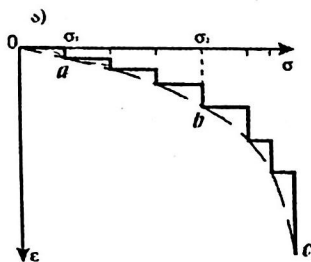
გრუნტების თვისებას – გაუწიოს წინააღმდეგობა გარე დატვირთვების ზემოქმედებას და ამ დატვირთვების მოქმედების ხასიათის მიხედვით მიიღოს გარკვეული სახის დეფორმაცია – გრუნტების საინჟინრო, ანუ მექანიკური თვისება ეწოდება. გრუნტებში არჩევენ ორგვარი სახის დეფორმაციას: კუმშვადისა და ძვრის.

როგორი მცირეც არ უნდა იყოს გარე დატვირთვა, გრუნტი აუცილებლად მიიღებს ამა თუ იმ სიდიდის დეფორმაციას, მაგრამ დასაწყისში, სანამ არ მომხდარა მინერალური ნაწილაკების ურთიერთგადაადგილება, (ე. ი. სტრუქტურა უცვლელია) ეს დეფორმაცია ძირითადად იქნება დრეკადი (ე. ი. თუ მოვხსნით დატვირთვას, გრუნტი აღიდგენს თავის საწყის მოცულობას).

როდესაც გრუნტის დაძაბულობა გადააჭარბებს თავის სტრუქტურულ სიმტკიცეს ანუ ბმულობის წინაღობას, იწყება მინერალური ნაწილაკების ურთიერთგადაადგილება, რის შედეგადაც მცირდება ფორების მოცულობა ე. ი. გრუნტი შემკვრივდება. კუმშვადი დეფორმაციის ეს სახეობა არის მთლიანად ან ნაწილობრივ ნარჩუნადი. გრუნტის დაძაბულობის გარკვეული მნიშვნელობისათვის მთავრდება დეფორმაციის შემკვრივების ფაზა. ირღვევა გრუნტის სიმტკიცე და იწყება ძვრის ანუ ცოცვადი დეფორმაციები, რომელსაც უწოდებენ გვერდითი ძვრის ფაზას. ამ დროს გრუნტის მოცულობის ერთი ნაწილი გადაადგილდება მეორეს მიმართ და ამ გადაადგილების ზედაპირს, რომელსაც მრუდის ფორმა აქვს, ძვრის ანუ რღვევის ზედაპირი ეწოდება, ხოლო გრუნტის წინაღობას ასეთი გადაადგილების მიმართ ეწოდება ძვრის წინაღობა.

გრუნტების ძაბვებისა და დეფორმაციების ურთიერთდამოკიდებულებას იკვლევენ ცდებით და შედეგებს გამოსახავენ გრაფიკით. აბსცისათა ღერძზე გადაზომილია ძაბვა, ხოლო ორდინატთა ღერძზე – შესაბამისი ფარდობითი დეფორმაცია.

პროფესორ გერსეევანოვის მიხედვით, გრუნტების დეფორმაციების მიმდინარეობა მცირე ჩაღრმავების საპირკვლისთვის შეიძლება სამ ფაზად დაიყოს: I ფაზას შეესაბამება გრაფიკის oa მონაკვეთი და მას შემკვრივების ფაზა ეწოდება, მის შესაბამის n_1 ძაბვას კი პროპორციულობის ზღვარი (ნახ. 2.1ა). ac მონაკვეთის შესაბამის დეფორმაციას გვერდითი ძვრების ფაზა ეწოდება. ხოლო n_2 ძაბვას – მდგრადობის ზღვარი. ძვრის ზედაპირები ამ ფაზაში ლოკალური ხასიათისაა და ამის გამო გრუნტს არა აქვს დაკარგული მდგრადობა (ნახ. 2.1ბ). ძაბვების შემდგომი ზრდისას გრუნტის მდგრადობა ირღვევა, რაც რღვევის, ანუ ძვრის მთლიანი ზედაპირების წარმოშობის შედეგია. დეფორმაციები ამ დროს დენად ხასიათს ღებულობენ. ესაა დეფორმაციების უკანასკნელი III რღვევის ფაზა (ნახ. 2.1გ).



ნახ. 2.1. დამოკიდებულება ძაბვებს და დეფორმაციებს შორის გრუნტზე მზარდი დატვირთვის მოქმედების შემთხვევაში.

უნდა აღინიშნოს, რომ შემკვრივების ფაზის დასასრულს გრუნტში წარმოიშობა ე. წ. ხისტი ბირთვი, რომელიც უცვლელი რჩება, მაგრამ გრუნტში წარმოიშობა დამატებითი პლასტიკური დეფორმაციები (ნახ. 2.1გ, წყვეტილი ხაზი) ამ დროს გრუნტში ხდება ნაწილაკების გვერდითი გადაადგილება და წარმოიქმნება რღვევის ზედაპირები (დატვირთვის შემდგომი ზრდისას) და გრუნტი კარგავს მდგრადობას.

იმ შემთხვევაში, როცა გარე წნევების (დატვირთვების) სიდიდე საშუალო სიმკვრივის გრუნტებისათვის არ აღემატება 0.1-0.3 მპა, ხოლო მკვრივი და მყარი გრუნტებისათვის (0.5-0.7 მპა) დამოკიდებულება ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის შეიძლება მიღებული იქნეს როგორც სწორხაზოვანი (იხ. გრაფიკაზე 0ა მონაკვეთი - შემკვრივების ფაზა). ეს საშუალებას იძლევა გრუნტებისათვის შემოდებული იქნეს ეგრეთ წოდებული წრფივად-დეფორმირებადობის პრინციპი:

$$\varepsilon = a_{c.n.} \cdot \sigma \quad (2.1)$$

სადაც $a_{c.n.}$ არის პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც უმარტივეს შემთხვევაში

$$a_{c.n.} = \frac{\beta}{E_0} \quad (2.2)$$

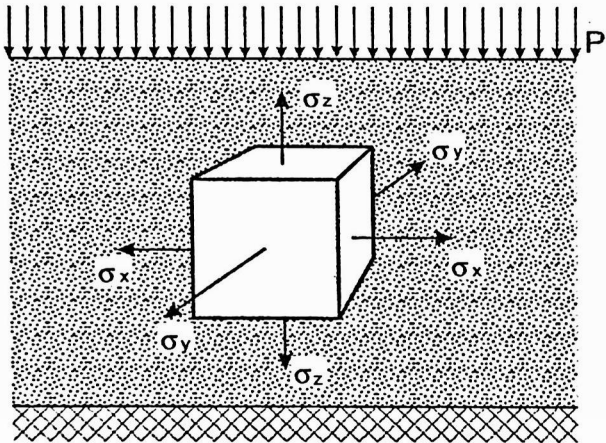
წრფივად დეფორმირებადობის პრინციპი, თავის მხრივ, საშუალებას იძლევა გრუნტებისათვის გამოყენებული იქნეს დრეკადობის თეორიის განტოლებები.

§2.2. კუმშვადობა. კუმშვადობის კანონი

ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის დამოკიდებულების ანალიზური გამოსახვა შეიძლება გარკვეული პარამეტრებით, რომლებსაც გრუნტების მექანიკური მახასიათებლები ეწოდება, და ვინაიდან კუმშვადი დეფორმაციები ძირითადად

მინერალური ნაწილაკების გვერდითი გადაადგილების გარეშე მიმდინარეობს, მათი მნიშვნელობა მიიღება გრუნტის ერთზომადი შეკლების (კომპრესიის) პირობებში, როცა გამორიცხულია მისი ნაწილაკების გვერდითი გადაადგილება. თეორიულად ასეთ პირობებში იმუშავენ გრუნტი, როდესაც მის ზედაპირზე დატვირთვის მოქმედების გავრცელება კუმშვადი ფენის სისქესთან შედარებით უსასრულოდ დიდია.

შემკვრივების ფაზაში დამოკიდებულება ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის გრუნტის დაძაბული მასივის ელემენტარული მოცულობისთვის შესაძლებელია წარმოდგენილი იქნას ჰუკის კანონით.



ნახ. 22 გრუნტის დაძაბული მდგომარეობა განაწილებული დატვირთვის შემთხვევაში

გრუნტი საერთოდ იმყოფება სამღერძა დაძაბულობის პირობებში და ფარდობითი დეფორმაციები შეიძლება განზარალებული იქნეს შემდგენიარად:

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E_0} [n_z - \mu_0 (n_x + n_y)] \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E_0} [n_x - \mu_0 (n_z + n_y)] \quad (2.4)$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E_0} [n_y - \mu_0 (n_z + n_x)] \quad (2.5)$$

ე.ი. გრუნტის დეფორმაციის გაანგარიშებისათვის (ძაბვების გარკვეული მნიშვნელობისას) საკმარისია ვიცოდეთ საერთო დეფორმაციის მოდული E_0 და პუასონის კოეფიციენტი μ_0 , რომელთაც გრუნტის მექანიკური მახასიათებლები ეწოდებათ და რომელთა სწორი დადგენა გადამწყვეტია ნაგებობათა ფუძეების შეფასების საქმეში. როგორც, 2.1 გრაფიკიდან ჩანს დატვირთვის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის დამოკიდებულება ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის მრუდხაზოვანია, რაც იმას ნიშნავს, რომ დატვირთვის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის, რომელიც აღემატება სტრუქტურულ სიმტკიცეს, გრუნტის შესაბამისი დეფორმაცია წარმოადგენს დრეკადი და ნარჩენი დეფორმაციების ჯამს. ამიტომ E_0 წარმოადგენს არა დრეკადობის მოდულს, როგორც ეს დრეკადი სხეულებისთვისაა მიღებული, არამედ გრუნტის საერთო დეფორმაციის მოდულს.

გრუნტის კუმშვადობის მახასიათებლების დადგენა ხდება კომპრესიის პირობებში, როცა გამორიცხულია ნაწილაკების გვერდითი გადაადგილების შესაძლებლობა. ე.ი. დავუშვათ, რომ $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$ აღვნიშნოთ გრძივი და განივი წვეწები შესაბამისად $n_z = n_1$, $n_x = n_y = n_2$. ზემოთ მოყვანილი განტოლებებიდან მივიღებთ:

$$((2.3)\text{-დან}) \quad \varepsilon_z = \frac{1}{E_0} (n_1 - 2\mu_0 n_2) \quad (2.6)$$

$$(2.4) \text{ და } (2.5)\text{-დან} \quad \varepsilon_x = \varepsilon_y = \frac{1}{E_0} [(n_2 - \mu_0)(n_1 + n_2)] = 0 \quad (2.7)$$

$$\text{ამიტომ} \quad n_2 - \mu_0(n_1 + n_2) = 0 \quad (2.8)$$

$$\text{აქედან} \quad n_2(1 - \mu_0) = \mu_0 n_1, \quad \frac{n_2}{n_1} = \frac{\mu_0}{1 - \mu_0} \quad (2.9)$$

ამ ფარდობას ეწოდება გრუნტის გვერდითი წნევის კოეფიციენტი, სტატიკური მდგომარეობისათვის და აღინიშნება ξ -ით

$$\text{ე. ი.} \quad \xi = \frac{\mu_0}{1 - \mu_0} \quad (2.10)$$

ზოგად შემთხვევაში გვერდითი წნევის კოეფიციენტი განისაზღვრება ფარდობით:

$$\xi = \frac{dn_2}{dn_1} \quad (2.11)$$

სადაც, dn_2 და dn_1 წარმოადგენენ გვერდითი და გრძივი წნევების ნამატს. ξ განისაზღვრება ლაბორატორიულად გრუნტის სამღერძა კუმშვაზე გამოცდით სტაბილომეტრში.

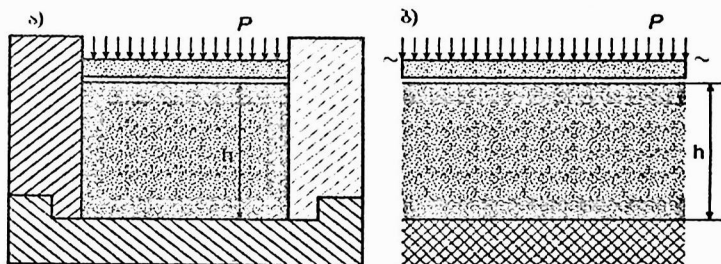
(2.11) ფორმულით განსაზღვრული ξ შეესაბამება გრუნტის მყარ მდგომარეობას, როცა გრუნტის დაძაბულობა პუკის კანონს ემორჩილება. თუ (2.6) ფორმულაში ჩავსვათ n_2 -ის მნიშვნელობას (2.9)-დან მივიღებთ:

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E_0} \cdot \left(n_1 - 2\mu_0 n_1 \frac{\mu_0}{1 - \mu_0} \right) = \frac{n_1}{E_0} \left(1 - \frac{2\mu_0^2}{1 - \mu_0} \right) \quad (2.12)$$

თუ აღვნიშნათ კუმშვადი შრის სისქეს h -ით, მის აბსოლუტურ დეფორმაციას S -ით, ხოლო $1 - \frac{2\mu_0^2}{1 - \mu_0} = \beta$ -თი, (2.12)-დან მივიღებთ:

$$S = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_0} \cdot h \cdot \beta \quad (2.13)$$

მივიღეთ გრუნტის ელემენტარული შრის აბსოლუტური დეფორმაციის გაანგარიშების ფორმულა, რომელიც გამოიყენება ნაგებობათა ფუძეების მოსალოდნელი ჯდომების განსასაზღვრავად. გრაფიკს, რომელიც იძლევა დამოკიდებულებას წნევასა P და ფორიანობის ℓ კოეფიციენტს შორის, კომპრესიის ანუ შემკვრივების მრუდი ეწოდება. მის ასაგებად აწარმოებენ გრუნტის ნიმუშის (20 მმ) გამოცდას სპეციალურ ხელსაწყოში, რომელსაც ოდომეტრი ეწოდება (ნახ. 2.3).



ნახ. 2.3 ოდომეტრი

დატვირთვის ყოველი საფეხურისათვის (0,05; 0,1; 0,2; 0,4 მპა) ზომავენ აბსოლუტურ დეფორმაციებს და ანგარიშობენ ფორიანობის კოეფიციენტის შესაბამის მნიშვნელობებს ფორმულით:

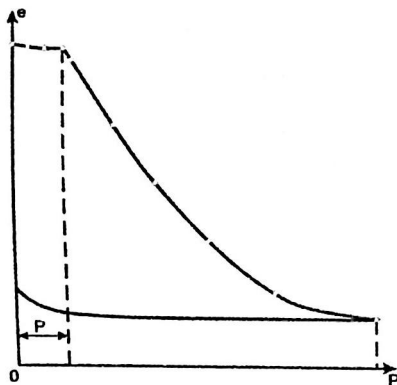
$$\ell_i = \ell_0 - \frac{S_i}{h} (1 + \ell_0) \quad (2.14)$$

სადაც ℓ_i არის ფორიანობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა შეკუმშვის შემდეგ გარკვეული P_i დატვირთვის (წნევის)

ქვეშ. ϵ_0 - კი მისი საწყისი მნიშვნელობა.

არაჩაჯდომადი გრუნტებისთვის კომპრესიის მრუდი დატვირთვის ძლიერ მცირე მნიშვნელობისათვის თითქმის პარალელურია დატვირთვების ღერძისა, ხოლო შემდეგ კი მკვეთრად ცვლის მიმართულებას, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ დატვირთვამ გადააჭარბა გრუნტის სტრუქტურული სიმტკიცის ზღვარს და ნიმუშის შემდგომი დეფორმაცია მიმდინარეობს მისი ფორების მოცულობის შემცირების ხარჯზე. ნიმუშის განტვირთვის შემდეგ იგი მოცულობაში მატულობს და გრაფიკზე მივიღებთ ე. წ. გაფხვიერების მრუდს.

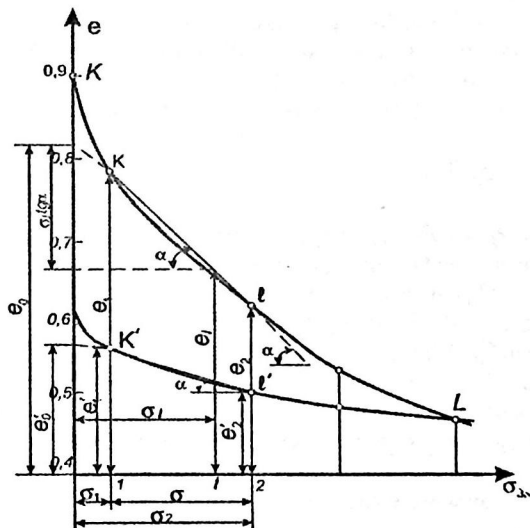
ჩაჯდომადი და გაყინული გრუნტების კომპრესიის გრაფიკები ერთმანთის მსგავსია (ნახ. 2.4). გრაფიკის ვარდნის მონაკვეთი ასახავს დეფორმაციის ხასიათს ლიოსების დასველებისა და გაყინული გრუნტების გაღვლილობის მომენტსათვის.



ნახ. 2.4 კომპრესიის მრუდი

კომპრესიის მრუდის დამრეცილობა გარკვეულ წარმოდგენას იძლევა გრუნტის კუმშვადობის ხარისხზე, რამდენა-

დაც დიდია მისი დამრეცა, იმდენად დიდია კუმშვადობა. განვიხილოთ კომპრესიის მრუდი, რომელიც აგებულია ისეთი დატვირთვისთვის, რომელიც გრუნტის სტრუქტურულ სიმტკიცეს აღემატება (ნახ. 2.5).



ნახ. 2.5 კომპრესიის მრუდის პარამეტრების განსაზღვრა

მრუდის გარკვეული kl მონაკვეთი პრაქტიკულად შეიძლება წრფით შევცვალოთ. მისი კოორდინატებია l_1 და l_2 . ესენია ფორიანობის კოეფიციენტის საწყისი და ბოლო მნიშვნელობები.

n_1 – გრუნტის საკუთარი წონით გამოწვეული წნევა, n_2 – ნაგებობის საძირკველის ძირზე განვითარებული წნევა. აღნიშნული წრფის დახრის კუთხის ტანგენს დატვირთვების ღერძთან ეწოდება გრუნტის შემკვრივების ანუ კუმშვადობის კოეფიციენტი და აღინიშნება a -თი.

$$\text{ქ. ი.} \quad \text{tg } \alpha = \frac{\ell_1 - \ell_2}{\delta_2 - \delta_1} = a \quad (2.15)$$

სხვაობა ($\delta_2 - \delta_1$) არის ქ. წ. მკუმშავი წნევა საძირკველის ძირზე და აღინიშნება δ -თი. მისი სიდიდე ჩვეულებრივ იცვლება 0,1-0,3 მპა ფარგლებში (რაც უფლებას გვაძლევს კომპრესიის მრუდის შესაბამისი მონაკვეთი წრფით შევცვალოთ). (2.15) ფორმულიდან ვრებულობთ:

$$\ell_1 - \ell_2 = a \cdot \delta \quad (2.16)$$

ეს ტოლობა ცნობილია, როგორც გრუნტების მექანიკის ერთ-ერთი ძირითადი კანონზომიერება და მას კუმშვადობის ანუ შემკვრივების კანონი ეწოდება. იგი სიტყვიერად შეიძლება ასე ჩამოვაყალიბოთ:

შემამკვრივებელი წნევების მცირე ცვალებადობის ფარგლებში, ფორიანობის კოეფიციენტის ცვალებადობა პირდაპირპროპორციულია წნევების ცვალებადობისა.

გრუნტის საერთო დეფორმაციის მოდული შეიძლება განსაზღვრული იქნეს კუმშვადობის კოეფიციენტის საშუალებითაც ფორმულით:

$$E_0 = \frac{1+\ell}{a} \cdot \beta \quad (2.17)$$

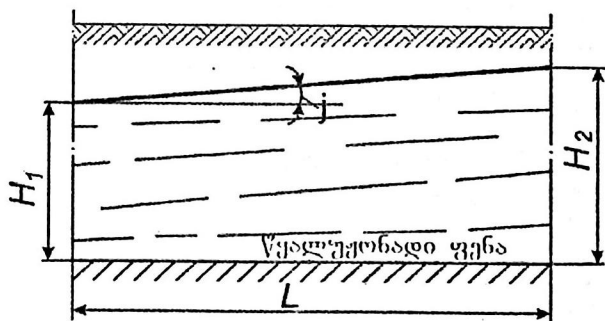
სადაც ℓ - ფორიანობის კოეფიციენტის საწყისი მნიშვნელობაა. ამისათვის უნდა ვიცოდეთ მკუმშავი წნევის $\delta = \delta_2 - \delta_1$ -ის მნიშვნელობა. მაშინ კომპრესიის მრუდზე (2.15) ფორმულით დადგინდება a -ს მნიშვნელობა. კოეფიციენტი β განისაზღვრება გვერდითი გაგანიერების კოეფიციენტის μ_0 -ის მიხედვით.

§2.3 გრუნტების წყალჟონადობა. დარსის კანონი

გრუნტის თვისებას – გაატაროს თავის ფორებში წყალი – ფილტრაცია ეწოდება. იგი შეიძლება იყოს ლამინარული, ანუ ნელი, სწორხაზოვანი და ტურბულენტური (მოუწესრიგებელი), როცა წყლის მოლეკულების მოძრაობის გზები მრავალჯერ გადაკვეთენ ერთმანეთს. ცდებით დამტკიცებულია, რომ გრუნტებში უმრავლეს შემთხვევაში წყლის მოძრაობა იქნება ლამინარული. წყლის ლამინარული მოძრაობის სიჩქარე, როცა გაჟონვის ფართობი ერთის ტოლია იანგარიშება ფორმულით:

$$V = k \cdot I \quad (2.18)$$

სადაც V - ფილტრაციის სიჩქარეა, I - ჰიდრავლიკური გრადიენტი ანუ კანობი, რომელიც ტოლია წყლის დაწნევათა სხვაობის ფარდობისა ფილტრაციის გზის სიგრძესთან: (ნახ: 2.6)



ნახ. 2.6 წყლის გრუნტებში ფილტრაციის სქემა

$$I = \frac{H_2 - H_1}{L} = \text{tg}j \quad (2.19)$$

ეს დამოკიდებულება ცნობილია დარსის კანონის სახელწოდებით (ფრანგი მეცნიერი, რომელმაც 1856 წელს დაადგინა იგი).

k - პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელსაც ფილტრაციის კოეფიციენტი ეწოდება. მას აქვს სიჩქარის განზომილება სმ/წმ როცა $I = 1$, $V = k$.

საერთოდ მიღებულია, რომ გრავიტაციული (ანუ გრუნტის) წყლის ტურბულენტური ხასიათის გადაადგილება შესაძლებელია მხოლოდ მსხვილ ნამტვრევ გრუნტებში და დაბზარულ კლდეში. ასეთი გრუნტებისათვის დადგენილია წყლის გადაადგილების სიჩქარის შემდეგი მნიშვნელობა:

$$V = k_1 \sqrt{I} \quad (2.20)$$

სადაც, k_1 არის ფილტრაციის კოეფიციენტის ანალოგიური სიდიდე, ხოლო I - ჰიდრაულიკური გრადიენტი. m იცვლება 1-2 შუალედში. 1-ლამინარულისათვის 2-ტურბულენტურისათვის (1-დან 2 შუალედში წყლის მოძრაობა ლამინარულიდან გადადის ტურბულენტურში).

ფილტრაციის სიჩქარე და მაშასადამე, ფილტრაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია გრუნტების გრანულომეტრულ შედგენლობაზე, ჰიდრაულიკურ ქანობაზე, ნაწილაკების გეომეტრიულ ფორმაზე, წყლის სიბლანტეზე და სხვა. ფილტრაციის კოეფიციენტი (ე.ი. ფილტრაციის სიჩქარეც) გაცილებით დიდია ქვიშოვან გრუნტებში ვიდრე თიხოვანში.

$$V = 10^{-1} - 10^{-4} \quad \text{სმ/წმ} - \text{ქვიშებში}$$

$$V = 10^{-7} \quad \text{სმ/წმ} - \text{თიხებში}$$

როგორც აღვნიშნეთ, ფილტრაციის სიჩქარე - ეს არის გაუონილი წყლის ხარჯი გარკვეულ დროში, მოსული გაუონის ერთეულ ფართობზე. ე. ი. ფილტრაციის სიჩქარე.

$$V = \frac{Q}{w \cdot t} \quad (2.21)$$

სადაც Q არის გაჟონილი წყლის ხარჯი, w – გაჟონვის ფართობი, t – დრო.

ვინაიდან $V = k \cdot I$, ამიტომ

$$k = \frac{Q}{w \cdot t \cdot I} \quad (2.22)$$

სტატიკური დატვირთვები, რომლებიც ნაგებობიდან ფუძეს გადაეცემა, გრუნტში წარმოშობს ჰიდროსტატიკურ წნევას – $P \cdot \gamma_w$ სადაც, P – სტატიკური დატვირთვის ინტენსივობაა, ხოლო γ_w – წყლის კუთრი წონა, რის შედეგადაც გრუნტიდან იწყებს გამოჟონვას თავისუფალი წყალი, რომელიც თანდათან კლებულობს და ბოლოს სრულებით წყდება. ერთდროულად მიმდინარეობს გრუნტის სიმკვრივისა და მაშასადამე სიმტკიცის ზრდის პროცესი.

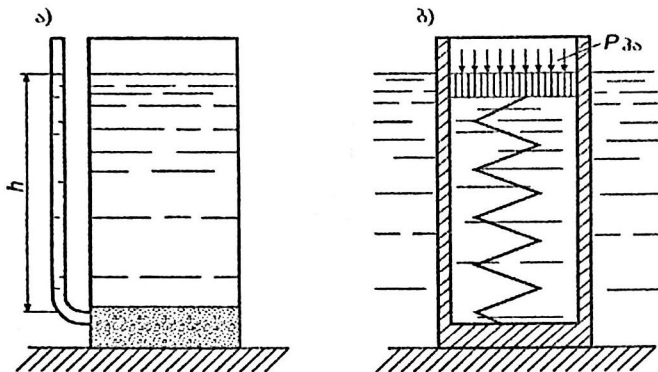
ფილტრაციული წყალი ავითარებს გარკვეული მნიშვნელობის დაწნევას გრუნტის ნაწილაკებზე. ასეთი ხასიათის ძალას, რომელიც გადაეცემა ერთეული მოცულობის გრუნტის ჩონჩხს, ჰიდროდინამიკური ანუ ფილტრაციული წნევა ეწოდება და გამოითვლება ფორმულით:

$$D = \frac{\gamma_w \cdot \omega (H_2 - H_1)}{\omega \cdot L} = \gamma_w \cdot I \quad (\text{კნ/მ}^3) \quad (2.23)$$

სადაც, $\gamma_w \cdot \omega (H_2 - H_1)$ არის წყლის დაწნევა ელემენტარულ ცილინდრზე, რომლის მოცულობაა $\omega \cdot L$ (განივკვეთის ფართობი ω და სიგრძე L).

გრუნტის კუმშვის პროცესს, რომელიც უშუალოდ დაკავშირებული წყლის გამოჟონვასთან, ფილტრაციული კონსოლიდაცია, ან უბრალოდ კონსოლიდაცია ეწოდება. ეს პროცესი პროფ. გერსევანოვმა წარმოადგინა შემდეგი მოდელის სახით: წყლიან ჭურჭელში ჩადგმულია ფოლადის

ზამბარები, რომლებიც იკუმშებიან მათ ზემოდან მდებარე ნასვრეტებიანი ფილის თანდათანობითი დატვირთვით. ზამბარა და წყალი ერთად წარმოადგენენ წყლით გაუღვნილი გრუნტის მოდელს, სადაც ზამბარებით შეცვლილია გრუნტის ჩონჩხი, ხოლო წყლით – ფორული წყალი (ნახ. 2.7)



ნახ. 2.7 გრუნტის ფილტრაციული კონსოლიდაციის მოდელი

გრუნტის ფილტრაციულ კონსოლიდაციას ყოფენ ორ ეტაპად. პირველ ეტაპზე დეფორმაცია მიმდინარეობს მხოლოდ ფორებიდან წყლის გამოჟონვის ხარჯზე. (უშვებენ რომ დატვირთვა ჭურჭელში მთლიანად გადაეცემა წყალს, რის შედეგადაც იგი იწყებს გამოჟონვას). იგი დეფორმაციების უდიდეს ნაწილს წარმოადგენს და მას პირველად კონსოლიდაციას უწოდებენ.

ზამბარებზე გადაცემული დატვირთვა თანდათან მატულობს, წყალზე – კლებულობს. თუ ფილაზე გადაცემულ დატვირთვას აღვნიშნავთ P -თი, წყალსა და ზამბარებზე გადაცემულს – P_w და P' -თი, კუმშვის ნებისმიერ მომენტში:

$$P = P_w + P'$$

P_{ω} – ეწოდება ნეიტრალური წნევა (გავლენას არ ახდენს ზამბარების დეფორმაციაზე). P' – ეფექტური წნევა (ზამბარების შეკუმშვა ამ წნევით ხდება). ფელტრაციის დამთავრების შემდეგ მიღებულ დეფორმაციას ეწოდება მეორეული კონსოლიდაცია, რაც ჩონჩხში განვითარებული ცოცვადი (ძვრის) დეფორმაციების და აირშემცველი წყლის კუმშვის შედეგს წარმოადგენს.

§2.4 წინაღობა ძვრაზე. კულონის კანონი

როგორც აღვნიშნეთ, ნაგებობათა ფუძეში გრუნტების დეფორმაცია მიმდინარეობს სამღერძა კუმშვის პირობებში. როდესაც მთავარ ძაბვებს შორის სხვაობა ზღვრულ მნიშვნელობას მიაღწევს, დაიწყება გრუნტის მოცულობის ერთი ნაწილის გადაადგილება მეორის მიმართ. ამ გადაადგილების ზედაპირი, რომელიც მცირე მოცულობის ნიმუშისათვის შეიძლება სიბრტყედ მივიღოთ, დახრილია მთავარი ძაბვების მიმართულებასთან, რაღაც კუთხით, რომლის მნიშვნელობა დამოკიდებულია გრუნტის სახეობაზე, ფიზიკურ მდგომარეობაზე, დატვირთვების მოქმედების ხასიათზე. გრუნტის მოცულობათა ნაწილაკების ურთიერთგადაადგილების წინაღობას ეწოდება გრუნტის შიგა წინაღობა ძვრისადმი ან ძვრის წინაღობა. გადაადგილების ზედაპირის ნებისმიერ ელემენტარულ ფართობზე წარმოიშობა ნორმალური და მხები ძაბვები. როცა მხები ძაბვის მნიშვნელობა გადააჭარბებს შიგა წინაღობას ძვრისადმი, გრუნტი კარგავს სიმტკიცეს და იწყება მისი მოცულობის ერთი ნაწილის გადაადგილება მეორის მიმართ.

1773 წელს ფრანგი ფიზიკოსის კულონის მიერ დამყარებული იქნა დამოკიდებულება შიგა ძვრის წინაღობასა და ნორმალურ ძაბვას შორის. ბმული (თიხოვანი) გრუნტების ზღვრული წონასწორობის მომენტისათვის, ე. ი. როცა იწ-

ყება მისი წონასწორობის დარღვევა, ამ დამოკიდებულებას აქვს სახე

$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + c \quad (2.24)$$

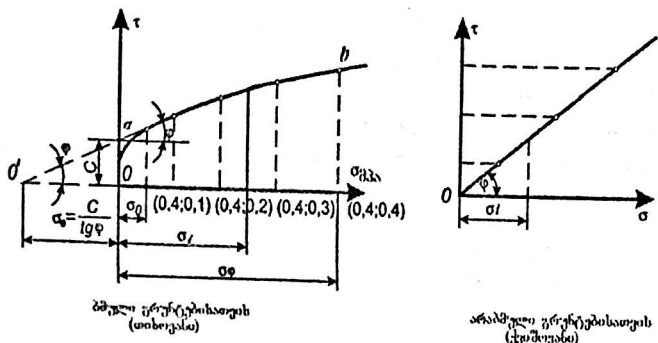
სადაც σ_n – ნორმალური დაბეჭა, φ – შიგა ხახუნის კუთხე, c – შეჭიდულობის ძალა.

ე. ი. ბმული გრუნტების ზღვრული წინაღობა ძვრისადმი წარმოადგენს მკუმშავი დაბეჭის (ნორმალური წნევის) პირველი ხარისხის ფუნქციას.

არაბმული (ქვიშოვანი) გრუნტების ზღვრული წინაღობა ძვრისადმი წარმოადგენს ხახუნის წინაღობას, რომელიც მკუმშავი დაბეჭის პროპორციულია: (ამ შემთხვევაში $c = 0$)

$$\tau = \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2.25)$$

კულონის კანონის გრაფიკული გამოსახულება:



ნახ. 2.8

n_e - შეჭიდულობის წნევა. φ -ს ეწოდება შიგა ხახუნის კუთხე. $f = tg \varphi$ - პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელსაც შიგა ხახუნის კოეფიციენტი ეწოდება. $n_n = tg \varphi$ - შიგა ხახუნის ძალა. თიხოვანი გრუნტების შეჭიდულობის ძალა შესაძლებელია წარმოვიდგინოთ როგორც ჯამი ხისტი სტრუქტურული შეჭიდულობისა - c' და წყალკოლოიდური შეჭიდულობის c_w ძალებისა. (2.24) ფორმულა პროფესორ მასლოვის ინტერპრეტაციით შეიძლება ასე გადაიწეროს:

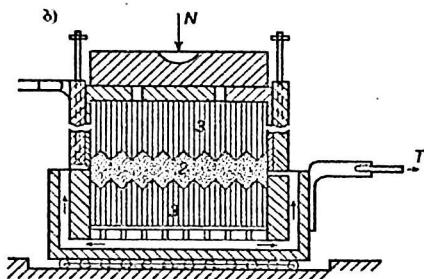
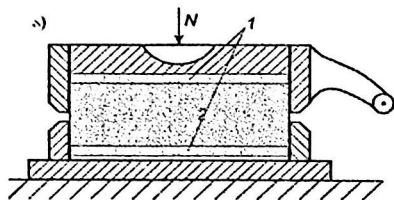
$$\tau = n_n tg \varphi + c' + c_w \quad (2.26)$$

წყალკოლოიდური წინაღობა c_w დამოკიდებულია წყლის სიბლანტეზე, ამიტომ მას ხშირად სიბლანტის წინააღობას უწოდებენ. რადგან გრუნტის სიმტკიცე ფასდება მისი წინააღობით შიგა ძერისადმი, კულონის კანონი წარმოადგენს გრუნტების სიმტკიცის კანონს, ხოლო φ და c - სიმტკიცის მახასიათებლებია.

არსებობს მათი განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი: 1. გამოცდა ბრტყელ ძვრაზე; 2. ერთღერძა და სამღერძა კუმშვაზე; 3. ცილინდრულ ჭრაზე; 4. ჩანერგვაზე.

გავეცნოთ ზოგიერთ მათგანს:

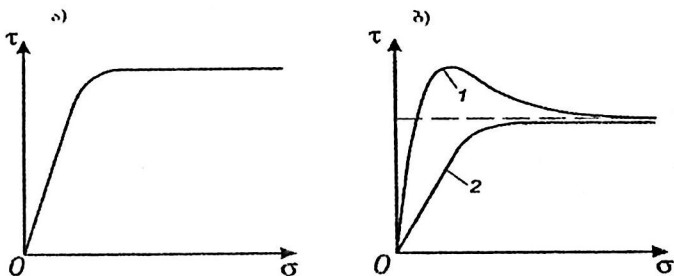
ძირითადია გამოცდა ბრტყელ ძვრაზე. ბრტყელი ჭრის ხელსაწყო (ლითონის კოლოფი) შედგება ორი ნაწილისაგან, რომელიც ნაჩვენებია (ნახ. 2.9).



ნახ. 29 გრუნტის ბრტყელ ძეგრაზე გამოცდის ჭრის ხელსაწყო.
 ა) უძრავი ქვედა ნაწილის შემთხვევაში; ბ) უძრავი ზედა ნაწილის შემთხვევაში.

1- ფილტრები; 2-გრუნტის ნიმუში; 3-ფილტრები.

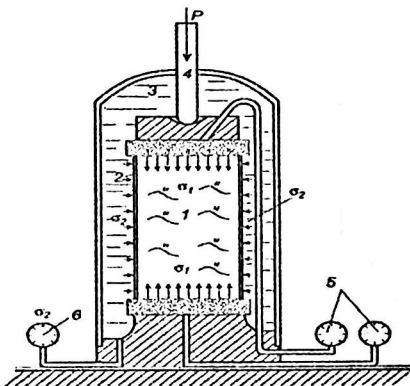
გრუნტის ნიმუშს გადასცემენ მკუმშავ წნევას N -ს. ძერის ძალას T -ს მოსდებენ გრუნტის ნიმუშს საფეხურებად მანამ, სანამ არ მოხდება გრუნტის ერთი ნაწილის დაცურება ან ჭრა მეორეს მიმართ. ერთდროულად ძალის მოდებასთან ერთად და მთელი გამოცდის განმავლობაში წარმოებს გრუნტის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დეფორმაციების განსაზღვრა, რაც თავის მხრივ საშუალებას იძლევა აგებული იქნას ძერის მრუდები (ნახ. 2.10)



ნახ. 2.10. გრუნტის პორიზონტალური დეფორმაციების დამოკიდებულების მრუდები ბრტყელი ძვრის დროს.

- ა) თანდათანობით მზარდი დატვირთვის შემთხვევაში;
 ბ) დეფორმირებადობის მუდმივი სიჩქარის დროს; 1-მკვერივი და 2-ფხვიერი ქვიშებისათვის (τ-მხები ძაბვა; ნ-დეფორმაცია ძვრის დროს).

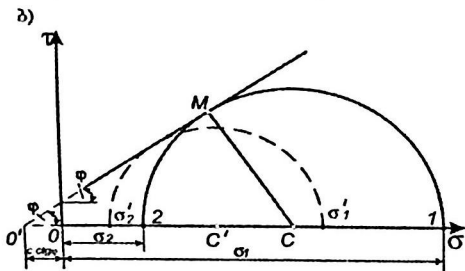
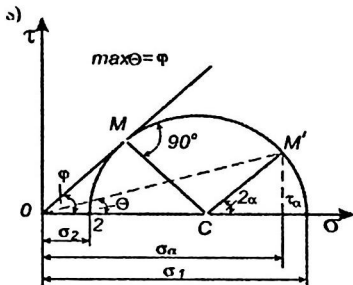
კუმშვაზე გამოცდის ხელსაწყოს – სტაბილომეტრის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 2.11-ზე.



ნახ. 2.11. სამღერბა კუმშვაზე გამოცდის ხელსაწყოს სქემა.
 1-გამოსაცდელი ნიმუში; 2-რეზინის გარსაცმი, 3-საკანი; 4-შტოკი;
 5,6-მანომეტრები.

გრუნტის გამოცდა კუმშვაზე წარმოებს შემდეგნაირად: გრუნტის ნიმუშს, რომელიც მოთავსებულია საცდელ საკანში, გადაეცემა გვერდითი წნევები $n_2 = n_3$, შემდეგ დეფორმაციების ჩაქრობისას ნიმუშს გადაეცემა ვერტიკალური დატვირთვა საფეხურებად ნიმუშის დარღვევამდე ან მდგრადობის დაკარგვამდე.

გამოცდის შედეგების მიხედვით აიგება მორის წრე, რომლის მეშვეობითაც განისაზღვრება გრუნტების სადეფორმაციო მახასიათებლები.



ნახ. 2.12 გრუნტების ზღვრული ძაბვების მრუდები ძვრის დროს
 ა) ბნევალი გრუნტების შიგა ხახუნის კუთხის განსაზღვრა
 სამღერძა კუმშვაზე გამოცდის შედეგების მიხედვით. ბ) ძვრის
 მახასიათებლების განსაზღვრა სამღერძა კუმშვაზე ბმული
 გრუნტების ორი ნიმუშისათვის.

გრუნტის სტაბილომეტრში გამოცდის შედეგად დატვირთვის ყოველი საფეხურისათვის განისაზღვრება:

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta h_i}{h} \text{ და } \Theta = \frac{\Delta V_i}{V} \quad (2.27)$$

სადაც ε_z და Θ შესაბამისად გრძივი და ფარდობითი დეფორმაციებია, ხოლო წრფივი და მოცულობითი დეფორმაციის მოდულები განისაზღვრებიან ფორმულებით:

$$E_0 = \frac{\Delta \delta_i}{\Delta \varepsilon_z}, \quad E'_0 = \frac{\Delta \delta_i}{\Delta \Theta} \quad (2.28)$$

განივი ფარდობითი დეფორმაციის კოეფიციენტი

$$\mu_0 = \frac{E'_0 - E_0}{2E_0} \quad (2.29)$$

ΔV_i - ნიმუშის მოცულობის ცვალებადობაა, რომელიც გაიზომება კოლიუმომეტრით;

V - ნიმუშის საწყისი მოცულება;

Δh_i - დატვირთვის ყოველი საფეხურის შესაბამისი აბსოლუტური დეფორმაცია;

h - ნიმუშის საწყისი სიმაღლე.

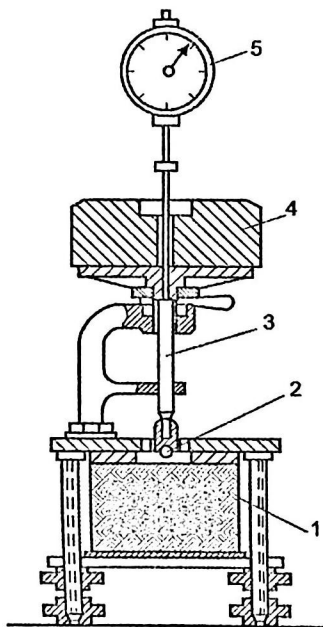
$\Delta \delta_i$ - გრძივი ძაბვის ნაზრდი.

$\Delta \varepsilon_i$ - გრძივი ფარდობითი დეფორმაცია.

გრუნტის გამოცდა სფერული შტამპის მეთოდით (პროფ. ნ. ციტოვინი 1947 წ.) საშუალებას იძლევა დისპერსული შეჭიდული გრუნტებისათვის მეტად მარტივად განსაზღვრული იქნეს შეჭიდულობის ძალები მათი დროში ცვლილების გათვალისწინებით.

სპეციალურ ხელსაწყოზე (ნახ. 2.13) ან საველე პირობებში გამოცდის დროს (ნახ. 2.14) განსაზღვრავენ სფერული შტამპის ჯდომებს S მუდმივი დატვირთვის დროს.

გრუნტის ძვრაზე გამოცდისაგან განსხვავებით, სფერული შტამპით გამოცდის დროს საკმარისია გაიზომოს ჯდომები ერთი რომელიღაც მუდმივი დატვირთვის დროს ისეთნაირად, რომ ჯდომის ფარდობა სფერული შტამპის დიამეტრთან იყოს მეტი დაახლოებით $1/200$, მაშინ გრუნტის დრეკადი დეფორმაციები შეიძლება უგულებელყოფილი იქნას.



ნახ. 2.13. სფერული შტამპი გრუნტების შეჭიდულობის ძალების განსაზღვრისათვის

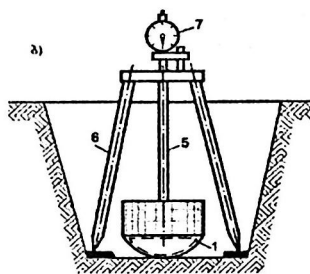
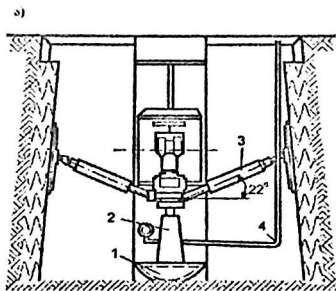
5. ციტოვიჩის მეთოდის მიხედვით.

1-გრუნტის ნიმუში; 2-სფერული შტამპი; 3-ტოკი; 4-ტვირთი; 5-ინდიკატორი.

თეორიული მოსაზრებებიდან აგრეთვე გამომდინარეობს, რომ შტამპის ჯდომის S ფარდობა მის დიამეტრთან უნდა იყოს არანაკლები 1. ე. ი. $S/D \geq 1$, მაშინ სხედასხვა დიამეტრების სფერული შტამპით გამოცდა მოგვეცემს ერთსა და იმავე მნიშვნელობებს.

გამოცდების შედეგების მიხედვით განისაზღვრება გრუნტის შეჭიდულობა.

$$C_{\text{შ}} = 0,18p / (\pi \cdot D \cdot s) \quad (2.30)$$



ნახ. 2.14. დანადგარი საველე პირობებში შეჭიდული გრუნტების საველე გამოცდებისათვის
პროფ. ნ. ციტოვიჩის მეთოდის მიხედვით.

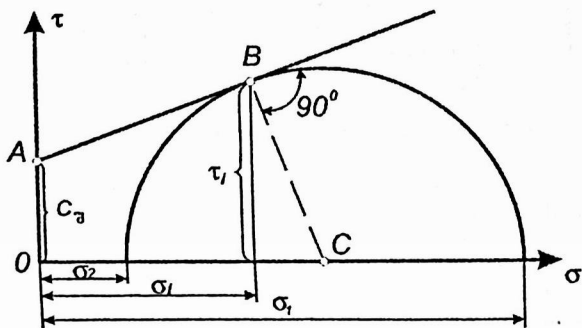
ა) მყარი თიხოვანი გრუნტებისათვის; ბ) სუსტი თიხოვანი გრუნტებისათვის.

1-სფეროს ნაწილი დიამეტრით 30-50 სმ; 2-დომკრატი; 3-გამბრჯენები; 4-ტუმბოს მილი, რომელიც უზრუნველყოფს მუდმივ დაწნევას; 5-ჭოკი ტვირთით; 6-შტატივი; 7-მანომეტრი.

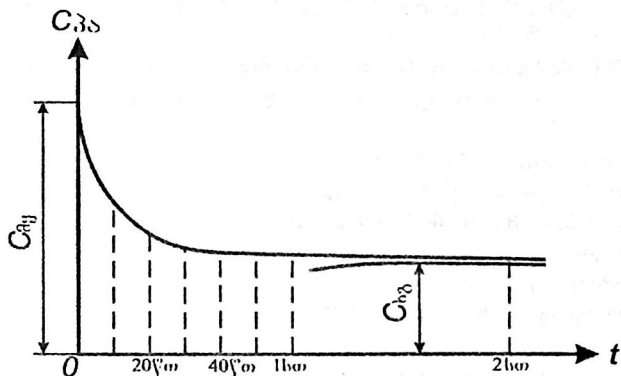
სადაც კოეფიციენტი 0,18 მიღებულია თეორიულად. როგორც გვიჩვენა შესაბამისმა გამოკვლევებმა შეჭიდულობა $C_{\text{შ}}$, რომელიც განსაზღვრულია სფერული შტამპის მეთოდით.

დით, შეიძლება განხილული იქნეს როგორც კომპლექსური მახასიათებელი, რომელიც საშუალებას იძლევა შეფასებული იქნეს არა მარტო შეჭიდულობა, არამედ პრაქტიკულად გრუნტებისათვის შინაგანი ხახუნის კუთხეც, რაც შეიძლება გამოყენებული იქნეს თიხოვან გრუნტებზე ზღვრული დატვირთვის განსაზღვრისათვის.

სფერული შტამპის მეთოდით შეჭიდულობის განსაზღვრა საშუალებას იძლევა შეჭიდული გრუნტებისათვის ძვრის პარამეტრები განსაზღვრული იქნეს გრუნტის ერთ-ერთი მონოლითის გამოცდით, რაც მეტად მნიშვნელოვანია. ამასთან თაედაპირველად გრუნტის ნიმუშს გამოცდიან კიდევებზე შეჭიდულობის ძალების განსაზღვრისათვის, ხოლო შემდეგ ჭრაზე ან სამღერპა ჭყლეტაზე – ძვრაზე წინალობის განსაზღვრისათვის, გარე დატვირთვის რომელიდაც მნიშვნელობისათვის. ერთი მონოლითის გამოცდის შედეგები საშუალებას იძლევა აგებული იქნეს ზღვრული ძაბვების მრუდები ძვრის დროს (ნახ. 2.15)



ნახ. 2.15. ზღვრული ძაბვების მრუდი ძვრის დროს.



ნახ. 2.16. თიხოვანი გრუნტის შეჭიდულობის ძალების ცვლილების მრუდი დროში.

გაზომვების შედეგების მიხედვით დროის სხვადასხვა მონაკვეთებისათვის დატვირთვის დაწყებიდან, განსაზღვრავენ შეჭიდულობის ძალებს, რომლებიც ბლანტი-პლასტიკური გრუნტებისათვის შეიცვლება დროში მაქსიმალურიდან $C_{ფ}$ (მყისიერი)-დან $C_{გ}$ (ხანგრძლივამდე) (ნახ. 2.16), რომლებიც უნდა იქნენ მიღებული გრუნტების გაანგარიშებისას სიმტკიცესზე (მზიდუნარიანობაზე).

თავი 3. ძაბვების განსაზღვრა გრუნტებში

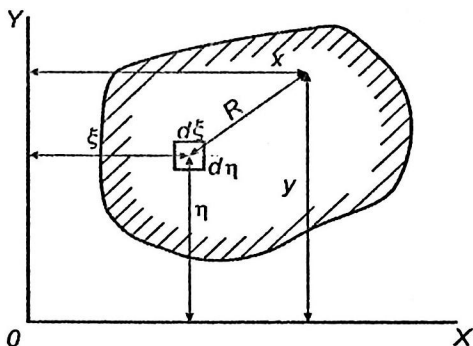
§ 3.1. ძაბვების განაწილება ნაგებობათა საძირკვლის ძირზე (კონტაქტური ამოცანა)

ძაბვების განსაზღვრა აუცილებელია გრუნტებში, რათა შემოწმებული იქნეს ფუძეების სიმტკიცე და გაანგარიშებული იქნეს მათი მოსალოდნელი ჯდომები (დეფორმაციები). ძაბვების განაწილება გრუნტებში დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: დატვირთვების მოქმედების ხასიათსა და მათ სიდიდეზე, საძირკვლის ძირის ზომებსა და ფორმაზე, საძირკვლის სიხისტეზე, გრუნტის სახეობასა და მის თვისებებზე, თვით კონსტრუქციის თავისებურებაზე. ძაბვების განსაზღვრა წარმოებს დრეკადობის თეორიის ფორმულებით, რომლის დროსაც გრუნტი განიხილება, როგორც ერთგვაროვანი ხაზოვნად-დეფორმირებადი სხეული. იმ შემთხვევაში როცა დატვირთვები გადააჭარბებენ გრუნტის სტრუქტურულ სიმტკიცეს, გრუნტში იწყებენ განვითარებას პლასტიკური დეფორმაციები და ცხადია, რომ ამ შემთხვევაში დრეკადობის თეორიის განტოლებების გამოყენება უმართებულოა.

ფუძის ზედაპირზე განვითარებული ძაბვები წრმოადგენენ საძირკვლის ძირის ერთეულ ფართობზე მოქმედ იმ ნორმალურ რეაქტიულ (გრუნტის მხრიდან) ძაბვებს, რომლებიც გარე დატვირთვების მოქმედების შედეგად წარმოიშობა. მათ რეაქტიული, ანუ კონტაქტური ძაბვები ეწოდება. ამ ძაბვების მნიშვნელობის დადგენას და მათი განაწილების კანონზომიერების შესწავლას (რაც დამოკიდებულია საძირკვლის ძირის ზომებზე, ფორმებზე, ჩადრმავებაზე, საძირკვლის სიხისტეზე, გრუნტის თვისებებზე, და გარე დატვირთვების სიდიდეზე) აქვს ძალზე დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა, რადგან თუ ცნობილია საძირკვლის ძირზე გრუნტის რეაქტიული წნევა, მაშინ საძირკვლის კოჭზე მისი საწინააღმდეგო მნიშვნელობის მოდებით, შესაძლებელია სტატიკის

ჩვეულებრივი განტოლებებით განისაზღვროს მდუნავი მომენტებისა და გადამტრელი ძალების საანგარიშო მნიშვნელობანი.

აღნიშნული ამოცანის გადასაწყვეტად იყენებენ ბუსინესკის ფორმულას ხაზოვნად-დეფორმირებადი ნახევარსივრცის ვერტიკალური დეფორმაციის განსაზღვრისათვის, რომელიც გამოწვეულია შეყურსული ძალის მოქმედებით.



ნახ. 3.1 ვერტიკალური დეფორმაციების განსაზღვრისათვის ბუსინესკის მიხედვით

$$\omega_z = \frac{P}{\pi \cdot c_0 \cdot R} \quad (3.1)$$

დატვირთვის ნებისმიერი ფართისათვის:

$$\omega_z = \frac{1}{\pi \cdot c_0} \iint_F \frac{P(\xi, \eta) d\xi d\eta}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}} \quad (3.2)$$

სადაც ξ და η ელემენტარული დატვირთული ფართობის კოორდინატებია, x და y განსახილველი წერტილის კოორდინატებია.

ხოლო ძაბვა განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma = \frac{2P}{\pi \sqrt{1 - \left(\frac{2x}{b}\right)^2}} \quad (3.3)$$

საძირკვლის შუა წერტილისთვის, როცა $x = 0$, $\sigma = \frac{2P}{\pi}$;
საძირკვლის კონტურზე როცა $x = \frac{b}{2}$, $\sigma = \infty$.

b – საძირკვლის სიგანეა,

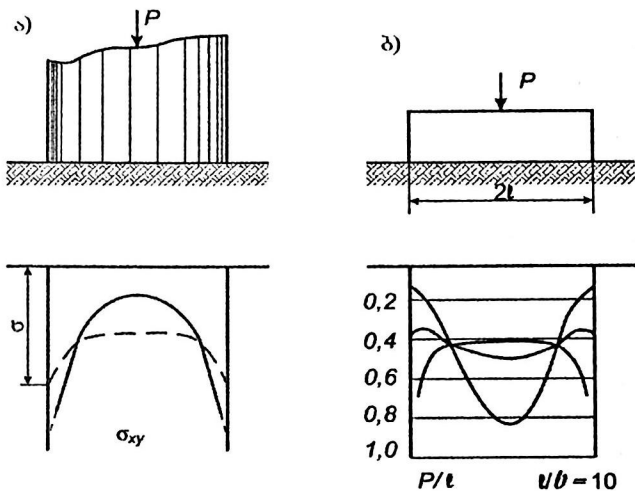
x – მანძილი საძირკვლის ძირის შუა წერტილიდან განსახილველ წერტილამდე.

ე. ი. წნევის სასრული მნიშვნელობისათვის ძაბვა მიიღება უსასრულო, რაც რა თქმა უნდა არ შეიძლება ჩაითვალოს მართებულად.

ეს იმით აიხსნება, რომ გრუნტი არ წარმოადგენს დრეკად სხეულს, რის გამოც საძირკვლის კონტურზე იწვებს განვითარებას პლასტიკური დეფორმაციები.

ამიტომ ხისტი საძირკვლებისათვის ძაბვების განაწილების ეპიურა უნაგირის ფორმისაა მრავალი ცდებით დადასტურებულია, რომ კონტაქტური ძაბვების განაწილების ხასიათი დამოკიდებულია საძირკვლის კონსტრუქციის სიხისტეზე და გადაცემული დატვირთვების სიდიდეზე.

დატვირთვების შემდგომი გაზრდით გრუნტებში მატულობს პლასტიკური დეფორმაციები და ეპიურა ჯერ პარაბოლური, ხოლო შემდეგ ზარისებური ხდება (ნახ. 3.2)



ნახ.32. კონტაქტური წნევების ეპიურა

კონტაქტური ძაბვების ეპიურა დამოკიდებულია კოჭის სიხისტეზე, რომელიც პროფ. გორბუნოვ-პოსადოვის მიხედვით განისაზღვრება ფორმულით:

$$t = 10 \frac{E_0}{E} \left(\frac{L}{h} \right)^3 \quad (3.4)$$

როგორც ვხედავთ კონტაქტური ძაბვების ეპიურის ფორმის დადგენა ყველა კონკრეტულ შემთხვევისათვის მეტად რთულ ამოცანას წარმოადგენს და ამიტომ ხისტი საძირკვლების ეპიურის მრუდხაზოვან ფორმას ცვლიან სწორხაზოვანით, რაც ძლიერ აადვილებს ანგარიშს და არ იძლევა პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას დიდ ცდომილებას.

ცენტრალურად დატვირთული ხისტი საძირკვლის შემთხვევაში ძაბვები იანგარიშება ფორმულით:

$$\sigma = \frac{\Sigma N}{A} \quad (3.5)$$

ბოლო ექსცენტრული დატვირთვების მოქმედების ზოგად შემთხვევაში, როცა დატვირთვების ტოლქმედი არ გადის საძირკვლის არც ერთი ინერციის ღერძზე (სივრცითი ამოცანა) დაბევები იანგარიშება ფორმულით:

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{\Sigma N}{A} \pm \frac{\Sigma M_x}{W_x} \pm \frac{\Sigma M_y}{W_y} \quad (3.6)$$

სადაც ΣM_x და ΣM_y მომენტების ალგებრული ჯამია x და y ღერძების მიმართ. W_x და W_y – წინააღობის მომენტები იმავე ღერძების მიმართ. A საძირკვლის ძირის ფართობი.

როცა $l > \frac{b}{6}$ ეპიურა ნიშანცვლადია, გრუნტი, რა თქმა უნდა, გაჭიმვაზე ვერ იმუშავებს და იქ სადაც σ უარყოფითია, ხდება საძირკვლის დაშორება ფუძიდან.

ყველაფერი ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება დაეასკენათ, რომ ამჟამად გრუნტების მექანიკაში ფართო გავრცელება ჰპოვა ხაზოვნად-დეფორმირებადი სხეულების თეორიამ. დაბევსა და დეფორმაციებს შორის არაწრფივი დამოკიდებულების გათვალისწინება ხდება მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევაში.

ბუნებრივია, რომ ისმება კითხვა, თუ რამდენად პასუხობენ წრფივად-დეფორმირებადი სხეულების თეორიის გადაწყვეტილებები უშუალო გამოცდების შედეგებს.

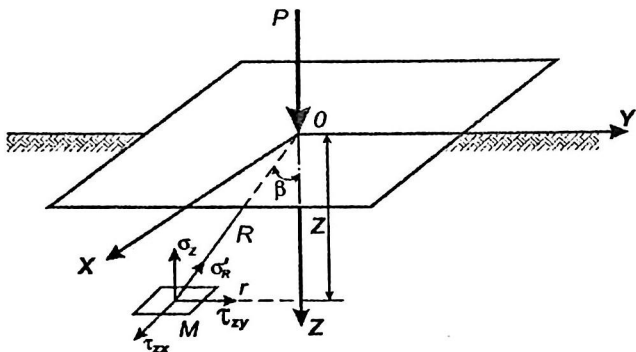
აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გრუნტის მასივის შიგნით დაბევების განსაზღვრა ტექნიკუტად ძლიერ რთული განსახორციელებელია, რადგან გრუნტში სხეულის შეტანამ (დაბევების განმსაზღვრელის) შეიძლება შეცვალოს განსახილველ წერტილში გრუნტების დაძაბული მდგომარეობა. გამოკვლევები ცხადყოფენ, რომ დაბევების განსაზღვრა გრუნტებში შეიძლება მხოლოდ სპეციალური, ძლიერ ხისტი მეთოდებით.

მიუხედავად იმისა, რომ დატვირთვების გავლენით ძაბვების განაწილების კანონზომიერების დასადგენად ჩატარებულია მრავალი ცდები, მათი მხოლოდ მცირე ნაწილი პასუხობს თანამედროვე მოთხოვნებს. ჩატარებული ცდების შედეგების (გ. ი. პოკროვსკი, ი.ს. ფიოდოროვი, ნ.ა. ციტოვინი, დ.ს. ბარანოვი და სხვები). შედარებამ წრფივად-დეფორმირებადი სხეულების თეორიის გამოყენებით მიღებულ გამოთვლებთან ცხადყო, რომ ისინი ძალიან ახლოს არიან ერთმანეთთან. ამ გამოკვლევების შედეგების მიხედვით დადგინდა, რომ კონტაქტური წნევების განაწილება საძირკვლის ძირზე (უნაგირისებრი და პარაბოლური) დამოკიდებულია არა გრუნტის სახეობაზე, არამედ საძირკვლის სისტეზე და პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების ხარისხზე, რომელიც დამოკიდებულია, როგორც გრუნტზე გადაცემულ კუთრ დატვირთვაზე, ასევე საძირკვლის ჩაღრმავებაზე და გადაცემული დატვირთვის ფართობზე.

§ 3.2. ძაბვების განსაზღვრა ფუძის სიღრმეში სივრცითი ამოცანის შემთხვევაში

ა) ზედაპირზე მოქმედებს შეყურსული დატვირთვა (ბუსინესკის ამოცანა). ეს ამოცანა წარმოადგენს ნაგებობათა ფუძის სიღრმეში ძაბვების და დეფორმაციების განსაზღვრის ყველა პრაქტიკული ამოცანის გადაწყვეტის ძირითად საფუძველს. იგი გადაწყვეტა ფრანგმა მეცნიერმა ბუსინესკიმ 1885 წ. გრუნტი განიხილება, როგორც დრეკადი სხეული, რომელიც გადაკვეთილია ჰორიზონტალური სიბრტყით და ამგვარად მიღებულ ნახევარსივრცის ზედაპირზე მოდებულია შეყურსული ვერტიკალური ძალა P . ამოცანის გადაწყვეტა გვაძლევს ძაბვის ყველა მდგენელის σ_x , σ_y , σ_z , τ_{xy} , τ_{xz} , τ_{yz} და აგრეთვე გადაადგილების (დეფორმაციების) მნიშვნე-

ლობას α_x , α_y , α_z ნახევარსივრცის ნებისმიერი M წერტილისათვის, რომლის მდებარეობა განისაზღვრება კოორდინატებით x, y, z ან R და β -თი.



ნახ. 3.3 ძაბვების მდგენელები პორიზონტალური სიბრტყის პარალელური ფართისათვის

ამ ნახაზზე R – მანძილია შეეწურსული ძალის მოდების წერტილიდან M წერტილამდე. r – მისი თარაზული პროექცია.

პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას უმეტესად საჭიროა ვიცოდეთ ნორმალური ძაბვის σ_z მნიშვნელობა, რომელიც ბუსინესკის გადაწყვეტით დაყვანილია შემდეგ სახეზე:

$$\sigma_z = \alpha \frac{P}{z^2} \quad (3.7)$$

აქ Z განსახილველი M წერტილის ჩაღრმავებაა ნახევარსივრცის ზედაპირიდან. α ძაბვების გაბნევის ანუ შემამცირებელი კოეფიციენტი. გადაადგილება (დეფორმაცია), α_z გამოითვლება ფორმულით:

$$\omega_z = \frac{P}{\pi \cdot c_0 \cdot R} \quad (3.8)$$

სადაც $c_0 = \frac{E_0}{1-\mu_0^2}$ ხაზოვან-დეფორმირებადი ნახევარსივრცის კოეფიციენტი. E_0 - საერთო დეფორმაციის მოდულია; μ_0 - პუასონის კოეფიციენტი.

როგორც (3.7) ჩანს დაბვა გრუნტის მასივის ნებისმიერ წერტილში დამოკიდებული გარე ძალაზე - P-ზე და წერტილის ჩადრმავეებაზე Z-ზე და სრულიად არაა დამოკიდებული გრუნტის სხეობაზე, რაც, რა თქმა უნდა, არ შეესაბამება სინამდვილეს, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ბუსინესკის გადაწყვეტა წარმოადგენს ნაგებობათა ფუძეებში დაბვების განსაზღვრის ხანგრძლივი პრაქტიკით შემოწმებულ საფუძველს.

ბ) ზედაპირზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული დატვირთვა.

სინამდვილეში ნაგებობათა ფუძეები განიცდიან არაშეყურსული ძალის, არამედ მათ ზედაპირზე ამა თუ იმ წესით განლაგებული განაწილებული დატვირთვის ზემოქმედებას. ამ ამოცანის ამოხსნის ზოგადი მეთოდი მდგომარეობს იმაში, რომ განაწილებული დატვირთვა შეიცვალოს შეყურსული დატვირთვით. დაბვა ფუძის ნებისმიერ წერტილში განისაზღვრება შეყურსული დატვირთვების მიერ გამოწვეული უსასრულო მცირე დაბვების ინტეგრაციით.

დაბვების გამოსათვლელი ფორმულები დაყვანილია შემდეგ მარტივ სახეზე:

$$\sigma_z = \alpha \cdot P \quad (3.9)$$

$$\sigma_z^1 = 0,25 \alpha^1 P \quad (3.9)$$

სადაც p თანაბრად განაწილებული დატვირთვის ინტენსიობაა. α და α^1 არის დაბვების გაბნევის კოეფიციენტები,

დატვირთული ფართობის სიმძიმის ცენტრისა და კუთხეების ქვეშ.

α განისაზღვრება ცხრილებით: $\eta = \frac{a}{b}$ და $m = \frac{2z}{b}$ ფარდობის მიხედვით; ხოლო $\alpha^1 - \eta = \frac{a}{b}$ და $m = \frac{z}{b}$ ფარდობის მიხედვით

a და b მართკუთხედის უდიდესი და უმცირესი გვერდებია.

Z - განსახილველი წერტილის ჩადრმავებაა.

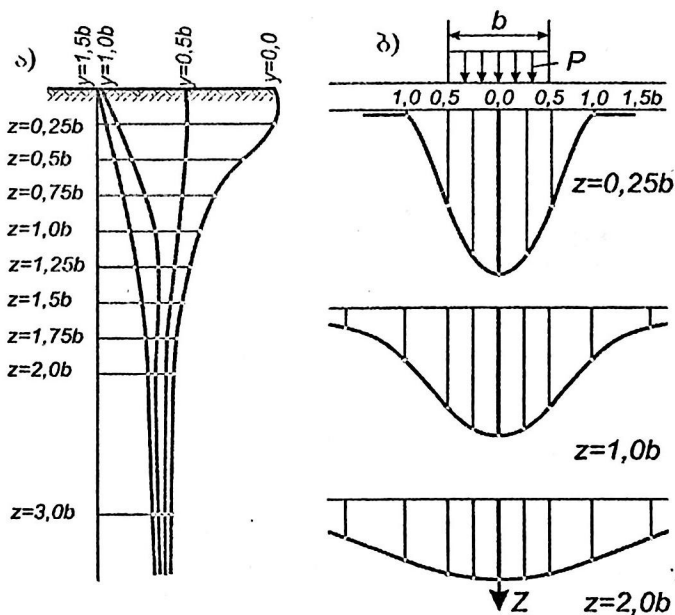
σ_z - ეწოდება ცენტრალური დაბვა.

σ_z^1 - ეწოდება საკუთხო დაბვა.

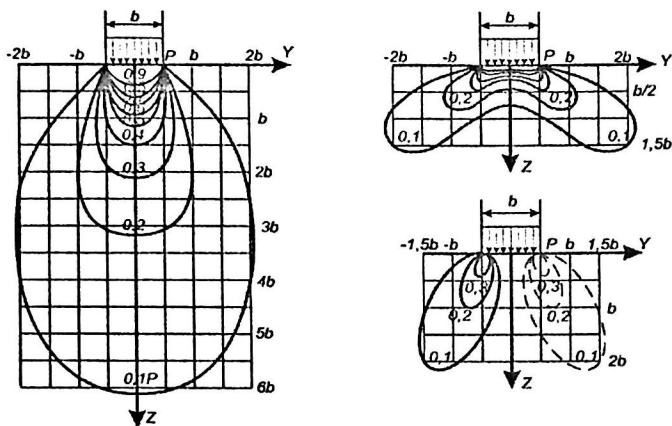
იმ შემთხვევაში, როცა წერტილი, რომლებშიც საჭიროა დაბვის განსაზღვრა, არ მდებარეობს დატვირთული მარტკუთხედის ცენტრსა და კუთხეებზე გამავალ ვერტიკალებზე, იყენებენ დაბვის განსაზღვრის ე. წ. საკუთხო წერტილების მეთოდს, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: დატვირთულ ფართობს ანაწილებენ მართკუთხედებად ისე, რომ წერტილი, რომელშიაც დაბვას ვეძებთ, მოხვდეს მართკუთხედების საერთო კუთხეზე გამავალ ვერტიკალზე. ამის შემდეგ დაბვას აღნიშნულ წერტილში ანგარიშობენ, როგორც მომიჯნე მართკუთხედების საკუთხო დაბვების ჯამს. საკუთხო წერტილების მეთოდი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს დამატებითი დაბვა და მაშასადამე დეფორმაცია ფუძის ნებისმიერ წერტილში მეზობელი დატვირთვებისაგან.

საკუთხო და საკონტურო საშუალო დაბვები შეადგენენ შესაბამისად ცენტრალური საშუალო დაბვების 30%-50%. ფუძეების ჯდომა ნორმების მიხედვით იანგარიშება ცენტრალურ საშუალო დაბვებზე, რომლებიც გაცილებით აღემატება საკონტურო დაბვებს. ალბათ ამითაც შეიძლება აიხსნას ის გარემოება, რომ ნაგებობათა საანგარიშო ჯდომები ხშირად მნიშვნელოვნად აღემატება ფაქტიურ ჯდომებს. მაგალითის სახით ნახ. 3.4 მოცემულია მკუმშავი დაბვის ეპიურები σ_z გრუნტის მასივის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური კვეთებისათვის ბრტყელი ამოცანის შემთხვევაში. (ნახ. 3.5 ა)

მოცემულია მრუდები, რომლებიც აერთიანებენ სხვადასხვა თარაზულ სიბრტყეზე ძაბვების ერთსა და იმავე მნიშვნელობების ე. წ. იზობარები.



ნახ. 3.4. მკუმშავი ძაბვის σ_z ეპიურები გრუნტის მასივის
 ა) ვერტიკალური და ბ) ჰორიზონტალური მიმართულებით



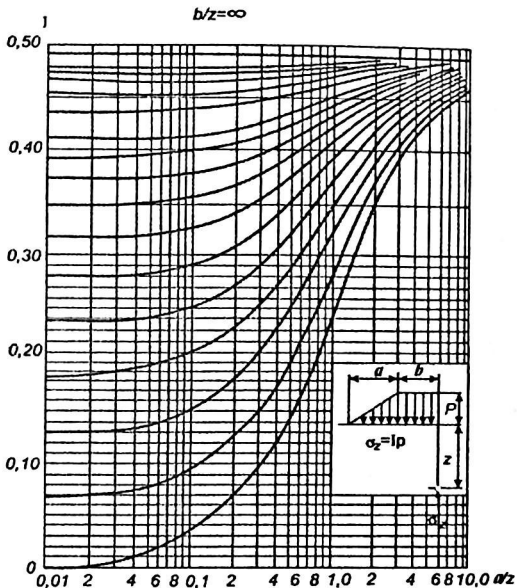
ნახ. 3.5. თანბარი ძაბვების მრუდები წრფივად დეფორმირებად მასივში ბრტყელი ამოცანის შემთხვევაში

გ) წრფივად ცვლადი ნებისმიერი დატვირთვის მოქმედება.

აქ ჩვენ შევიწერდებით განსახილველი დატვირთვებისათვის ოსტერბერგის უნივერსალური ნომოგრამის გამოყენებაზე. გრუნტის მასივში მკუმშავი ძაბვები წრფივად ცვლადი დატვირთვის მოქმედებისას იანგარიშება ფორმულით:

$$\sigma_z = I p \tag{3.11}$$

სადაც $I = f\left(\frac{a}{z}, \frac{b}{z}\right)$ – ფუნქციაა ფარდობითი სიდიდეების $\left(\frac{a}{z}, \frac{b}{z}\right)$ რომელიც განისაზღვრება ნომოგრამით (ნახ. 3.6) a და b – შესაბამისად დატვირთვის სამკუთხა და სწორკუთხა ეპიურების სიგრძეებია, Z – განსახილველი წერტილის ჩაღრმავება.



ნახ. 3.6. წრფივად ცვლადი დატვირთვის მოქმედებით გამოწვეული მკუმშავი ძაბვების განსაზღვრის ნომოგრამა.

I-ს მნიშვნელობა განისაზღვრება, როგორც განსახილველ წერტილზე გამავალი ვერტიკალიდან მარცხნივ და მარჯვნივ მდებარე დატვირთვების შესაბამისი კოეფიციენტების ალგებრული ჯამი.

განვიხილოთ მაგალითი. განესაზღვროთ σ_{zI} ძაბვა M_I წერტილისათვის (ნახ. 3.7ა) მარცხნივ მდებარე დატვირთვებისათვის.

$$\frac{a}{z} = \frac{2}{2} = 1 \text{ და } \frac{b_1}{z} = \frac{1}{2} = 0,5$$

ნომოგრამის მიხედვით $I_n = 0,397$
მარჯვნივ მოქმედი დატვირთვისათვის

$$\frac{a}{z} = \frac{2}{2} = 1 \quad \text{და} \quad \frac{b_2}{z} = \frac{3}{2} = 1,5 \quad I_n = 0,478$$

ამრიგად:

$$\sigma_{z1} = (I_n + I_n)p$$

თუ ჩავსვამთ რიცხვით მნიშვნელობებს მივიღებთ:

$$\sigma_{z1} = (0,397 + 0,478)p = 0,875p$$

მკუმშავი წნევის σ_{z2} განსაზღვრისათვის, რომელიც მოქმედებს M_2 წერტილში (ნახ. 3.7 ბ) მოვლოთ ფიქტიური დატვირთვა $klmn$. მთლიანი დატვირთვის შემთხვევაში (ფიქტიურის ჩათვლით):

$$\frac{a}{z} = 1 \quad \text{და} \quad \frac{b'}{z} = \frac{8}{2} = 4 \quad I_n = 0,499$$

ფიქტიური დატვირთვის შემთხვევაში:

$$\frac{a}{z} = 1 \quad \text{და} \quad \frac{b''}{z} = 1 \quad I'_n = 0,455$$

თუ ჩავსვამთ რიცხვით მნიშვნელობებს და მხედველობაში მივიღებთ ფიქტიურ დატვირთვას $klmn$ მივიღებთ:

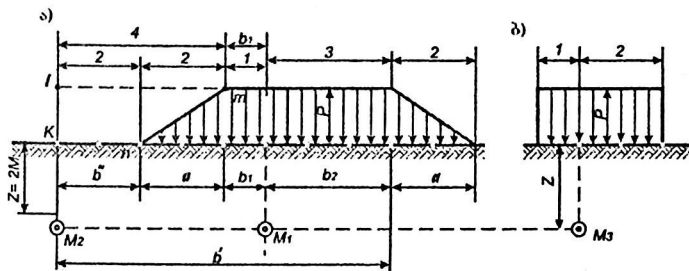
$$\sigma_{z2} = (I_n - I'_n)p = (0,499 - 0,455)p = 0,044p$$

სწორკუთხა დატვირთვის შემთხვევაში:

$$\sigma_{z3} = (I_k - I_g)p$$

I_g -ის განსაზღვრით როცა $\frac{a}{z} = 0$ და $\frac{b}{z} = 0,5$ და I_n -ს როცა $\frac{a}{z} = 0$ და $\frac{b}{z} = 1$ მივიღებთ:

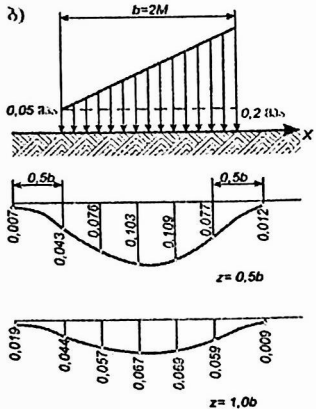
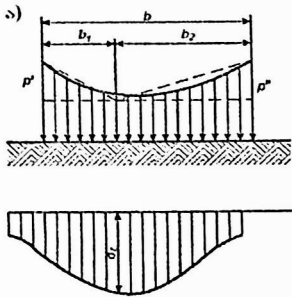
$$\sigma_{z2} = (0,273 + 0,410)p = 0,683p$$



ნახ. 3.7. დატვირთვების სქემა (ნახ. 3.6) მოცემული ნომოგრამით სარგებლობისათვის

დ) დატვირთვის ნებისმიერი სახეობა. ამ შემთხვევაში გარე დატვირთვების ეპიურას ყოფენ სწორკუთხა და სამკუთხა ელემენტებად, როგორც ეს მაგალითის სახით მოცემულია ნახ. 3.8 ა. ამის შემდეგ გრუნტის მასივის მოცემულ წერტილში მკუმშავი ძაბვა განისაზღვრება, როგორც სამკუთხა და სწორკუთხა ეპიურების ელემენტების ძაბვების ჯამი.

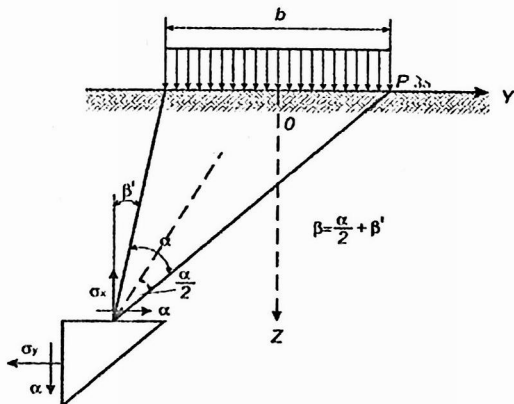
მაგალითის სახით 3.8 ბ ნახაზზე მოცემულია მკუმშავი ძაბვების ეპიურების განაწილება გრუნტში, როცა სიღრმე $Z = 0,5b$ და $Z = 1,0b$.



ნახ. 3.8. არათანაბარი დატვირთვის მოქმედება ბრტყელი ამოცანის დროს

§3.3. ძაბვების განაწილება ბრტყელი ამოცანის შემთხვევაში

ბრტყელ ამოცანას ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როცა ძაბვები ნაწილდებიან ერთ სიბრტყეში, ხოლო ამ სიბრტყის მართობი მიმართულებით ისინი 0-ია ან მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენენ. ასეთია ნაგებობები, რომელთა სიგრძის ფარდობა სიგანესთან მეტია 10-ზე, მაგ.: შენობის კედლები, ლენტური საძირკვლები, ჰიდროტექნიკური კაშხლები, დამბები, მიწაყრილები და სხვა.



ნახ. 3.9 თანაბრადგანაწილებული დატვირთვის მოქმედების სქემა
ბრტყელი ამოცანის დროს

(y ღერძის მიმართულებით ძაბვები ან 0 ან const.)

თანაბრადგანაწილებული დატვირთვით დატვირთული ზოლის შემთხვევაში, როცა განსახილველი წერტილი მდებარეობს ზოლის სიმეტრიის ღერძზე, $\beta_1 = \beta_2 = -\beta = \beta$ სადაც β არის ხედვის კუთხე.

$$\sigma_z = \frac{P}{\pi}(2\beta + \sin 2\beta) \quad (3.12)$$

$$\sigma_y = \frac{P}{\pi}(2\beta - \sin 2\beta) \quad (3.13)$$

$$\tau = \frac{P}{2\pi}(\cos 2\beta_2 - \cos 2\beta_1) = \frac{P}{2\pi}(\cos 2\beta - \cos 2\beta) = 0 \quad (3.14)$$

ამასთან, უნდა აღინიშნოს ბრტყელი ამოცანის მნიშვნელოვანი თვისება, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ ძაბვების ყველა მდგენელები n_z , n_y და τ არ არიან დამოკიდებული

წრფივად დეფორმირებადი ნახევარსივრცის სადეფორმაციო მახასიათებლებზე (საერთო დეფორმაციის მოდულზე და გვერდითი დეფორმაციის კოეფიციენტზე).

p - არის წნევა საძირკვლის ძირზე.

როცა $Z = 0$ ხედვის კუთხე $2\beta = \pi$ $\sin 2\beta = 0$ და $\sigma_z = \sigma_y = p$, როცა $Z = \infty$, $\beta = 0$, $\sigma_z = \sigma_y = 0$ ე. ი. განსახილველი წერტილის მდებარეობის მიხედვით მთავარი ძაბვები იცვლება 0-დან დატვირთვის ინტენსივობის მნიშვნელობამდე.

§3.4 გრუნტის საკუთარი წონით წარმოქმნილი წნევები

ძაბვები გრუნტებში წარმოიშობა როგორც გარე დატვირთვების მოქმედებით, ისე გრუნტის საკუთარი წონითაც. წნევას, რომელიც წარმოიშობა სიღრმეში გრუნტის საკუთარი წონით, ბუნებრივი წნევა ეწოდება. ე. ი. ფუძის დაძაბულობა შედეგია ორგვარი წნევისა. ერთი მათგანია ბუნებრივი წნევა, რომელიც ნაგებობის აშენებამდე არსებობდა, მეორე კი წარმოიშევა ნაგებობის აშენების შემდეგ.

ა) ერთგვაროვან გრუნტში მისი საკუთარი წონით გამოწვეული ვერტიკალური წნევა

$$\sigma_z = \gamma Z \quad (3.15)$$

$$Z = 0 \quad \sigma_z = 0 \quad (3.16)$$

$$Z = h \quad \sigma_z = \gamma Z \quad (3.17)$$

სადაც γ - გრუნტის კუთრი წონაა

ხოლო h - განსახილველი წერტილის ჩაღრმავება.

გრუნტის საკუთარი წონით გამოწვეული გვერდითი წნევები:

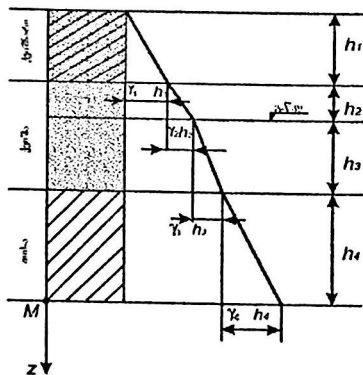
$$\sigma_{xg} = \sigma_{yg} = \xi \sigma_{zg} \quad (3.18)$$

სადაც $\xi = \frac{\mu_0}{1-\mu_0}$ გრუნტის გვერდითი წნევის კოეფიციენ-
ტია.

ბ) შრეობრივი ფუძის შემთხვევაში (ე. ი. სხვადასხვა გეოლოგიური ფენაა), რომელიდაც M წერტილში გრუნტის ბუნებრივი წნევა იქნება:

$$\sigma_0 = \sigma_{01} + \sigma_{02} + \sigma_{03} = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3 \quad (3.19)$$

გ) გრუნტის წყლის არსებობისას, გრუნტის კუთრი წონა (მხოლოდ კვიშოვანი გრუნტებისათვის) წყლის დონის დაბლა ყველა გრუნტისათვის, თუ იგი წყალგაუმტარი არაა (თიხა და თიხნარები როდესაც დენადობის მაჩვენებელი $I_L < 0$.) აიღება წყალში შეწონილი, შეტივტივებული მნიშვნე-
ლობებით:



ნახ. 3.10 ბუნებრივი წნევების ეპიურა

M წერტილში ძაბვა:

$$\sigma_0 = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3 + \gamma_4 h_4$$

$$\text{სადაც } \gamma_3 = \gamma_{\text{შეკ}} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{\gamma_s - 1}{1 + e} \quad (3.20)$$

წყლის კუთრი წონა $\gamma_w = 10$ კნ/მ³

4) თუ გრუნტის წყლის დონის დაბლა წყალგაუმტარი ფენაა (თიხა ან თიხნარი მყარ მდგომარეობაში $I_L > 0$) მაშინ, წყალგაუმტარი ფენის ზედაპირზე გადაცემული წნევა:

$$\sigma_0 = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_w h_2 \quad \text{ან} \quad \sigma_0 = \gamma_1 h_1 + (\gamma_{\text{შეკ}} + \gamma_w) h_2$$

თავი 4. ფუძეების ზღვრული მდგომარეობის თეორია და მათი პრაქტიკული გამოყენება

§4.1 ფუძეების ზღვრულ მდგომარეობათა სახეები

ძირითადი მოთხოვნები ფუძეების გაანგარიშებისას ზღვრული მდგომარეობით მდგომარეობს იმაში, რომ ძალები, ძაბვები, დეფორმაციები და გადაადგილებები ცალკეული კონსტრუქციების, ფუძეების ან მთელი ნაგებობისა იყოს ახლოს დადგენილ ზღვრულ სიდიდეებთან და არ აღემატებოდეს მათ.

ზღვრული მდგომარეობები იყოფიან ორ ჯგუფად:

პირველი ჯგუფი – ზღვრულ მდგომარეობათა ჯგუფი ზიდვის უნარის – მზიდუნარიანობის დაკარგვის მიხედვით: მდგრადობის ან ფორმის დაკარგვა, ნაგებობათა ნგრევის ყველა შესაძლო სახეობები, მასალის ცოცვადობა ან დენადობა, ბზარების გახსნა დასაშვებზე მეტი სიდიდის და სხვა მსგავსი დეფექტები მთელი ნაგებობის ან ცალკეული კონსტრუქციების.

მეორე ჯგუფი (ზღვრული მდგომარეობის) – ნორმალური ექსპლოატაციისათვის უვარგისობის მიხედვით – წარმოიქმნება დაუშვებელი დეფორმაციები, გადაადგილებები (ჩალუნვები, ჯდომები, მობრუნების კუთხეები და ა.შ.), ბზარები, რხევები, რომლებიც აძნელებენ მთელი ნაგებობის ან მისი ცალკეული ნაწილების ნორმალური ექსპლოატაციის პირობებს.

მნიშვნელოვანი ჯდომები, ძვრები და გრუნტის გამობურცვა ნაგებობიდან არ იწვევს ფუძის მზიდუნარიანობის მთლიან დაკარგვას. გრუნტის მოცულობების გადაადგილება და განაწილება, გრუნტის ნაწილაკებს შორის პირვანდელი კავშირების აღდგენა იწვევს წონასწორობის ახალ პირობებს. გრუნტი მნიშვნელოვანი გადაადგილების შემდეგაც კი, არ კარგავს გარე დატვირთვების მიმართ წინააღმდეგობის

უნარს. ამასთან ერთად ჯდომების განვითარებამ და ნაგებობათა ფუძეების მდგრადობის დაკარგვამ შეიძლება გამოიწვიონ დაუშვებელი დეფორმაციები, ნაგებობათა ან მათი ცალკეული ელემენტების მთლიანი ან ნაწილობრივ მდგრადობის დაკარგვა. ამრიგად, ფუძეების ზღვრული მდგომარეობები უნდა იქნან დადგენილი დასაპროექტებელი შენობა-ნაგებობათა ექსპლოატაციის, სიმტკიცისა და მდგრადობის გათვალისწინებით. ისინი დაინიშნება იმ პირობით, რომ გრუნტების გადაადგილება ფუძეებში არ უნდა იწვევდენ შენობა-ნაგებობებში ან მათ ცალკეულ კონსტრუქციებში არც ერთ ზღვრულ მდგომარეობას, უნდა იყვნენ მათთვის უვნებელი და დასაშვები. შენობათა დაპროექტებისას განისაზღვრება ზღვრული და დადგინდება უსაფრთხო დატვირთვა ფუძეზე.

ფუძის მიერ სიმტკიცის (მდგრადობის) დაკარგვა განპირობებულია ფუძეში ძერის ზედაპირების განვითარებით, რომლებიც იწვევენ ფუძის ზღვრულ მდგომარეობას. ამ შემთხვევაში გრუნტი იმყოფება დაძაბული მდგომარეობის II ფაზაში, ხოლო წნევა საძირკვლის ძირზე უახლოვდება ზღვრულს ($\sigma = \sigma_{\text{ზღვ}} = \sigma_{\text{არღვევი}}$). დატვირთვის უმნიშვნელო მომატება ან საძირკვლის ძირის ზომების შემცირება გამოიწვევს ძერის დეფორმაციების განვითარებას, ფუძის მდგრადობის დაკარგვას. ფუძის მდგრადობის დაკარგვას თან ახლავს შენობის მკვეთრი და არათანაბარი ჯდომები, რაც იწვევს ცალკეული ელემენტების, კონსტრუქციებისა ან მთელი შენობის დაუშვებელ დეფორმაციებს ან მდგრადობის დაკარგვას.

I ზღვრული მდგომარეობა შენობის და ფუძის ერთმანეთს ემთხვევა, ამიტომ მათი მნიშვნელობა დადგინდება ფუძეების მიერ მდგრადობის დაკარგვის პირობებიდან.

შენობათა დაპროექტებისას დეფორმაციების მიხედვით განისაზღვრება ფუძის ზედაპირის სხვადასხვა წერტილის გადაადგილებათა სიდიდე და ხასიათი, დადგინდება დასაპ-

როექტებელი შენობა-ნაგებობების დეფორმაციების სახეობები და მათი ზღვრული მნიშვნელობები.

გრუნტი ფუძეთა ვერტიკალური გადაადგილების დროს, იმყოფება დაძაბული მდგომარეობის I ფაზაში და წნევა საძირკვლის ძირზე უახლოვდება საწყის კრიტიკულ წნევას ($\sigma = \sigma_{კრ}$).

გრუნტების ჯდომა დაძაბული მდგომარეობის I ფაზაში უსაფრთხოა ფუძის სიმტკიცისათვის, მაგრამ მისი სიდიდე შეიძლება არ იყოს დასაშვები. შენობის ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებით, ამიტომ ფუძის II ზღვრული მდგომარეობა დადგინდება უშუალოდ გამომდინარე შენობა-ნაგებობათა მუშაობის პირობებიდან და შეზღუდულია მათი ზღვრული დეფორმაციების სიდიდეებით.

ამრიგად, ფუძეების ზღვრული მდგომარეობებით დაპროექტებისას უნდა განისაზღვროს საძირკვლის ისეთი ზომები (ჩაღრმავება, ძირის ფორმა და ზომები), რომელთა დროს ძაბვები ფუძეში და ფუძეთა ყველა სახის დეფორმაციები არ გამოიწვევენ ნაგებობათა მიწისზედა კონსტრუქციებში ზღვრულ მდგომარეობებს ნაგებობათა ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში.

I ზღვრული მდგომარეობის პირობების დაკმაყოფილება უზრუნველყოფს ფუძის სიმტკიცესა და მდგრადობას, II – ზღუდავს მიწისზედა კონსტრუქციების დეფორმაციებს. გრუნტების დიდი კუმშვადობა დატვრითვის ზეგავლენით პირველ ადგილზე თავისი მნიშვნელობით აყენებს გაანგარიშებას II ზღვრული მდგომარეობით – დეფორმაციებზე. ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს, რომ დეფორმაციების ზრდა ნაკლებად საშიშია, ვიდრე მდგრადობის დაკარგვა, რომელიც ხშირ შემთხვევაში უეცრად წარმოიქმნება და სწრაფად გამოყავს მდგომარეობიდან შენობა-ნაგებობები. დეფორმაციები კი იზრდება თანდათან, და მათ წინააღმდეგ ღონისძიებების დროულად ჩატარება საშუალებას იძლევა ისინი შევაჩეროთ. განასხვავებენ ფუძეების ზღვრულ მდგო-

მარეობებს: ა) სიმტკიცის (მდგრადობის) და ბ) დეფორმაციის მიხედვით.

ა) ფუძის სიმტკიცის დაკარგვა შეიძლება გამოწვეული იყოს მეწყერით, ჩაჯდომით, გრუნტის გამობერვით, რაც იწვევს საერთოდ მდგრადობის დაკარგვას. დაუშვებელ დეფორმაციებს ნაგებობების ცალკეული ელემენტების ან მთლიანად ნაგებობების.

დაპროექტება მდგრადობის მიხედვით აუცილებელია ისეთი შენობა-ნაგებობებისთვის, რომელთა ფუძეებზე გადაეცემა მუდმივად ან რეგულარულად მოქმედი ჰორიზონტალური დატვირთვები (საყრდენი კედლები, სანაპიროები, ესტაკადები და სხვა) ან იმ შემთხვევაში, როცა ფუძეები შეზღუდულია ფერდობებით და სხვა.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ფუძეზე მოქმედებენ მხოლოდ ვერტიკალური დატვირთვები, დეფორმაციების მიხედვით გაანგარიშების დროს, საშუალო წნევა საძირკვლის ძირზე არ უნდა აღემატებოდეს საწყის კრიტიკულ წნევას – ($\sigma_{\text{სა}} < \sigma_{\text{კრ}}$), რაც უზრუნველყოფს ფუძეთა მდგრადობას და I ზღვრულ მდგომარეობათა მოთხოვნები ავტომატურად კმაყოფილდება.

სიმტკიცის მიხედვით დაპროექტების დროს საძირკვლის ძირის ზომები უნდა იყოს ისეთი, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილია ფუძის მდგრადობა. ამ დროს დაკმაყოფილებული უნდა იყოს პირობა:

$$N \leq \frac{\Phi}{K_H} \quad (4.1)$$

N – საძირკვლის ძირზე მოქმედი საანგარიშო დატვირთვაა, Φ – უმცირესი მზიდუნარიანობაა დატვირთვების მიღებული მიმართულებისათვის (თიხოვანი გრუნტებისთვის, რომლებიც ხასიათდებიან რეოლოგიური თვისებებით, მათი ცოცვაადობისა და ხანგრძლივი სიმტკიცის გათვალისწინებით) K_H – საიმედობის კოეფიციენტი, რომელიც აიღება

იმისდა მიხედვით, თუ როგორი დანიშნულებისაა შენობა-ნაგებობები, გრუნტული პირობების შესწავლის ხარისხი, მაგრამ არანაკლები $K_H \geq 1,2 \cdot N$ -ის მნიშვნელობა დადგინდება სამშენებლო კონსტრუქციების სტატიკური გაანგარიშებით.

Φ – განისაზღვრება გრუნტების ზღვრული წონასწორობის თეორიის მეთოდებით. შენობათა მდგრადობის დაკარგვა შეიძლება გამოწვეული იყოს მათი გადაადგილების შედეგად გრუნტზე – ბრტყელი ძვრით. ამ შემთხვევაში N (4.1)-ში იქნება გარე დატვირთვების ჰორიზონტალური ტოლქმედი, ხოლო Φ – გრუნტის ხახუნის ძალა საძირკვლის ძირზე.

ბ) დაპროექტებისას დეფორმაციების მიხედვით, აუცილებლად ყველა შენობა-ნაგებობებისათვის უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ისეთი ჯდომები, რომელთა დროს არ წარმოიქმნება ზღვრული მდგომარეობათა არც ერთი სახეობა მიწისზედა კონსტრუქციებში და რომლებიც არ უნდა არღვევდეს შენობა-ნაგებობათა ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებს. დაცული უნდა იყოს პირობა:

$$S \leq S_{\text{ზღვრ}} \quad (4.2)$$

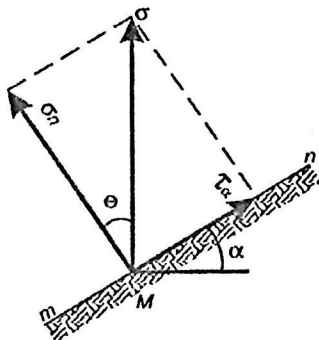
ე. ი. შენობა-ნაგებობათა მიწისზედა ნაწილების ყველა სახის დეფორმაციები არ უნდა აღემატებოდეს მათ ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობებს. რაც უფრო ახლოს იქნებიან ერთმანეთთან (4.2) უტოლობის მარცხენა და მარჯვენა ნაწილები, მით უფრო ეკონომიურადაა დაპროექტებული ფუძე. ფუძეების დაპროექტებისას ზღვრული დეფორმაციების მიხედვით განისაზღვრება საბოლოო ჯდომები, მათი ცვლილება დროში შენობის სხვადასხვა კვეთებში და გაანგარიშებით ადგენენ საძირკვლების ისეთ ზომებს, რომელთა დროს მოსალოდნელი ჯდომები არ აღემატება დასაშვებს.

§4.2. გრუნტების ზღვრული წონასწორობის პირობები

ჩვენ შევისწავლეთ ძაბვების განაწილება ფუძეებში (ე. ი. გავეცანით ფუძის დაძაბული მდგომარეობის საერთო სურათს). მაგრამ ნაგებობათა ფუძეების სიმტკიცისა და მდგრადობის შეფასებისათვის ეს არ არის საკმარისი. საჭიროა დადგინდეს გრუნტის ისეთი დაძაბული მდგომარეობა, რომელიც უზრუნველყოფს შენობის (ნაგებობის) ნორმალური ექსპლოატაციის პირობებს ზედმეტი მარაგის გარეშე (ე. ი. საჭიროა განისაზღვროს ის მაქსიმალური დატვირთვა, რომლის დროსაც გრუნტი იმყოფება წონასწორობაში). ამ საკითხს შეისწავლის გრუნტის ზღვრული დაძაბული მდგომარეობის თეორია.

გრუნტის მასივის დაძაბული მდგომარეობის შესასწავლად საკმარისია განვიხილოთ ძაბვები მასივის რომელიმე წერტილში. ცნობილია, რომ თუ ფუძის ზედაპირზე მოქმედებენ დატვირთვები, გრუნტის ნებისმიერ წერტილზე გამავალ დახრილ სიბრტყეზე იმოქმედებენ ნორმალური და მხები ძაბვები და ამ ძაბვების მნიშვნელობა მასივის გარკვეული დაძაბულობისათვის დამოკიდებულია სიბრტყის მიმართულებაზე, ე. ი. მის დახრის კუთხეზე (მაგალითად, მთავარ მიმართულებასთან).

ამოცანა იმაში მდგომარეობს, რომ განისაზღვროს აღნიშნული კუთხის ისეთი მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება გრუნტის ზღვრული წონასწორობის მდგომარეობას.



ნახ. 4.1 ძაბვების სქემა მოცემულ წერტილში

ამისათვის განვიხილოთ გრუნტის ნებისმიერ M წერტილში ელემენტარული სამკუთხა პრიზმის დაძაბული მდგომარეობა. ვთქვათ, ამ წერტილზე გამავალი mn სიბრტყე დახრილია მთავარ მიმართულებასთან რაღაც α კუთხით. სიმარტივისათვის დავუშვათ, რომ პრიზმის სიგრძე ერთის ტოლია. სიბრტყეზე მოქმედებს სრული ძაბვა σ , რომელიც იშლება ორ მდგენელად σ_n და $\tau_\alpha \cdot \sigma_n$ - ნორმალური ძაბვაა, τ_α - მხები ძაბვა. θ - არის გადახრის კუთხე - ე. ი. კუთხე, რომელზეც გადახრილია სიბრტყის სრული ძაბვა σ ამ სიბრტყის ნორმალური ძაბვიდან σ_n -დან. σ_1 და σ_2 მთავარი ძაბვებია. ცხადია, რომ α კუთხის ცვალებადობის დროს ძაბვის მდგენელების (σ_n და τ_α) მნიშვნელობებიც შეიცვლება და იმ შემთხვევაში როცა მხები (ძვრის) ძაბვები მიაღწევენ ნორმალური ძაბვების გარკვეულ მნიშვნელობებს დაიწყება გრუნტის ერთი ნაწილის დაცურება (გადაადგილება) მეორეს მიმართ.

ნახაზიდან:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\tau}{\sigma_n} \quad (4.3)$$

ე. ი. ამოცანა იმაში მდგომარეობს, რომ განისაზღვროს θ -ს მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც ზღვრული წონასწორობის შესაბამისი იქნება ე. ი. როცა

$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg}\varphi + c \quad (4.4)$$

მასალათა გამძლეობიდან ცნობილია, რომ:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_n &= \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_2 \sin^2 \alpha \\ \tau &= \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\alpha \end{aligned} \right\} \quad (4.5)$$

თუ შევიტანთ (4.3)-ში და ამოვხსნით θ მიმართ, ტრიგონომეტრიული გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2} = \sin^2 \theta_{\max} \quad (4.6)$$

როგორც ვიცით, ზღვრული წონასწორობის მდგომარეობისათვის:

$$\xi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\mu_0}{1 - \mu_0} \quad (4.7)$$

$$\xi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ \pm \frac{\theta_{\max}}{2} \right) \quad (4.8)$$

როგორც ვიცით, კვიშიანი გრუნტების ზღვრული წონასწორობის პირობაა:

$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg}\varphi$$

$$\text{აქედან } \operatorname{tg}\varphi = \frac{\tau}{\sigma_n} \quad \text{ნახაზიდან } \operatorname{tg}\theta = \frac{\tau}{\sigma_n}$$

$$\mu \cdot \sigma \cdot \operatorname{tg} \theta_{\max} = \operatorname{tg} \varphi$$

$$\text{აქედან } \theta_{\max} = \varphi$$

ე. ი. ზღვრული დაძაბული მდგომარეობისათვის (ქვიშები-სათვის) გადახრის კუთხის მაქსიმალური მნიშვნელობა შიგა ხახუნის კუთხის ტოლია და ფორმულები მიიღებენ სახეს:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2} = \sin \varphi \quad (4.9)$$

$$\xi = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ \pm \frac{\varphi}{2} \right) \quad (4.10)$$

თუ მთავარ ძაბვებს გამოვსახავთ შემადგენელი ძაბვებით σ_z , σ_x , τ_{zx} , მივიღებთ (4.9) განტოლების ეკვივალენტურ ზღვრული წონასწორობის პირობას:

$$\frac{(\sigma_z - \sigma_x)^2 + 4\tau_{zx}^2}{(\sigma_z + \sigma_x)^2} = \sin^2 \varphi \quad (4.11)$$

ანალოგიურად შეიძლება მივიღოთ ზღვრული წონასწორობის პირობები ბმული გრუნტებისათვის (თიხებისათვის). როგორც ვიცით ერთი მათგანია:

$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + c \quad (4.12)$$

მეორე პირობას მივიღებთ (4.9)-დან თუ შეჭიდულობის (ბმულობის) წნევას აღვნიშნავთ σ_e -თი:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2 + 2\sigma_e} = \sin \varphi \quad (4.13)$$

აქედან

$$\sigma_1 - \sigma_2 = 2 \sin \varphi \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \sigma_e \right) \quad (4.14)$$

როგორც ვიცით, შეჭიდულობის წნევა $\sigma_e = \frac{c}{\text{tg}\varphi}$ და ამის გათვალისწინებით ზღვრული წონასწორობის პირობა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = 2\sin\varphi \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{c}{\text{tg}\varphi} \right) \quad (4.15)$$

ვ. სოკოლოვსკიმ ამ ფორმულას შეუცვალა სახე და ბმული გრუნტების ზღვრული წონასწორობის პირობა წარმოადგინა შემდეგი სახით:

$$\frac{1}{\cos\varphi} \cdot \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} - \text{tg}\varphi \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} = c$$

ამ უკანასკნელს ფართოდ იყენებენ ზღვრული წონასწორობის თეორიაში.

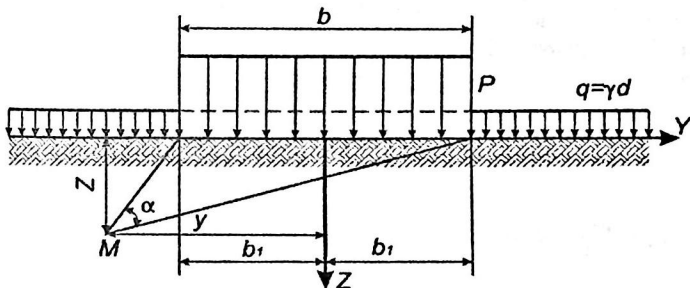
§4.3 პირველი და მეორე კრიტიკული წნევების განსაზღვრა

ა) I კრიტიკული წნევის განსაზღვრა.

ნაგებობის მდგრადობის პირობა დაცული იქნება, თუ ფუძეზე გადაცემული კუთრი დატვირთვა იქნება არა უმეტესი ზღვრული წნევისა. (ასეთი შემოწმება საჭიროა განსაკუთრებით მაშინ, როცა ნაგებობაზე მოქმედებენ მუდმივი გვერდითი დატვირთვები ან ფუძის რომელიმე მხარე შემოფარგლულია ფერდობით. თუ ფუძეზე გადაცემული კუთრი დატვირთვა იქნება არა უმეტესი პირველი კრიტიკული წნევისა, მაშინ დაცული იქნება სიმტკიცის პირობა).

პირველი კრიტიკული წნევა გარე კუთრი დატვირთვის ისეთი მაქსიმალური მნიშვნელობაა, რომლის მოქმედების ფარგლებში გრუნტების სამშენებლო თვისებების გამოკ-

ლევა შეიძლება ვაწარმოოთ წრფივად დეფორმირებადობის პრინციპის საფუძველზე (სინამდვილეში I და II ფაზის ზღვარზე გრუნტის მასივის ყველა წერტილში რა თქმა უნდა არ იქნება დაცული სიმტკიცის პირობა).



ნახ. 4.2 ზოლოვანი დატვირთვის მოქმედების სქემა

განვიხილოთ ზოლოვანი საძირკველი სიგანით b , ჩაღრმავებით h , რომლის ძირზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული დატვირთვა p . გრუნტის გვერდითი წნევა $q = \gamma d$. γ – გრუნტის კუთრი წონაა, საჭიროა განისაზღვროს p -ს ისეთი მნიშვნელობა, რომელიც ზღვრული წონასწორობის ზონის მაქსიმალური გაგრძელების შესაბამისი იქნება. განვიხილოთ ბრტყელი ამოცანა, რომლის გადაწყვეტა მოცემულია YOZ კოორდინატებში.

როგორც ვიცით, ფუძის ნებისმიერ წერტილში საძირკველის ძირის ქვემოთ, სიმძიმის ცენტრის გასწვრივ მთავარი ძაბვები იანგარიშება ფორმულებით:

$$\sigma_1 = \frac{p}{\pi} (2\alpha + \sin 2\alpha) \quad (4.16)$$

$$\sigma_2 = \frac{p}{\pi} (2\alpha - \sin 2\alpha) \quad (4.17)$$

ამ საკითხის გადაწყვეტისას, რომლის დროსაც ფუძე განიხილება ზღვრული დაძაბულობის პირობებში, დაუშვებენ, რომ გრუნტის გვერდითი ფარდობითი დეფორმაციის კოეფიციენტი $\mu_0 = 0,5$, მაშინ გვერდითი წნევის კოეფიციენტი $\xi = \frac{\mu_0}{1-\mu_0} = 1$. ეს იმას ნიშნავს, რომ ფუძეში გრუნტების საკუთარი წონით გამოწვეული დაბეჭდვის განაწილება ემორჩილება ჰიდროსტატიკის კანონს (ბუნებრივი წნევები ყველა მიმართულებით ერთნაირია ($\sigma_{zg}^x = \sigma_{zg}^y = \sigma_{zg}^z$) და მათი გათვალისწინებით, ზემოთ მოყვანილი მთავარი დაბეჭდვის გამომსახველი ფორმულები გადაიწერება შემდეგნაირად:

$$\sigma_1 = \frac{p-\gamma d}{\pi}(\alpha + \sin \alpha) + \gamma(d + z) \quad (4.18)$$

$$\sigma_2 = \frac{p-\gamma d}{\pi}(\alpha - \sin \alpha) + \gamma(d + z) \quad (4.19)$$

სადაც γ გრუნტის კუთრი წონაა, d – საძირკვლის ჩაღრმავება, z – განსახილველი წერტილის ჩაღრმავება საძირკვლის ძირიდან. $\gamma \cdot d$ გრუნტის საკუთარი წონით გამოწვეული დაბეჭვა საძირკვლის ძირის დონეზე. $\gamma(d + z)$ – გრუნტის საკუთარი წონით გამოწვეული დაბეჭვა განსახილველი წერტილის ჩაღრმავების დონეზე.

თუ დაბეჭდვის ამ მნიშვნელობებს შევიტანთ ზღვრული წონასწორობის ფორმულებში, მივიღებთ წნევის ისეთ მნიშვნელობას, რომელიც ზღვრული წონასწორობის ზონის მაქსიმალური გავრცელების შესაბამისი იქნება:

$$P_{\max} = \frac{\pi\gamma}{\text{ctg}+\varphi-\frac{\pi}{2}}\left(Z_{\max} + \frac{c}{\gamma} \text{ctg}\varphi + d\right) + \gamma d \quad (4.20)$$

თუ ფუძეში სრულებით გამოვრიცხავთ ზღვრული წონასწორობის ზონების წარმოშობას $Z_{\max} = 0$, მივიღებთ:

$$P_{\text{კრ}} = \frac{\pi\gamma}{\text{ctg}\varphi + \frac{\pi}{2}} \left(\frac{c}{\gamma} \text{ctg}\varphi + d \right) + \gamma d \quad (4.21)$$

ეს ფორმულა მიღებული იქნა პუზირევსკის მიერ, იგივე ამოცანა გრუნტების ბმული თვისებების გათვალისწინებით გადაწყვეტეს გერსევანოვმა, ხოლო მოგვიანებით ფრელიხმა.

(4.20) ფორმულით გაანგარიშებული წნევა იძლევა არაეკონომიურ გადაწყვეტილებას (არაა გამოყენებული ფუძის ზიდვის უნარი), ამიტომ ნორმების მიხედვით ფუძის საანგარიშო წნევა იანგარიშება ფორმულით.

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} (M_v k_z b \gamma_{11} + M_q d_1 \gamma'_{11} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{11} + M_{c_{11}} \cdot C_{11}) \quad (4.22)$$

γ_{c1} და γ_{c2} - მუშაობის პირობების კოეფიციენტებია, აიღება ცხრილიდან γ_{c1} - გრუნტის სახეობის, $\gamma_{c2} = \frac{L}{H}$ ფარდობის მიხედვით (L - შენობის სიგრძეა, H - სიმაღლე): (ცხრ. 4.1)

Y_{c1} და Y_{c2} კოეფიციენტების მნიშვნელობები

გრუნტული პირობები	Y _{c1}	Y _{c2} შენობის სიგრძის მის სიმაღლესთან $\frac{L}{H}$ უარდობის შემთხვევაში	
		4 და მეტი	1,5 და ნაკლ.
		მსხვილნამტვრევი გრუნტები ქვიშოვანი შემავესებლით, გარდა წერილი და მტვროვანისა წერილი ქვიშები მტვროვანი ქვიშები: მცირეტენიანი და ტენიანი წყლით გაუღენთილი მტვროვან-თიხოვანი, აგრეთვე მსხვილნამტვრევი გრუნტები მტვროვან-თიხოვანი გრუნტები შემავესებლებით, დენადობის მანვენებლებით	1,4 1,3 1,25 1,1 1,25 1,2 1,1

კოეფიციენტი $k = 1$ როცა φ და c განისაზღვრება უშუალოდ გამოცდით და $k = 1,1$ როცა ისინი აიღება ცხრილებიდან. M_v , M_q და M_c უგანზომილებო კოეფიციენტებია. აიღება ცხრილიდან φ -ის მიხედვით (ცხრ. 4.2).

M_v , M_q , და M_c კოეფიციენტების მნიშვნელობები

φ გრად	M_v	M_q	M_c	φ გრად	M_v	M_q	M_c
0	0	1,00	3,14	24	0,72	3,87	6,45
2	0,03	1,12	3,32	26	0,84	4,37	6,90
4	0,06	1,25	3,51	28	0,98	4,93	7,40
6	0,10	1,39	3,71	30	1,15	5,59	7,95
8	0,14	1,55	3,93	32	1,34	6,34	8,55
10	0,18	1,73	4,17	34	1,55	7,22	9,22
12	0,23	1,94	4,42	36	1,81	8,24	9,97
14	0,29	2,17	4,69	38	2,11	9,44	10,80
16	0,36	2,43	4,99	40	2,46	10,85	11,73
18	0,43	2,73	5,31	42	2,88	12,51	12,79
20	0,51	3,06	5,66	44	3,38	14,50	13,98
22	0,61	3,44	6,04	45	3,66	15,64	14,64

k_z კოეფიციენტი როცა საძირკვლის სიგანე $b < 10$ მ
 $k_z = 1$. როცა $b \geq 10$ მ $k_z = \frac{z_0}{b} + 0,2$ ($z_0 = 8$ მ).

γ_{11} - საძირკვლის ძირის ქვემოთ მდებარე გრუნტების გასაშუალოებული კუთრი წონა (კნ/მ³).

γ_{11} "-----" საძირკვლის ძირის ზემოთ.

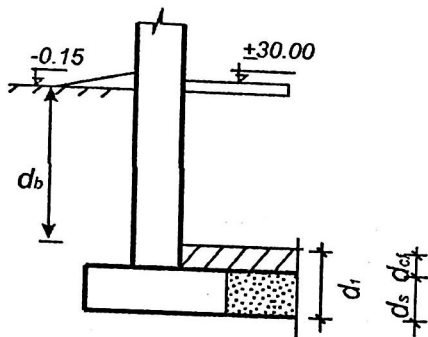
C_{11} - საძირკვლის ძირის ქვემოთ მდებარე გრუნტის კუთრი შეჭიდულობის ძალის საანგარიშო მნიშვნელობა.

d_1 - უსარდაფო შენობებისათვის საძირკვლის ჩაღრმავება მოშანდაკების ზედაპირიდან. სარდაფიანი შენობების დაყვანილი სიმაღლეა სარდაფის იატაკიდან, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$d_1 = d_s + d_{cf} \cdot \frac{\gamma_{cf}}{\gamma_{11}} \quad (4.23)$$

სადაც d_s - გრუნტის სისქეა სარდაფის მხრიდან საძირკვლის ზევით (მ). d_{cf} - სარდაფის იატაკის კონსტრუქციის სისქეა (მ) (0,1÷0,3მ).

γ_{cf} - სარდაფის იატაკის კონსტრუქციის კუთრი წონის საანგარიშო მნიშვნელობაა კნ/მ³ ($\gamma_{cf} = 23$ კნ/მ³).



ნახ. 43. სარდაფიანი შენობის საძირკველი

d_b - სარდაფის სიღრმეა - მანძილი მოშანდაკების ზედაპირიდან სარდაფის იატაკამდე (მ). (შენობებისათვის სარდაფის სიგანით $B \leq 20$ მ და ჩაღრმავებით > 2 მ მიიღება $d_b = 2$ მ, როცა სარდაფის სიგანე $B > 20$ მ, $d_b = 0$).

ბ) მეორე კრიტიკული წნევის განსაზღვრა როგორც აღენიშნეთ, მას უწოდებენ ფუძის მზიდუნარიანობის ზღვარს, ანუ ზღვრულ წნევას. არსებობს მისი განსაზღვრის ორი მეთოდი.

პირველი მათგანია ზუსტი მეთოდი. ამ მეთოდის დროს იწერება ორი დიფერენციალური განტოლება და მესამე ზღვრული წონასწორობის განტოლება, რომელთაგანაც განისაზღვრება $P_{ზღ}$ - როგორც ცენტრალურად ისე არა-

ცენტრალურად დატვირთული საძირკვლებისათვის. ფუძის გაანგარიშება ზიდვის უნარზე ხდება შემდეგი პირობის მიხედვით:

$$N \leq \frac{\Phi}{K_H}$$

N - საანგარიშო ვერტიკალური დატვირთვაა ფუძეზე, K_H - საიმედობის კოეფიციენტი. ფუძის ზიდვის უნარი განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Phi = \bar{\ell} \cdot \bar{b} (A_1 b \gamma_1 + B_1 d \gamma_1' + D_1 C_1) \quad (4.24)$$

$$A_1 = \lambda_v \cdot i_v \cdot n_v$$

$$B_1 = \lambda_g \cdot i_g \cdot n_g$$

$$D_1 = \lambda_c \cdot i_c \cdot n_c$$

სადაც $\bar{\ell}$ და \bar{b} საძირკვლის დაყვანილი სიგრძე და სიგანეა, $\bar{\ell} = \ell - 2\ell_c$ და $\bar{b} = b - 2\ell_b$. ℓ_c და ℓ_b ექსცენტრისიტეტებია გამოწვეული ყველა დატვირთვის ტოლქმედით გრძივი და განივი მიმართულებით.

λ_v , λ_g , λ_c - ზიდვის უნარის კოეფიციენტებია, რომლებიც დამოკიდებულია ფუძე-გრუნტის ჯგუფ კუთხის მნიშვნელობაზე და აიღება ნორმებიდან. i_v , i_g და i_c დატვირთვის დახრის კუთხის გავლენის კოეფიციენტებია, რომლებიც დამოკიდებულია ფუძე-გრუნტის φ კუთხის საანგარიშო მნიშვნელობების და დატვირთვების ტოლქმედის დახრის δ კუთხეზე ვერტიკალთან საძირკვლის ძირის დონეზე $\text{ჯგუფ} = \frac{\sum H}{\sum N}$ ფარდობის მიხედვით.

n_v , n_g , n_c - მართკუთხა ფორმის საძირკვლის გვერდების ფარდობის გავლენის კოეფიციენტებია:

$$n_v = 1 + \frac{0,25}{k}, \quad n_g = 1 + \frac{1,5}{k}, \quad n_c = 1 + \frac{0,3}{k}, \quad k = \frac{a}{b}$$

c - გრუნტის შეჭიდულობის ძალის საანგარიშო მნიშვნელობაა.

d₁ - საძირკვლის ჩაღრმავება.

γ₁ და γ₁¹ გრუნტის კუთრი წონებია შესაბამისად საძირკვლის ძირის ქვემოთ და ზემოთ.

საძირკველს ამოწმებენ მდგრადობაზე, ძვრაზე:

$$K = \frac{\sum T_{\text{დაჟ}}}{\sum T_{\text{გვ}}}} = \frac{\sum N \cdot f}{\sum H} \geq 1,2 \quad (4.25)$$

∑H - ყველა ჰორიზონტალური დატვირთვის ჯამი. f - ხახუნის კოეფიციენტია საძირკვლის წყობის გრუნტზე, აიღება ცხრილებიდან გრუნტის სახეობის მიხედვით.

გადაყირავებაზე ამოწმებენ იმ შემთხვევაში, როცა დატვირთვის ტოლქმედის მოდების წერტილი გადის საანგარიშო კვეთის გულის გარეთ ან საძირკველზე მოქმედებს მნიშვნელოვანი სიდიდის ჰორიზონტალური დატვირთვა:

$$K = \frac{M_{\text{დაჟ}}}{M_{\text{გადაჟ}}} \geq 1,2 \quad (4.26)$$

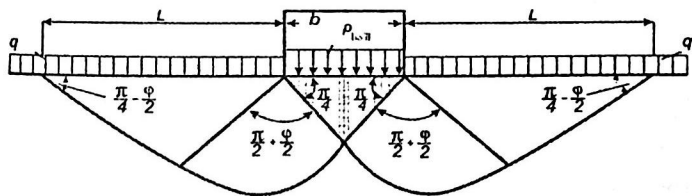
K - მდგრადობის კოეფიციენტია;

ბრტყელი ამოცანის შემთხვევაში, ხისტი ზოლოვანი საძირკველებისათვის (ნახ. 4.4) პროფ. ვ. ბერეზანცევის მიხედვით ზღვრული წნევა განისაზღვრება ფორმულით:

$$P_{\text{ზღვ}} = N_\gamma \cdot \gamma \cdot b_1 + N_q \cdot q + N_c \cdot c \quad (4.27)$$

სადაც N_γ, N_q, N_c - მზიდუნარიანობის კოეფიციენტებია ბრტყელი ამოცანის შემთხვევაში, რომლებიც მოცემულია ცხრ. 4.3-ში. b₁ კვადრატის გვერდის სიგრძის ნახევარი ან

წრიულის რადიუსია. $q = \gamma h$ - გვერდითი დატვირთვაა, c - გრუნტის შეჭიდულობაა.



ნახ. 4.4. ზღვრული წნევის განსაზღვრის სქემა ბრტყელი ამოცანის შემთხვევაში ზოლოვანი საძირკვლის ქვემოთ შემკვრივებული ბირთვის გათვალისწინებით.

ცხრილი № 4.3

მზიდუნარიანობის კოეფიციენტების მნიშვნელობები მრგვალი და სწორკუთხა ძირის საძირკვლებისათვის

კოეფიციენტი	φ გრად												
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
N_γ	3,4	4,6	6	7,6	9,8	13,6	16	21,6	28,6	39,6	52,4	74,8	100,2
N_q	4,4	5,3	6,5	8	9,8	12,3	15	19,3	24,7	32,6	41,5	54,8	72
N_c	11,7	13,2	15,1	17,2	19,8	23,2	25,8	31,5	38	47	55,7	70	84,7

ზოგიერთ ლიტერატურულ წყაროს მიხედვით, (4.27) ფორმულაში b_1 წარმოადგენს ზოლოვანი საძირკვლის ნახევარსივრცის და ამიტომ კოეფიციენტი N_γ ამ შემთხვევაში აიღება გაორკეცებული მნიშვნელობით.

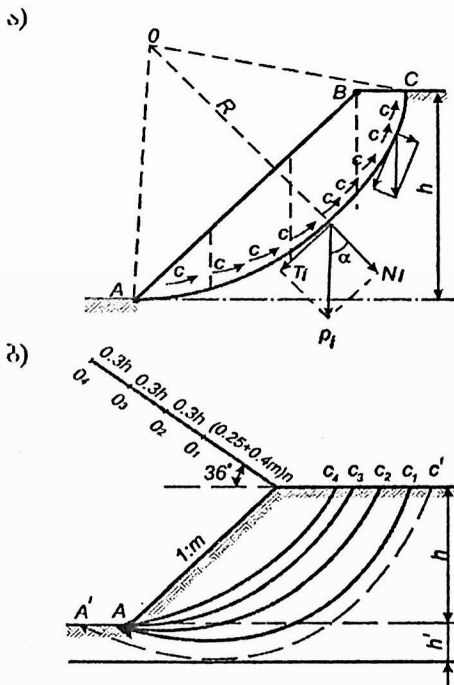
§4.4 ფერდობების მდგრადობის შემოწმება

არსებობს ფერდობების მდგრადობის შემოწმების 2 მეთოდი: 1) ზუსტი მეთოდი – როცა გრუნტის გადაადგილების ფორმა დგინდება მათემატიკური სიზუსტით, გრუნტის ზღვრული დაძაბულობის თეორიის მეშვეობით, რომელიც თავისი სირთულის გამო საინჟინრო პრაქტიკაში ძნელი გამოსაყენებელია.

2) ძვრის ზედაპირის ფორმის წინასწარი დანიშვნა – ასეთ ფორმად მიღებულია ცილინდრი, რის გამოც ამ მეთოდს მრგვალცილინდრული მეთოდი ეწოდება.

0 წერტილიდან (ნახ. 4.5), რომელიც მდებარეობს დაახლოებით ფერდობის შუა ნაწილის ზემოთ, როგორც ცენტრიდან R რადიუსით შემოეხაზავთ AC რკალს, რომელიც წარმოადგენს ძვრის შესაძლო ზედაპირის კვალს და განვიხილავთ მის შიგნით მოქცეული მასივის წონასწორობის პირობას.

მთელ მასივს ყოფენ ვერტიკალურ ბლოკებად (ნაკვეთურებად) სისქით $0,1 R$. თითოეული ბლოკის წონაა – P_i , რომელიც მოდებულია შესაბამისი ბლოკის ფუძის რკალის სიმძიმის ცენტრში, იშლება ორ მდგენელად; ერთი მათგანია რკალის მართობი N_i , რომელიც ვერტიკალთან ადგენს α კუთხეს, ხოლო მეორე მისი მხები T_i , როგორც ნახაზიდან ჩანს, ნებისმიერი ბლოკისათვის დამჭერ ძალას წარმოადგენს გრუნტის შიგა ძვრის წინაღობა: $N_i = tg\varphi + c\Delta l_i$; სადაც Δl_i არის რკალის სიგრძე i -ურ შრეში. C – კუთრი შეჭიდულობის ძალაა $N_i = P_i \cos \alpha$; ძვრის ძალაა $T_i = P_i \sin \alpha$. (ნახ. 4.5)



ნახ. 4.5 ფერდობების მდგრადობის შემოწმება

მდგრადობის კოეფიციენტი აღებული ბლოკისათვის:

$$K_1 = \frac{M_{\text{დაფ}}^i}{M_{\text{დამ}}^i} \quad (4.28)$$

$M_{\text{დაფ}}^i$ - დამკერი ძალისაგან გამოწვეული მომენტი i-ურ შრეში. $M_{\text{დამ}}^i$ - დამკერ. ძალისაგან გამოწვეული მომენტი i-ურ შრეში.

$$\text{მთელი მასივისათვის: } K = \frac{R(\operatorname{tg}\varphi \sum_{i=1}^n P_i \cos\alpha + c \sum \Delta l_i)}{R \sum_{i=1}^n P_i \sin\alpha;} \quad (4.29)$$

აქ n – ნაკვეთურების ბლოკების სიგრძეა, L – ძვრის ზედაპირის მთლიანი სიგრძე, აღენიშნოთ $L = \Delta l_i$; შევკვეცოთ R -ზე:

$$K = \frac{\operatorname{tg}\varphi \sum_{i=1}^n P_i \cos\alpha + cL}{\sum_{i=1}^n P_i \sin\alpha} \quad (4.30)$$

ასე ანგარიშობენ მდგრადობის კოეფიციენტს ძვრის რამდენიმე ზედაპირისათვის, რისთვისაც ცვლიან 0 ცენტრის მდებარეობას და რადიუსის მნიშვნელობას. აიღება არანაკლები ხუთისა – 01; 02; 03; 04; 05; ასეთნაირად მონახება მდგრადობის კოეფიციენტის მინიმალური მნიშვნელობა, რომელიც იქნება ძვრის (ცოცვის) ყველაზე საშიში ზედაპირის შესაბამისი $K_{\min} > 1,2$.

ამავე მრგვალცილინდრული მეთოდით ამოწმებენ ნაგებობის ფუძის მდგრადობას, ანუ მის მზიდუნარიანობას, რისთვისაც საკმარისია ნაგებობების მიერ ფუძეზე გადაცემული წნევა შეიცვალოს გრუნტის ეკვივალენტური პრიზმით, რომლის სიმაღლე $H_0 = p/\gamma$, ხოლო ძვრის ზედაპირის კვალი გადიოდეს საძირკვლის ძირის უკანა წიბოზე. ფუძის მდგრადობის კოეფიციენტი იანგარიშება ზემოთ ჩამოყალიბებული წესით. თუ მდგრადობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა ნაკლებია ნორმებით გათვალისწინებულ სიდიდეზე, ფერდობის მოცემული ქანობისათვის იგი შეიძლება გაიზარდოს ხიმინჯოვანი საძირკვლის მოწყობით, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ძვრის ზედაპირის სიგრძეს. ფერდობის წყლით გაუღენტვის შემთხვევაში მისი მდგრადობის კოეფიციენტი მცირდება $(1 - \gamma_w/\gamma)$ -ჯერ. ფერდობის წყლით გაუღენტვის შემთხვევაში მდგრადობის კოეფიციენტი:

$$K = \left(1 - \frac{Y_{\omega}}{Y}\right) \cdot \frac{t_{\text{გფ}}}{t_{\text{გა}}} \quad (4.31)$$

მრავალცილინდრული მეთოდი უფრო მართებულ შედეგს იძლევა იმ შემთხვევაში, როდესაც შესამოწმებელი მასივი ერთგვაროვანი გრუნტისაგან შედგება. როდესაც იგი სხვადასხვა გრუნტებისაგან შედგება, მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული როგორც გრუნტის კუთრი წონის ცვალებადობა ნაკვეთურების წონის გაანგარიშების დროს, აგრეთვე შიგა ხახუნის კუთხისა და შეჭიდულობის ძალების ცვალებადობა ძერის ზედაპირის გადასვლის დროს ერთი გრუნტიდან მეორეში.

აღნიშნული მეთოდის დიდი უარყოფითი მხარეა გამოსათვლელი სამუშაოს დიდი მოცულობა და ცალკეული ნაკვეთურების ურთიერთზემოქმედების უგულვებლყოფა. გარდა ამისა ძერის ზედაპირის ფორმა ხშირად განსაზღვრულია ადგილის გეოლოგიური პირობებით და მისი წარმოდგენა მრავალცილინდრად შორსაა რეალურიდან. იუხუდავად ამისა, ეს მეთოდი ამჟამად წარმოადგენს პრაქტიკით გამართლებულ მეთოდს.

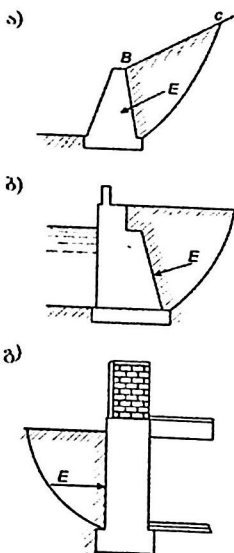
§4.5 გრუნტის წნევა საყრდენ კედლებზე

ისეთი საინჟინრო ნაგებობები, როგორცაა საყრდენი კედლები, ქვაბულების გასამაგრებელი კონსტრუქციები, სანაპიროების სამაგრი კედლები, აგრეთვე, სარდაფის კედლები, განიცდიან წნევას გრუნტის მხრიდან. ამათგან ჩვენ განვიხილავთ საყრდენ კედლებს, რომელთა დანიშნულებაა ნაპირის დაცვა გარეცხვისაგან და გაუწონასწორებელი ფერდობის შეკავება.

საჭიროა განისაზღვროს მაქსიმალური დაწნევა გრუნტის მხრიდან საყრდენ კედელზე, რომელიც შეიძლება იყოს ორი

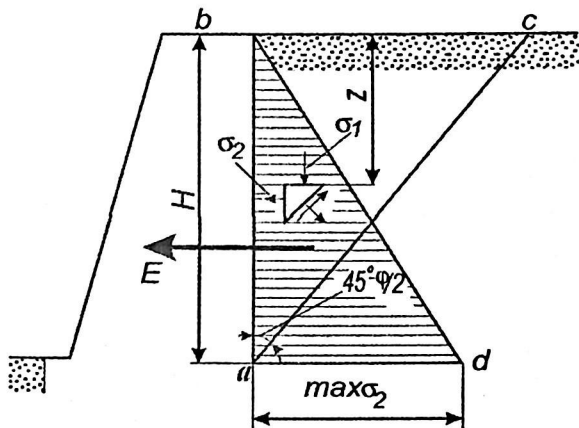
სახის: აქტიური და პასიური. თუ გრუნტის წნევა იწვევს კედლის მობრუნებას ჩამოცოცების მიმართულებით. მას ეწოდება აქტიური წნევა, ხოლო თუ გრუნტის წნევა იწვევს კედლის მობრუნებას ჩამოცოცების მიმართულების საწინააღმდეგოდ, მას პასიური წნევა ეწოდება.

ეს წნევები შეიძლება განისაზღვროს მათემატიკურად ზუსტად, თუ ცნობილია ცოცვის ზედაპირების ზუსტი მოხაზულობა, რაც თავის მხრივ განისაზღვრება ზღვრული წონასწორობის დიფერენციალური განტოლებების სისტემის ამოხსნით. პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას უშეუბუნ, რომ დაცურების ზედაპირებს აქვთ სიბრტყის ფორმა საყრდენი კედლის უკან და ჩამონგრევის სიბრტყის კვალი გადის კედლის ქვედა ზღვარზე.



ნახ. 4.6 საყრდენი კედლების ზოგიერთი სახეობა

განვიხილოთ ბნევადი (ქვიშოვანი) გრუნტის დაძაბული მდგომარეობა. ისეთი საყრდენი კედლის უკან, რომელიც ა) გლუვია და ვერტიკალური. (ნახ. 4.7)



ნახ. 4.7 ძალების მოქმედების სქემა და გრუნტის წნევის ეპიურა საყრდენ კედელზე

საყრდენი კედლის უკან მდებარე გრუნტის ნებისმიერი პორიზონტალური ფართი განიცდის მხოლოდ მკუმშავი ძაბვის მოქმედებას, რომელიც ტოლია:

$$\sigma_1 = \gamma \cdot Z \quad (4.32)$$

გვერდითი წნევა σ_2 მოქმედი საყრდენ კედელზე განისაზღვრება გრუნტის ზღვრული წონაწილობის პირობებიდან:

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (4.33)$$

თუ გავითვალისწინებთ (4.32)-ს

$$\sigma_z = \gamma z \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (4.34)$$

წნევების ეპიურის განაწილება საყრდენი კედლის უკანა მხარეზე აღნიშნულია სამკუთხედით (abd). ($z = 0$ $\sigma_z = 0$ $z = h$ $\sigma_z = \sigma_{\max}$). როგორც ვთქვით, იმ შემთხვევაში, როცა კედელი იწყებს გადაადგილებას გრუნტისკენ, ადგილი ექნება გრუნტის პასიურ წინააღმდეგობას, (4.34) ფორმულის ფრჩხილებში მოთავსებული წევრის ნიშანი — შეიცვლება დადებითით და პასიური წნევის მნიშვნელობა ტოლი იქნება:

$$\sigma_{23} = \gamma z \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (4.35)$$

გრუნტის აქტიური წნევის ტოლქმედი E_3 საყრდენ კედელზე ტოლი იქნება წნევის ეპიურის ფართობის:

$$E_3 = \frac{\max \sigma_z \cdot H}{2} \quad (4.36)$$

ფორმულაში ისმება $Z = H$

$$\text{ან} \quad E_3 = \frac{\gamma H^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (4.37)$$

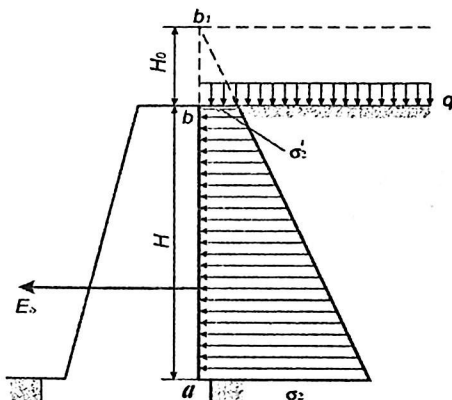
E_3 — იქნება ჰორიზონტალური ძალა მოდებული ეპიურის სიმძიმის ცენტრში ე. ი. $1/3$ H -ზე საყრდენი კედლის ძირიდან:

$S = \frac{1}{3} H$ გრუნტის პასიური წნევა

$$E_3 = \frac{1}{2} \gamma H^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (4.38)$$

ბ) იმ შემთხვევაში, როცა მიწის ზედაპირზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული დატვირთვა q , იგი უნდა შეიცვალოს გრუნტის ეკვივალენტური ფენით, რომლის სისქე

$H_0 = q/\gamma$ სადაც H_0 -ს ეწოდება გრუნტის ფენის დაყვანილი სიმაღლე. γ - კედლის უკან მდებარე გრუნტის კუთრი წონა (ნახ. 4.8)



ნახ. 4.8 წნევების განაწილება საყრდენ კედელზე თანაბრადგანაწილებული დატვირთვის მოქმედების შემთხვევაში

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ამ შემთხვევაში ეპიურა ტრაპეციას წარმოადგენს და

$$E_s = \frac{1}{2} H(\sigma_2 + \sigma_2') \quad (4.39)$$

$$\sigma_2' = \gamma H_0 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (4.40)$$

$$\sigma_2 = \gamma(H + H_0) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (4.41)$$

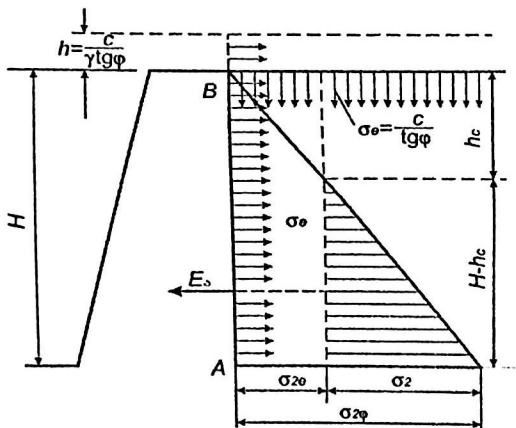
თუ შევიტანთ (4.39) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$E_s = \frac{1}{2} \gamma H(H + 2H_0) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (4.42)$$

ამ ძალის მოდების წერტილი წარმოადგენს ტრაპეციის სიმძიმის ცენტრს და მისი დაშორება კედლის ძირიდან:

$$S = \frac{H}{3} \cdot \frac{H+3H_0}{H+2H_0} \quad (4.43)$$

ჩვენ განვიხილეთ გვერდითი წნევა ბნევადი გრუნტებისათვის. ბმული გრუნტებისათვის კი ითვალისწინებენ ე. წ. ბმულობის წნევას, რომელიც ყველა მიმართულებით მოქმედებს $h = \frac{c}{\gamma \operatorname{tg} \varphi}$ და $\sigma_e = \frac{c}{\operatorname{tg} \varphi}$ სადაც c - ბმულობის ძალის კუთრი მნიშვნელობაა, φ - შიგა ხახუნის კუთხე. ბმული გრუნტებისათვის აქტიური წნევა კედლის სიმაღლეზე შემცირებულია $2c \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ - სიდიდით და ეპიურას აქვს სახე: (ნახ. 4.9)



ნახ. 4.9 საყრდენ კედელზე თიხოვანი გრუნტების წნევის განსაზღვრა

საყრდენი კედლის ზედა ნაწილში აქტიური წნევა უარ-

ყოფით (ქვიშებისათვის) მნიშვნელობას ღებულობს და ე. ი. კედლის ეს ნაწილი გრუნტის წნევას არ განიცდის. აქტიური წნევა კედლის ერთ გრძივ მეტრზე ტოლი იქნება:

$$E_s = \frac{\sigma_z(H-hc)}{2} \quad \text{ან} \quad E_s = \frac{1}{2} \gamma H^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - 2cH \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{2c^2}{\gamma} \quad (4.44)$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც კედლის გარკვეულ სიღრმეზე გრუნტი შეტბორილია წყლით, კედლის ამ ნაწილზე აქტიური წნევა აიღება, როგორც გრუნტის და წყლის წნევების ჯამი. ამასთან, გრუნტის აქტიური წნევის გაანგარიშებისას, მისი კუთრი წონა აიღება წყალში შეწონილი მნიშვნელობით.

§4.6 გრუნტის წნევა მიწისქვეშა მილსადენებზე

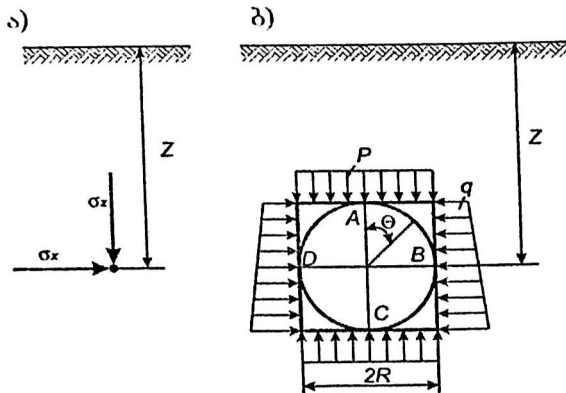
როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ გრუნტის მასივში ვერტიკალური წნევა, რაღაც სიღრმეზე (ნახ. 4.10ა) გრუნტის კუთრი წონით γ იანგარიშება ფორმულით:

$$\sigma_z = \gamma z \quad (4.46)$$

გრუნტის გვერდითი წნევა იმავე სიღრმეზე:

$$\sigma_x = \xi \gamma z \quad (4.47)$$

სადაც ξ — გრუნტის გვერდითი წნევის კოეფიციენტია ბუნებრივ მდგომარეობაში, რომელიც განისაზრვრება σ_x/σ_z -თან ფარდობით:



ნახ. 4.10 გრუნტის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური წნევა მასივში, რომელიც შემოფარგლულია ჰორიზონტალური ზედაპირით

ა) ცალკეულ წერტილში; ბ) მილსადენის მოწყობის შემთხვევაში.

მილსადენებზე გრუნტის წნევის ზუსტი განსაზღვრა მეტად რთულია, ვინაიდან წნევის სიდიდე მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია მილსადენების, გაყვანის ხერხებზე, მის სიხისტეზე და კონფიგურაციაზე.

ასე მაგალითად, თუ დავუშვებთ, რომ მილსადენების მოწყობას არ შეაქვს ცვლილებები გარემომცველი მასივის დაძაბულ მდგომარეობაში, მაშინ მილსადენი განიცდის წნევას, რომელიც განისაზღვრება (4.46) და (4.47) ფორმულებით, რომლებიც ემყარება ხაზონად-დეფორმირებად თეორიას.

ამ შემთხვევაში წნევა მილსადენებზე შეიძლება მიღებული იქნეს, როგორც საშუალოდ თანაბრად განაწილებული წნევა - ვერტიკალური ინტენსივობით p და ჰორიზონტალური ინტენსივობით q (ნახ. 10 ბ) ამასთან, ადგილი აქვს პირობას

$p \geq q$. წნევა მილსადენებზე იწვევს ფუძის რეაქციას.

მრგვალ მილსადენში რადიუსით R , რომელიც დატვირთულია p და q წნევებით, მღუნავი მომენტები M და ნორმალური ძალები N , სამშენებლო მექანიკის მონაცემებით, შესაბამისად, ტოლია:

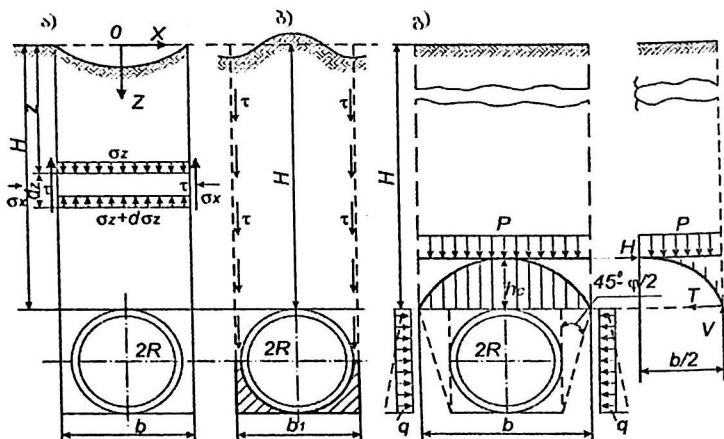
$$\left. \begin{aligned} M &= \left[\frac{p-q}{4} \right] R^2 \cos 2\theta \\ N &= \left(\frac{R}{2} \right) [p+q] - (p-q) \cos 2\theta \end{aligned} \right\} \quad (4.48)$$

სადაც θ - კუთხეა, რომელსაც ადგენს ვერტიკალთან რადიუსი გამავალი მილსადენის ცენტრიდან განსახილველ წერტილამდე.

(4.48) ფორმულებიდან ჩანს, რომ მილსადენებისათვის, რომელთა მასალა ერთნაირად მუშაობს, როგორც კუმშვაზე, ისე გაჭიმვაზე (მაგალითად, ლითონი), ყველაზე საშიში კვეთებია და B და D (ნახ. 4.10ბ), ვინაიდან მათში წარმოიშვება მაქსიმალური მკუმშავი ძაბვები. თუ მასალა, რომლისგანაც დამზადებულია მილსადენი, გაცილებით უარესად მუშაობს გაჭიმვაზე (მაგალითად, ბეტონი), ყველაზე საშიში კვეთად ითვლება A და C , ვინაიდან ამ კვეთებში გაჭიმვისაგან წარმოშობილი ძაბვები იქნება მაქსიმალური.

ყველაზე საშიში იქნება შემთხვევა, როდესაც წნევა მილსადენს გადაეცემა ერთ წერტილში. თუ წარმოვიდგენთ მილსადენს, რომელიც დატვირთულია ზემოდან დატვირთვით $P = 2pR$, ხოლო ქვემოდან მდებარეობს ხისტ ფუძეზე და დაყრდნობილია ერთ წერტილში, მაშინ ქვემოდან მომენტი იქნება 2,54-ჯერ უფრო მეტი, ვიდრე ზემოდან.

მაგრამ მილსადენის გაყვანა არღვევს გრუნტის ბუნებრივ დაძაბულ მდგომარეობას და ამიტომ გრუნტის დაწნევის სიდიდის შესახებ მილსადენებზე უნდა ვიმსჯელოთ ზღვრული დაძაბული მდგომარეობის საერთო თეორიის საფუძველზე.



ნახ. 4.11 მილსადენებზე გრუნტის წნეგების განსაზღვრის სქემები
 ა) მოწყობილი ღია ქვაბულში; ბ) ნაყარ გრუნტებზე; გ) გრუნტის ქვემოთ გავლით და მნიშვნელოვანი ჩაღრმავებით $H \geq h_c$.

უნდა განვასხვაოთ მილსადენების მოწყობის სამი პრინციპული შემთხვევა: ქვაბულებში (ნახ. 4.11ა), ყრილის ქვემოთ (ნახ. 4.11ბ) და გრუნტს ქვემოთ გავლით (ნახ. 4.11გ). გრუნტის წნევა იქნება სხვადასხვა მნიშვნელობის იმისდა მიხედვით, თუ რომელი ხერხითაა მოწყობილი მილსადენი.

მილსადენების ერთნაირი ჩაღრმავების დროს (H), დაწნევა p იქნება სხვადასხვა: ქვაბულებში მოწყობის დროს $p < \gamma H$, ნაყარ გრუნტებზე $p > \gamma H$, და გრუნტის ქვემოთ გავლის დროს თუ H შედარებით მცირეა $p = \gamma H$, როცა H დიდია $p < \gamma H$.

ეს გამოწვეულია შემდეგი მიზეზებით. თუ მილსადენი გაჭყავთ ქვაბულში, მაშინ გრუნტი, რომელიც მდებარეობს ქვაბულის გვერდით (ნახ. 4.11ა) უკვე შემკვრივებულია საკუთარი წონის გავლენით, ამასთან, გრუნტი, რომელსაც ჩაყ

რიან ქვაბულში მილსადენის გაყვანის შემდეგ იქნება ფხვიერ მდგომარეობაში. ამიტომ გრუნტის შემკვრივებისა და ჯდომის დროს მილსადენების გვერდით ზედაპირზე წარმოიშვება ხახუნის ძალები, რომლებიც ეწინააღმდეგებიან შემკვრივებას და ამიტომ უკუჩაყრილი გრუნტი თითქოს შეკიდულია ქვაბულის კედლებზე და მით უფრო, რაც მეტია ქვაბულის ჩაღრმავება.

განვსახლვროთ გრუნტის წნევა მილსადენებზე, რომლებსაც აწყობენ ქვაბულებში. ამასთან ვიგულისხმობთ, რომ ვერტიკალური წნევა უკუჩაყრილი გრუნტის ნებისმიერ სიღრმეზე ნაწილდება თანაბრად, ხოლო ქვაბულის გვერდით ზედაპირზე წარმოიშვება ხახუნის ძალები.

შევადგინოთ წონასწორობის პირობა ელემენტარული ფენისათვის d_z , რომელიც გამოყოფილია z სიღრმეზე (ნახ. 4.11ა) ამ ელემენტზე იმოქმედებენ: გრუნტის ფენის საკუთარი წონა $\gamma b d_z$, უკუჩაყრილი გრუნტის ვერტიკალური წნევა ზემოდან σ_z და ქვემოდან $\sigma_z + d\sigma_z$, ხოლო ქვაბულის კედლებთან გრუნტის წინააღობა ძვრაზე ერთეულ ფართზე: $\tau = c + \sigma_x \tan \varphi_0$ (სადაც c - გრუნტის შეჭიდულობაა, φ_0 - ხახუნის კუთხეა ქვაბულის კედელთან), მივიღოთ გრუნტის გვერდითი წნევის კოეფიციენტი მუდმივად, ე. ი.

$$\xi = \frac{\sigma_x}{\sigma_z} = \text{const} \quad (4.49)$$

თუ დავაგეგმილებთ ძალებს ვერტიკალურ z ღერძზე, მივიღებთ:

$$\gamma b d_z + \sigma_z b - (\sigma_z + d\sigma_z) b - 2cd_z - 2\xi\sigma_z \tan \varphi_0 d_z = 0 \quad (4.50)$$

თუ მოვახდენთ ინტეგრირებას სასახლვრო პირობების დროს ($z = 0, \sigma_z = 0$) მივიღებთ გრუნტის სრულ წნევას z სიღრმეზე, რომლის მაქსიმალური მნიშვნელობა (თუ შევიყვანთ გადატვირთვის კოეფიციენტს $n = 1, 2$) შეიძლება წარ-

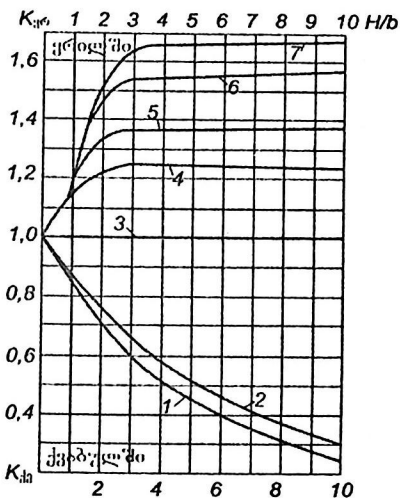
მოდგენილი იქნეს შემდეგნაირად:

$$P_1 = n \cdot K_{\text{კ}} \cdot \gamma \cdot H \quad (4.51)$$

სადაც $K_{\text{კ}}$ - გრუნტის მილსადენზე დაწნევის კოეფიციენტია ქვაბულში, რომელიც ტოლია:

$$K_{\text{კ}} = \frac{b}{H} \cdot \frac{1 - \left(\frac{2c}{\gamma b}\right)}{2 \xi \text{tg}\varphi_0} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2H}{b} \xi \text{tg}\varphi_0}\right) \quad (4.52)$$

კოეფიციენტი $K_{\text{კ}}$ მიღებისათვის, რომლებსაც აწყოვენ ქვაბულებში არ უნდა აღემატებოდეს ერთს $K_{\text{კ}} \leq 1$, რაც არის (4.52) ფორმულის გამოყენების პირობა. $K_{\text{კ}}$ მიახლოებითი მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ პროფ. გ. კლეინის მრუდეები (ნახ. 4.12 1 და 2 მრუდეები), რომლებიც იძლევიან $K_{\text{კ}}$ რაღაც მარაგით (თუ დაეუშვებთ, რომ შეჭიდულობა $C = 0$). ამასთან, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ გარკვეული გრუნტებისათვის $\xi \text{tg}\varphi_0$ აქვს დაახლოებით ერთი და იგივე მნიშვნელობა ჩვეულებრივი ფარდობისათვის H/b , შეიძლება შემოვიფარგლოთ $K_{\text{კ}}$ ორი საშუალო მნიშვნელობით, ქვიშებისა და ქვიშნარებისათვის (ნახ. 4.12 1 მრუდი) როცა $\xi \text{tg}\varphi_0 = 0,43$, $\text{tg}25^\circ \approx 0,20$, ხოლო თიხოვანისათვის (ნახ. 4.12 2 მრუდი) როცა $\xi \text{tg}\varphi_0 = 0,54$, $\text{tg}15^\circ \approx 0,145$ განსაზღვრავენ რა $K_{\text{კ}}$ (4.52) ფორმულით ან მრუდეებით (ნახ. 4.12) პოულობენ გრუნტის ვერტიკალურ წნევას მილსადენებზე, რომლებიც ჩალაგებულია ქვაბულში.



ნახ. 4.12 კ. კლვინის მრუდები მილსადენებზე გრუნტის წნევის კოეფიციენტების განსაზღვრისათვის

ჰორიზონტალურ წნევებს ხისტ მილსადენებზე, რომლებიც მოთავსებულია ქვაბულებში, როგორც ცდებმა გეიჩვენა, აქვთ უმნიშვნელო სიდიდე. ამიტომ გრუნტის ჰორიზონტალურ წნევას ხისტ მილსადენებზე ან უგულებელყოფენ ან იღებენ ვერტიკალური წნევის 1/6-ს.

იმ მილსადენებისათვის, რომლებსაც ათავსებენ ნაყარ გრუნტებზე გრუნტის ხახუნის ძალებს ექნებათ საწინააღმდეგო მიმართულება (ნახ. 4.11ბ) ვინაიდან მიღები უფრო ხისტი არიან, ვიდრე მათ გვერდით განლაგებული გრუნტი.

გრუნტის ვერტიკალური წნევა ამ შემთხვევაში იქნება უფრო მეტი ვიდრე γH და ტოლი იქნება:

$$P_2 = K_H \gamma H \quad (4.53)$$

სადაც K_H გრუნტის მილსადენებზე წნევის კოეფიციენტია ყრილზე, ამასთან კოეფიციენტი K_H განისაზღვრება გ. კლეინის მრუდეებით (ნახ. 4.11 მრუდეები 3-7).

მილსადენებისათვის დახურული გავლით მათი მცირე ნაღრმავების დროს წნევას ღებულობენ ტოლს γH .

შევადგინოთ წონასწორობის განტოლება იმ ძალებისათვის, რომლებიც მოქმედებს ჩამონგრევის თაღის ნახევარზე (ნახ. 4.11გ მარჯვენა ნაწილი): დატვირთვა p (ვღებულობთ თანაბრად განაწილებულს), უკუგდებული თაღის ნაწილის ნახევრისაგან გამოწვეული ძალა H . და საყრდენი რეაქციის მდგენელები – ვერტიკალური V და ჰორიზონტალური T ($T = fV$ ხახუნის ძალაა, სადაც f – ხახუნის კოეფიციენტი).

ხახუნის კოეფიციენტს ბმული გრუნტებისათვის ღებულობენ ტოლს:

$$f' = \frac{\tau}{\sigma} = \left(\frac{c}{\sigma} + tg\varphi \right) \quad (4.54)$$

თუ ჩავთვლით თაღის მოხაზულობას პარაბოლურს, წონასწორობის პირობებიდან მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} H &= T = f \cdot V \\ V &= P \cdot \frac{b}{2} \\ h_c &= p \cdot \frac{b^2}{8 \cdot H} = b / (4f') \end{aligned} \right\} \quad (4.55)$$

სადაც b – ჩამონგრევის თაღის სიგანეა; h_c – ჩამონგრევის თაღის მაქსიმალური ორდინატაა.

თუ მივიღებთ, რომ ვერტიკალური წნევა განაწილებულია თანაბრად და გაანგარიშებაში გავითვალისწინებთ ხახუნის ძალის მხოლოდ ნახევარს, დატვირთული თაღის საანგარიშო სიმაღლე შეიძლება ვიანგარიშოთ:

$$h_c = \frac{b}{2f} \quad (4.56)$$

სილო მილსადენზე ვერტიკალური წნევა

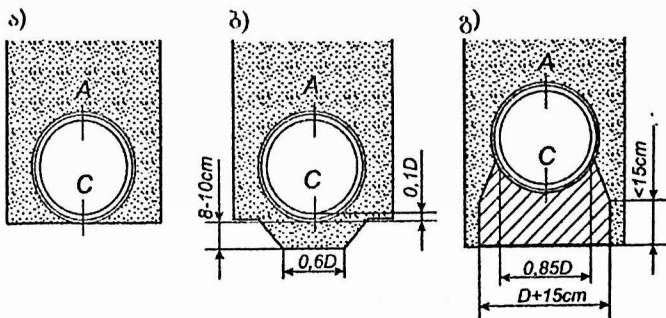
$$\text{Max}P = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \frac{b}{2f'} \quad (4.57)$$

როცა მილსადენის სიღრმეზე $H \leq h$ სიდიდე p -ს ღებულობენ γH -ის ტოლს.

ჰორიზონტალური წნევა მილსადენზე, თუ მივიღებთ მას თანაბრადგანაწილებულად იანგარიშება ფორმულით:

$$q = \gamma(h_c + R) \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (4.58)$$

მილსადენების გაყვანის კონსტრუქციული თავისებურებები. არსებობს მილსადენების ფუძეზე დაყრდნობის სამი სახე:



ნახ. 4.13 მილსადენების ფუძის კონსტრუქციები:

- ა) სპეციალური მომზადების გარეშე; ბ) – სპეციალური;
 გ) – ბეტონის საპირკველით.

ჩვეულებრივი (ნახ. 4.13ა) – მილსადენს ათავსებენ ქვაბულში სპეციალური პროფილირების გარეშე (ამასთან ყურადღება უნდა მიექცეს, რომ მილსადენი თანაბრად ეყრდნობოდეს გრუნტს მთელ სიგრძეზე და არა ცალკეულ წერტილებში); გაუმჯობესებული (ნახ. 4.13ბ) – ფუძე სპეციალურად პროფილირდება მილს ქვემოთ და ბოლოს მილის დამონტაჟება ბეტონის საძირკველზე (ნახ. 4.13გ). ბოლო შემთხვევაში მილის ცემენტის ხსნარზე მოთავსებისას მისი ქვემო ნაწილი მუშაობს საძირკველთან ერთად და ამიტომ ც კვეთი არ წარმოადგენს საშიშს (ნახ. 4.13გ).

აღვნიშნოთ, რომ გარე დატვირთვებს მიწისქვეშა მილსადენებზე ღებულობენ ისეთსავეს, როგორც საგზაო მშენებლობაში, ამასთან დინამიური დატვირთვების გავლენას მხედველობაში იღებენ მხოლოდ მილსადენების ჩადგმისას 0,7 მ-ზე ნაკლებ სიღრმეზე.

§4.7 ნაგებობათა ჯდომა და მათი გამომწვევი მიზეზები

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გარე დატვირთვები, რომლებიც ნაგებობიდან გადაეცემა ფუძეს, იწვევენ მასში გარკვეულ დაძაბულობას, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს თავის მხრივ ფუძის ჩაწევა, რასაც ჯდომა ეწოდება.

ჯდომის გამომწვევ მრავალ მიზეზთაგან შეიძლება გამოვყოთ სამი: 1) საძირკვლის კონსტრუქციის დარღვევა; 2) ფუძის მდგრადობის დარღვევა; 3) გრუნტში კუმშვადი და ძვრის დეფორმაციები. ამათგან: 1) გამორიცხული უნდა იყოს საძირკვლის კონსტრუქციული გაანგარიშებით; 2) გრუნტის საანგარიშო წნევის მნიშვნელობის მართებული დადგენით; 3) ძვრის დეფორმაციებით გამოწვეული ჯდომები მცირეა და მოკლე დროში მთავრდება.

განსაკუთრებით საყურადღებო და მნიშვნელოვანია გრუნტების კუმშვადი დეფორმაციების კომპრესიის ანუ კონსოლიდაციის შედეგად მიღებული ჯდომები, რომლებიც გამოწვეულია გრუნტებში ფორების მოცულობის შემცირებით და რადგან ფორები შეესებულება წყლითა და აირებით, ასეთი სახის დეფორმაციები ზოგიერთი გრუნტებისათვის ძლიერ ხანგრძლივად მიმდინარეობს.

ნაგებობათა ფუძეების ჯდომის გაანგარიშების მიზანია მიაქციოს ჯდომა და ჯდომათა სხვაობა ისეთ ფარგლებში, რომლებიც არ გამოიწვევენ მასში და მის ცალკეულ კონსტრუქციულ ნაწილებში ისეთი ბზარების წარმოშობას, რომლებიც საშიში იქნება მათი ნორმალური ექსპლუატაციისათვის. ე. ი. ნებისმიერი ნაგებობებისათვის დაცული უნდა იყოს პირობები:

$$S = S_{\text{ზღვ}} \quad \Delta S \leq \Delta S_{\text{ზღვ}} \quad (4.59)$$

სადაც S და $S_{\text{ზღვ}}$ ფუძის საშუალო საანგარიშო და ზღვრული (დასაშვები) ჯდომებია. ΔS და $\Delta S_{\text{ზღვ}}$ – ჯდომათა სხვაობის საანგარიშო და ზღვრული მნიშვნელობაა.

ჯდომის ზღვრული მნიშვნელობები ნაგებობათა დანიშნულებისა და კონსტრუქციული თავისებურებების მიხედვით მოცემულია ნორმებში. არსებობს გრუნტების დეფორმაციების განსაზღვრის რამოდენიმე მეთოდი:

- I – საერთო დრეკადი დეფორმაციების მეთოდი;
- II – ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების მეთოდი (ფუს-ვინკლერის ჰიპოთეზა);
- III – შრეობრივი შეჯამების მეთოდი;
- IV – ფუძის ჯდომის გაანგარიშების ექვივალენტური ფენის მეთოდი (ციტოვიჩის მეთოდი);
- V – შეზღუდული სისქის დრეკადი ფუძის მეთოდი.

ეს რაც შეეხებოდა ჯდომების განსაზღვრის მეთოდებს. ხოლო ფუძის ჯდომების განსაზღვრისათვის გამოყენებული

ფუძის საანგარიშო სქემა (დრეკადი ხაზოვნად და არა-ხაზოვნად დეფორმირებადი ნახევარსივრცე, ფუძე – როგორც შეზღუდული სისქის ფენა, ფუძე – რომელიც ხასიათდება საგების კოეფიციენტით, (მუდმივი და ცვლადი) უნდა იქნეს არჩეული გრუნტის მექანიკური მახასიათებლების მიხედვით, ფუძეში გრუნტების შრეობრივი განლაგების და შენობის თავისებურებების მიხედვით.

ფუძის დეფორმაციებზე ანგარიშისას, როგორც წესი გამოიყენება შემდეგი სახის საანგარიშო სქემა:

1) ხაზოვნად-დეფორმირებადი ნახევარსივრცე, ფუძის კუმშვადი ფენის სიღრმის ხელოვნური შეზღუდვით, გამომდინარე დამატებითი წნევის სიდიდისა σ'_{zp} და ბუნებრივი წნევის სიდიდის σ'_{zg} იმავე სიღრმეზე თანაფარდობით:

$$\sigma'_{zp} = 0,2\sigma'_{zg} \quad (4.60)$$

2) ხაზოვნად-დეფორმირებადი შეზღუდული სისქის ფენა, თუ ა) კუმშვადი ფენის საზღვრებში, რომელიც განისაზღვრება, როგორც ხაზოვნად-დეფორმირებადი ნახევარსივრცე, მოქცეულია გრუნტი დეფორმაციის მოდულით $E_0 > 50$ მპა;

ბ) საძირკველს აქვს დიდი ზომები (სიგანე ან დიამეტრი > 10 მ) და დეფორმაციის მოდული გრუნტებისათვის $E_0 > 10$ მპა, მცირედაკუმშვადი ფენის სიღრმის მიუხედავად (ამ შემთხვევაში ჩაჯდომა იანგარიშება საძირკველის ძირზე მოსული საშუალო წნევის მიხედვით – $\sigma_{\text{სა}}$ ფორმულა 4.63)

§4.8 ნაგებობობათა ფუძეების ჯდომების განსაზღვრა

ა) საძირკველის ჯდომის განსაზღვრა შრეობრივი შეჯამების მეთოდით.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, საძირკველის ჯდომების

განგარიშება (განსახდვრა) შეიძლება შესრულდეს სხვადასხვა მეთოდით, მაგრამ ძირითადია მათ შორის შრეობრივი შეჯამების მეთოდი. ფუძის დეფორმაციებზე განგარიშება ხდება მხოლოდ იმის შემდეგ, როცა დავრწმუნდებით, რომ საძირკვლის ძირზე მოსული საშუალო წნევა არ აღემატება გრუნტის საანგარიშო წნევას: $\sigma_{\Sigma} \leq R$ და ანგარიში შეიძლება ვაწარმოოთ დრეკადობის თეორიის ფორმულების გამოყენებით.

ფუძის აქტიურ (კუმშვად) ზონაში შემავალი ერთგვაროვანი გრუნტები დაიყოფა ელემენტარულ შრეებად (სისქით $h_i = 0,2b$). იანგარიშება ელემენტარული შრეების დეფორმაციები მკუმშავი წნევის საშუალო მნიშვნელობებზე და მთლიან ჯდომას ღებულობენ მათი აჯამებით.

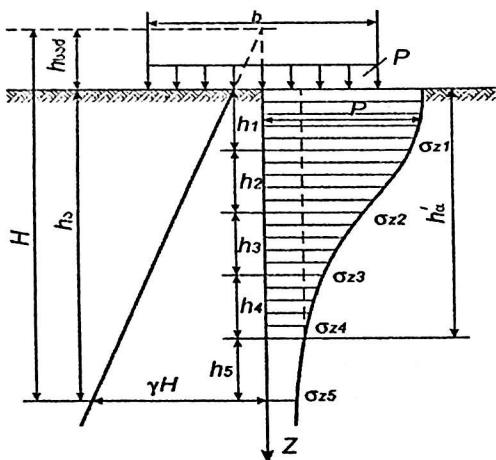
განგარიშება იწყება ფუძის აქტიური (კუმშვადი) ზონის სისქის განსახდვრით, რომელიც სრულდება გრაფიკულ-ანალიზური ხერხით. ამისათვის აიგება ფუძეში წარმოშობილი ძაბვების: გრუნტის საკუთარი წონითა და გარე დატვირთვებით გამოწვეული ძაბვების ეპიურები.

1) ბუნებრივი წნევები i -ურ შრისათვის: $\sigma_{zgi} = \gamma_i d_i$ ნ/მ² (4.61) გადაიზომება საძირკვლის ძირის სიმძიმის ცენტრზე გამავალ ვერტიკალიდან მარცხნივ.

γ_i - გრუნტის კუთრი წონაა i -ურ შრეში; d_i - i -ური შრის სისქე $d_i = 0,2b$. ბუნებრივი წნევების აგება იწყება მოშანდაკების ზედაპირიდან. დამატებითი წნევების - საძირკვლის ძირიდან.

2) გამოითვლება დამატებითი, ანუ შემამკვრივებელი წნევა საძირკვლის ძირზე $\sigma_{zp} = \sigma_{\Sigma} - \sigma_{zg}$ (4.62).

$$\text{სადაც } \sigma_{\Sigma} = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}, \quad \sigma_{\min}^{\max} = \frac{\sum N}{A} \pm \frac{\sum M + Qd}{W} \quad (4.63)$$



ნახ. 4.14 ფუძის ჯდომების განსაზღვრის საანგარიშო სქემა

$\sigma_{\text{საშ}}$ – საშუალო წნევაა საძირკვლის ძირის დონეზე. $\sigma_{\text{ზგ}}$ – ბუნებრივი წნევაა საძირკვლის ძირის დონეზე. რადგან გრუნტის ჯდომა მისი საკუთარი წონით დამთავრებულად ჩაითვლება (იგი ზრდის გრუნტის სიმტკიცეს), მკუმშავი წნევა წარმოადგენს გარე დატვირთვებისა და გრუნტის საკუთარი წონისაგან გამოწვეულ წნევათა სხვაობას.

3) წნევები (ძაბვები) ფუძის სიღრმის ისეთ წერტილებში, რომლებიც განლაგებული არიან საძირკვლის ძირის სიმძიმის ცენტრზე გამავალ ვერტიკალზე იანგარიშება ფორმულით: $\sigma'_{\text{zp}} = \alpha \sigma_{\text{zp}}$ (ეს ფორმულა ადრე უკვე გვქონდა მიღებული) სადაც, α წნევების შემამცირებელი (გაბნევის) კოეფიციენტია სიღრმეში, რომელიც დამოკიდებულია $\eta = a/b$ და $\rho = 2z/b$, სადაც a და b საძირკვლის ძირის უდიდესი და უმცირესი გვერდებია.

Z – განსახილველი წერტილის ჩაღრმავებებია, სადაც

ველები დაბვას.

4) აქტიური ზონის სისქე განისაზღვრება პირობიდან:

$$\sigma'_{zp} = 0,2\sigma'_{zg} \quad (4.64)$$

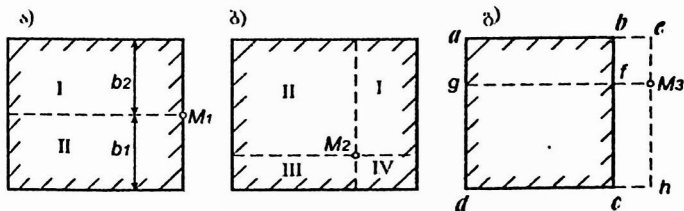
5) ფუძის მთლიანი ჯდომა განისაზღვრება ფორმულით:

$$S_i = 0,8 \frac{\sum_{i=1}^n \sigma'_{zp_i} d_i}{E_i} \quad (4.65)$$

სადაც σ'_{zp} - ელემენტალური შრის საშუალო მკუმშავი დაბვა; d_i - i -ური შრის სისქე;

E_i - i -ური შრის დეფორმაციის მოდული. ამის შემდეგ შემოწმდება პირობა: $\sum S \leq S_{\text{ზღვ}}$.

სწორკუთხა ძირის მქონე საძირკვლების ჯდომების განსაზღვრისათვის იყენებენ საკუთხო წერტილების მეთოდს, რომლის მიხედვით განსახილველ წერტილს განალაგებენ ისე, რომ ის იყოს საკუთხო, მაშინ გრუნტის ზედაპირის ნებისმიერი წერტილისათვის, რომელიც დატვირთულია თანაბრადგანაწილებული დატვირთვით ჯდომა იანგარიშება, როგორც ალგებრული ჯამი იმ სწორკუთხა ფართების ჯდომებისა, რომლებისთვისაც ეს წერტილი წარმოადგენს საკუთხო წერტილს. აქ უნდა იქნეს განხილული სამი ძირითადი შემთხვევა:



ნახ. 4.15 სწორკუთხედების აგების სქემა ჯდომების განსაზღვრისას საკუთხო წერტილების მეთოდით

1) M_1 წერტილი მდებარეობს დატვირთული სწორკუთხედის კონტურზე (ნახ. 4.15ა);

2) M_2 წერტილი მდებარეობს დატვირთული სწორკუთხედის შიგნით (ნახ. 4.15ბ);

3) M_3 წერტილი მდებარეობს დატვირთული სწორკუთხედის გარეთ (ნახ. 4.15გ).

პირველ შემთხვევაში M_1 წერტილის ჯდომა განისაზღვრება, როგორც I და II სწორკუთხედების საკუთხო წერტილების ჯამი. ე. ი.

$$S_1 = (h_{\text{I}} + h_{\text{II}}) \cdot m_v \cdot \sigma \quad (4.66)$$

$$\text{სადაც } h_{\text{I}} = (A \cdot \omega_c)_I \cdot b_2 \quad h_{\text{II}} = (A \cdot \omega_c)_{II} \cdot b_1 \quad (4.67)$$

კოეფიციენტი $A \cdot \omega_c$ აიღება ცხრილიდან:

მეკვივალენტური ფენის $A \cdot a_c$ კოეფიციენტის
მნიშვნელობების ცხრილი

ფარ- დაბა $\alpha = \frac{e}{b}$	ხრეში			ქვიშები						პლასტიკური თიხნარები						რბილპლასტიკური თიხები და თიხნარები		
	მყარი და ნახევარმყარი თიხები და თიხნარები						მყარი და პლასტიკური ქვიშნარები						პლასტიკური თიხები					
	$\mu_0 = 0,1$			$\mu_0 = 0,2$			$\mu_0 = 0,25$			$\mu_0 = 0,3$			$\mu_0 = 0,35$			$\mu_0 = 0,4$		
1	1,13	0,96	0,89	1,2	1,01	0,94	1,26	1,07	0,99	1,37	1,17	1,08	1,58	1,34	1,24	2,02	1,71	1,58
1,5	1,37	1,16	1,09	1,45	1,23	1,15	1,53	1,3	1,21	1,66	1,4	1,32	1,91	1,62	1,52	2,44	2,07	1,94
2,0	1,55	1,31	1,23	1,63	1,39	1,30	1,72	1,47	1,37	1,88	1,6	1,49	2,16	1,83	1,72	2,76	2,34	2,2
3,0	1,81	1,55	1,46	1,90	1,63	1,54	2,01	1,73	1,62	2,18	1,89	1,76	2,51	2,15	2,01	3,21	2,75	2,59
4,0	1,99	1,72	1,63	2,09	1,81	1,72	2,21	1,92	1,81	2,41	2,09	1,97	2,77	2,39	2,26	3,53	3,06	2,9
5,0	2,13	1,85	1,74	2,24	1,95	1,84	2,37	2,07	1,94	2,58	2,25	2,11	2,96	2,57	2,42	3,79	3,29	3,10
6,0	2,25	1,98	-	2,37	2,09	-	2,50	2,21	-	2,72	2,41	-	3,14	2,76	-	4	3,53	-
7,0	2,35	2,06	-	2,47	2,18	-	2,61	2,31	-	2,84	2,51	-	3,26	2,87	-	4,18	2,67	-
8,0	2,43	2,14	-	2,56	2,26	-	2,70	2,4	-	2,94	2,61	-	3,38	2,98	-	4,32	3,82	-
9,0	2,51	2,21	-	2,64	2,34	-	2,79	2,47	-	3,03	2,69	-	3,49	3,08	-	4,46	3,92	-
10 და მეტი	2,58	2,27	2,15	2,71	2,40	2,26	2,81	2,54	2,38	3,12	2,77	2,60	3,58	3,17	2,9	4,58	4,05	3,82
კოეფიციენტი	$A_{ხო}$	$A_{ჰმ}$	$A_{ხოconst}$	$A_{ხო}$	$A_{ჰმ}$	$A_{ხოconst}$	$A_{ხო}$	$A_{ჰმ}$	$A_{ხოconst}$	$A_{ხო}$	$A_{ჰმ}$	$A_{ხოconst}$	$A_{ხო}$	$A_{ჰმ}$	$A_{ხოconst}$	$A_{ხო}$	$A_{ჰმ}$	$A_{ხოconst}$

$$m_v = \frac{S_1}{h_1 \sigma_1} \quad (4,68)$$

მეორე შემთხვევაში დატვირთულ ფართობს ეყოფთ ოთხ სწორკუთხედად ისე, რომ M_2 წერტილი იყოს საკუთხო (ნახ 4.15ბ) მაშინ:

$$S_2 = (h_{\exists I} + h_{\exists II} + h_{\exists III} + h_{\exists IV}) \cdot m_v \cdot \sigma \quad (4,70)$$

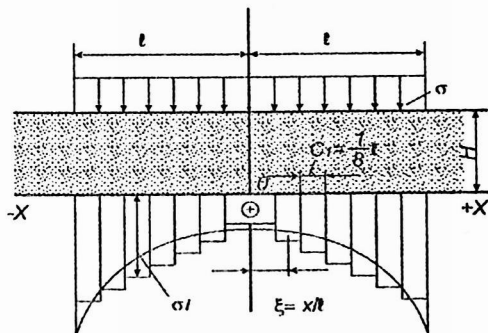
ბ) შეზღუდული ფუძის დრეკადი ფუძის მეთოდი.

ფუძე ამ შემთხვევაში განიხილება როგორც ერთგვაროვანი დრეკადი ფენა, რომელიც სიღრმეში შეზღუდულია კლდოვანი ქანებით ან ისეთი გრუნტებით, რომლებსთვისაც $E_0 > 50$. ამ მეთოდს იყენებენ მაშინაც, როცა საძირკვლის ძირის ზომები დიდია (დიამეტრი ან უმცირესი გვერდის ზომა 10 მ-ს აღემატება), ხოლო ფუძე-გრუნტის საერთო დეფორმაციის მოდული $E_0 > 10$ მპა საძირკვლის ჯდომა იანგარიშება ფორმულით: (პროფ. კ. ეგოროვის მეთოდი)

$$S = M\sigma \cdot b \sum_{i=1}^n \frac{k_i - k_{i-1}}{E_i} \quad (4,71)$$

სადაც b მართკუთხა საძირკვლის სიგანეა, ხოლო წრიულის – დიამეტრი. σ – ფუძეზე გადაცემული საშუალო წნევა – მპა. E_i – i -ური ფენის გრუნტის საერთო დეფორმაციის მოდული. k_i – კოეფიციენტი (i -ური ფენისათვის) აიღება ცხრილიდან, იმის მიხედვით, თუ როგორია საძირკვლის ძირის ზომების ფარდობა $n = \frac{a}{b}$ და განსახილველი ფენის ფარდობითი ჩაღრმავება, $m = \frac{z}{b}$.

M – შემასწორებელი კოეფიციენტი, რომელიც აიღება ცხრილიდან იმის მიხედვით, თუ როგორია კუმშვადი ფენის ფარდობითი ჩაღრმავება $\eta = 2H/b$, სადაც H – დრეკადი ფენის სისქეა. მოქნილი საძირკვლებისათვის ცხრ. 4.5 მოცემულია მნიშვნელობები კონტაქტური წნევების განსაზღვრისათვის შეზღუდული სისქის დრეკადი ფუძის შემთხვევაში, როცა ფუძის ზედაპირზე მოქმედებს განაწილებული დატვირთვა ინტენსივობით σ . ამ შემთხვევაში უგულებელყოფილია ხახუნის ძალა საძირკველსა და ფუძეს შორის და გამოყენებულია ბ. ნ. ჟემოჩინის საფეხუროვანი შეჯამების მეთოდი. (ნახ. 4.16).



ნახ. 4.16. ეპიურა მოქნილი საძირკვლის ძირზე შეზღუდული სისქის დრეკადი ფუძის შემთხვევაში

ამ ცხრილში რეაქტიული წნევები მოცემულია შეზღუდული სისქის ფუძის ხუთი სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის კოჭის მოქნილობისაგან გამომდინარე, რომელიც იანგარიშება ფორმულით:

$$\Gamma = \frac{10 \cdot E_0 \cdot l}{(E_1 \cdot h_1)^3} \quad (4.72)$$

აქ l - კოჭის ნახევარსიგრძეა, E_0 - გრუნტის საერთო დეფორმაციის მოდული;

E_1 - საძირკვლის კოჭის მასალის დრეკადობის მოდულია,

h_1 - სწორკუთხა კვეთის კოჭის სიმაღლეა.

გ) ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების მეთოდი (ფუს-ვინკლერის ჰოპოტეზა) (იხ. § 6.1)

დ) ეკვივალენტური ფენის (ციტოვიჩის) მეთოდი: ფუძის ჯღომები იანგარიშება ფორმულით:

$$S = h_3 \cdot a_{0m} \cdot \sigma \quad (4.75)$$

a_{0m} - ფარდობითი კუმშვადობის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობაა.

$$a_{0m} = \frac{1}{2n_3} \sum_{i=1}^n h_i a_{0i} Z_i \quad (4.76)$$

a_{0i} - i -ური შრის კუმშვადობის კოეფიციენტი;

h_i - i -ური შრის სისქე;

Z_i - მანძილია კუმშვადი შრის ქვედა ზღვრიდან i -ური შრის შუა წერტილამდე;

σ - შემამკვრივებელი წნევაა, რომელიც იწვევს ჯდომას გრუნტის ისეთ ფენას, რომლის ჯდომა მიღებულია მისი მთლიანი დატვირთვის ზეგავლენით, ტოლია დრეკად ნახევარსივრცეზე მდებარე საძირკვლის ჯდომისა, ეწოდება გრუნტის ეკვივალენტური ფენა.

$h_3 = A \cdot ab$ - გრუნტის ეკვივალენტური ფენის სიმაღლე;

$A = \frac{(1-\mu_0)^2}{1-2\mu_0}$ - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია გრუნტის სახეობაზე;

$\omega = \alpha \cdot \sqrt{\eta}$, α - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია საძირკვლის სიხისტეზე, ფორმაზე და ზომებზე;

$\eta = \frac{f}{b}$ - განისაზღვრება ცხრილით.

კოეფიციენტ $A\omega$ -ს მნიშვნელობა მოცემულია ცხრილებში η -ს და μ_0 -ს მიხედვით. b - საძირკვლის სიგანეა (ცხრილი 4.4).

როდესაც ფუძე არაერთგვაროვანია, ციტოვიჩის მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იქნეს, როგორც მიახლოებითი. ამ მეთოდით გაანგარიშებული ჯდომა მნიშვნელოვნად აღემატება შრეობრივი შეჯამების მეთოდით გაანგარიშებულ ჯდომას.

დ) საერთო დრეკადი დეფორმაციების მეთოდი.

ეს მეთოდი გულისხმობს, რომ ნაგებობის ფუძე წარ-

მოადგენს ერთგვაროვან ხაზოვნად-დეფორმირებად ნახევარ-სივრცეს, რომლის ნებისმიერ წერტილში გრუნტის დეფორმაციის მახასიათებლები E და μ მუდმივ სიდიდეებს წარმოადგენენ. ფუძის ჯდომა იანგარიშება შლეიხერის ფორმულით:

$$S = \frac{\omega \cdot \sigma \cdot b}{E_0} (1 - \mu_0^2) \quad (4.77)$$

b - სწორკუთხა საძირკვლის ძირის სიგანეა ან მრგვალის დიამეტრი;

σ - წნევა საძირკვლის ძირზე;

ω - საძირკვლის ძირის ფორმისა და სიხისტის გავლენის კოეფიციენტი;

E_0 - გრუნტის დეფორმაციის მოდულია;

μ_0 - პუასონის კოეფიციენტი.

აღენიშნოთ, რომ (4.77) ჰიპოთეზა ემყარება გაღუნული კოჭებისა და ფილების ძირითად დიფერენციალურ განტოლებას, რომლებიც მდებარეობენ დრეკად (ვინკლერის) ფუძეზე (ფორმ. 6.9)

მუდმივი საძირკვლის ძირის მქონე კონსტრუქციებისათვის, რომლებიც განიცდიან გარე წნევების ცვლილებების ერთნაირ დიაპაზონს, ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების მეთოდი საეხებით მისაღებია.

რაც შეეხება ნაგებობების ისეთ საძირკვლებს, რომლებსაც გეგმაში უკავიათ დიდი ფართობი, აუცილებელია აღინიშნოს შემდეგი: როგორც თეორიულმა, ასევე ექსპერიმენტალურმა გამოკვლევებმა ცხადყვეს, რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც კუმშვადი ფენის სისქე ნაკლებია საძირკვლის სიგანეზე, ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იქნეს გარკვეული მიხლოებით, ხოლო როდესაც კუმშვადი ფენის სისქე არ აღემატება საძირკვლის სიგანის ერთ მეოთხედს საკმაო სიზუსტით.

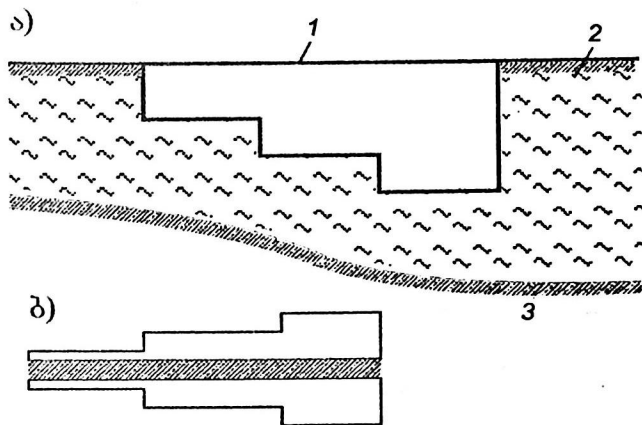
რეაქტიული წნევების მნიშვნელობა შეზღუდული H სისქის ფუძეზე მდებარე მოქნილი საძირკველისათვის

±ξ	Γ=∞	Γ=0						Γ=∞	Γ=3					
	როცა H ტოლია													
	0	1/16	1/4	1/2	1	21	∞	0	1/16	1/4	1/2	1	21	∞
1/16	1	1	0,970	0,924	0,828	0,718	0,639	1	0,996	0,99	0,958	0,876	0,786	0,733
3/16	1	1	0,972	0,925	0,829	0,725	0,640	1	1,002	0,985	0,956	0,874	0,789	0,738
5/16	1	1	0,976	0,929	0,836	0,741	0,668	1	1,002	0,980	0,954	0,874	0,796	0,751
7/16	1	1	0,966	0,918	0,837	0,769	0,710	1	0,998	0,975	0,934	0,866	0,808	0,772
9/16	1	1	0,956	0,910	0,857	0,816	0,770	1	1,001	0,960	0,916	0,87	0,836	0,814
11/16	1	1	0,946	0,911	0,899	0,909	0,874	1	1,001	0,960	0,904	0,893	0,899	0,898
15/16	1	1	1,254	1,556	1,927	2,263	2,269	1	1,000	1,19	1,474	1,791	1,073	2,251
±ξ	Γ=∞	Γ=5						Γ=∞	Γ=10					
	როცა H ტოლია													
	0	1/16	1/4	1/2	1	21	∞	0	1/16	1/4	1/2	1	21	∞
1/16	1	1,004	0,99	0,972	0,900	0,82	0,773	1	1,030	1,018	0,994	0,938	0,875	0,889
3/16	1	1,006	0,988	0,969	0,895	0,819	0,775	1	1,032	1,01	0,989	0,931	0,871	0,858
5/16	1	1,008	0,988	0,964	0,892	0,821	0,781	1	1,036	1,008	0,981	0,923	0,866	0,821
7/16	1	0,962	0,965	0,942	0,879	0,826	0,794	1	1,027	0,92	0,953	0,902	0,859	0,742
9/16	1	1,008	0,96	0,919	0,877	0,845	0,824	1	1,037	0,98	0,925	0,889	0,862	0,842
11/16	1	1,006	0,96	0,901	0,890	0,895	0,893	1	1,023	0,98	0,898	0,997	0,889	0,870
13/16	1	1,004	0,97	0,895	0,946	0,992	1,018	1	1,016	0,97	0,881	0,915	0,955	0,98
15/16	1	1,002	1,002	1,438	1,72	1,989	2,142	1	1,004	1,114	1,38	1,615	1,822	1,988

§4.9. ნაგებობათა არათანაბარი ჯდომების შემამცირებელი კონსტრუქციული ღონისძიებები

ხშირ შემთხვევაში ჯდომების არათანაბრობას აწონასწორებენ დასაშვებ მნიშვნელობამდე საძირკველის ჩაღრმავების ცვალებადობით (ნახ. 4.17ა), ან მუდმივი ჩაღრმავების

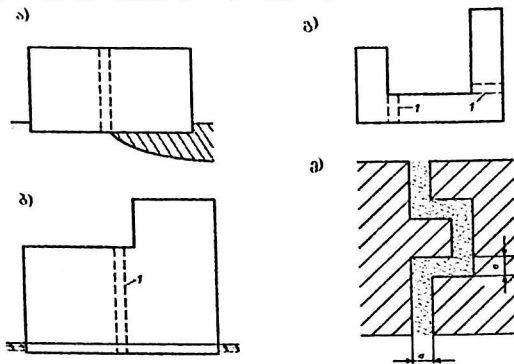
შემთხვევაში ახდენენ საძირკველის ძირის ზომების ცვალებადობას (ნახ. 4.17ბ). პირველ ვარიანტს მიმართავენ ძირითადად თუ ფუძის სადეფორმაციო მახასიათებლები იცვლება შენობის სიგრძეზე, ხოლო მეორეს – იმ შემთხვევაში, როდესაც საძირკველს გადაეცემა მნიშვნელოვნად განსხვავებული დატვირთვები.



ნახ. 4.17 ჯდომების გათანაბრება: 1. საძირკველი; 2. ძლიერდეფორმირებადი გრუნტი; 3. მცირედდეფორმირებადი გრუნტი

სამოქალაქო მშენებლობის პირობებში ყველაზე მგრძობიარე ელემენტებს წარმოადგენენ კედლების კონსტრუქციები. არათანაბარი ჯდომების შემთხვევაში მათში წარმოიქმნება დამატებითი ძალები, რომლებიც, მიაღწევენ რა გარკვეულ მნიშვნელობას, იწვევენ ბზარების წარმოქმნას. ბზარების წარმოქმნის საწინააღმდეგოდ მიმართავენ სადეფორმაციო ან ჯდომის ნაკერების მოწყობას (ნახ. 4.18ა), რომლებიც ჭრიან შენობას ან ნაგებობას სიმაღლეზე თავი-

დან ბოლომდე ცალკეულ ნაწილებად.



ნახ. 4.18 სადეფორმაციო ნაკერების განლაგება
1 - ჯდომის ნაკერები.

- ა) ფუძეს წარმოადგენენ სხვადასხვა კუმშვადობის გრუნტები;
- ბ) შენობის ცალკეული ნაწილების სხვადასხვა სიმაღლის შემთხვევაში; გ) შენობას გეგმაში აქვს რთული კონფიგურაცია;
- შენობის ცალკეული ნაწილების აგების სხვადასხვა ვადები;
- ე) ჯდომის ნაკერის დეტალი.

ამის შემდეგ ცალკეულ ნაწილებს აქვთ თავისუფალი ვერტიკალური გადაადგილების საშუალება, რითაც მცირდება ნაგებობის მგრძნობელობა არათანაბარი ჯდომებისადმი. იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილი იქნას ნაგებობის ცალკეული ნაწილების დამოუკიდებელი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური გადაადგილებები სადეფორმაციო ნაკერებს აკეთებენ სათანადო ღრეშოებით (ნახ. 4.18ე), რომლის მინიმალური სისქე განისაზღვრება ფორმულით:

$$\delta = \gamma_g \cdot h(i_n - i_v) \quad (4.79)$$

სადაც $\gamma_g = 1,3 \dots 1,5$ - საიმედოობის კოეფიციენტი

გრუნტის მიხედვით, რომელიც ითვალისწინებს ფუძის არა-ერთგვაროვნებას, h მანძილია საძირკვლის ძირიდან იმ ზონამდე, სადაც განისაზღვრება ღრეჩოს სიგანე;

i_n - მარჯვენა ნაწილის საძირკვლის დახრაა; i_v - იგივე მარცხენა ნაწილის.

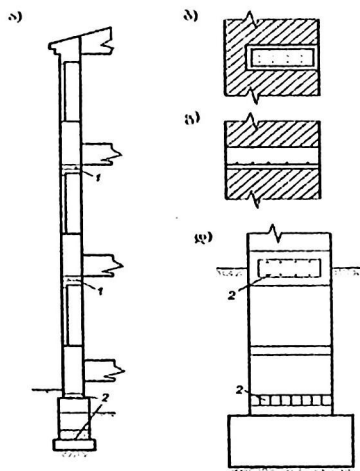
კარკასული ტიპის შენობებში და ნაგებობებში ჯდომის ნაკერებს აწყობენ ისეთი გადახურვების საშუალებით, რომელთაც აქვთ სახსროვანი საყრდენები, რომლებიც არ ეწინააღმდეგებიან შენობის ცალკეული ნაწილების ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ გადაადგილებებს.

ამჟამად სამშენებლო პრაქტიკაში სადეფორმაციო ნაკერებს აკეთებენ მაშინ, როდესაც ფუძეში მდებარეობენ სხვადასხვა კუმშვადობის (4.18ა) გრუნტები, შენობის ცალკეულ ნაწილებს აქვთ მნიშვნელოვნად განსხვავებული სიმაღლე (ნახ. 4.18ბ), შენობებს გეგმაში აქვთ რთული კონფიგურაცია (ნახ. 4.18გ), შენობის ცალკეულ ნაწილებს აშენებენ სხვადასხვა ვადებში.

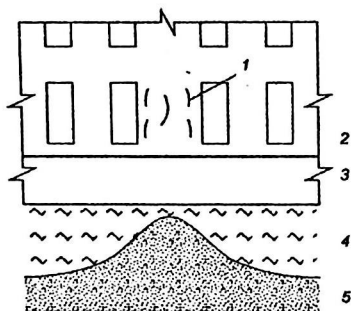
შენობის მგრძობელობის შემცირება არათანაბარი ჯდომებისადმი ზოგიერთ შემთხვევაში შეიძლება მიღწეული იქნას შენობის კონსტრუქციების სიხისტის გაზრდით.

ამიტომ კედლებში გამჭიმავი ძაღვებისადმი წინააღმდეგობის გაზრდის მიზნით მათი შესაძლო წარმოქმნის ზონებში აწყობენ რკინაბეტონის სარტყლებს (ნახ. 4.19).

ზოგიერთ შემთხვევაში ფუძის არათანაბარი დეფორმაციის შემთხვევაში, რომელსაც მივყავართ საძირკვლის ძირზე რეაქტიული წნევის გადანაწილებამდე, (ნახ. 4.20) კედლების ქვედა ნაწილებში წარმოიქმნება მკუმშავი წნეების კონცენტრაციის ზონები.



ნახ. 4.19 არმირებული სარტყლების განლაგება. 1-არმირებული სარტყლები საპირკველში; 2-არმირებული სისტემები კედლებში.

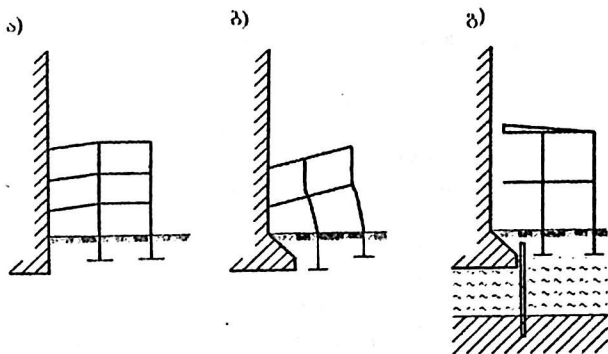


ნახ. 4.20 ბზარების წარმოქმნა წყობაში ძაბვების კონცენტრაციის დროს.

1. ძაბვების კონცენტრაციის ზონა; 2. კედელი; 3. საპირკველი;
4. ძლიერკუმშვადი გრუნტი; 5. ნაკლებადკუმშვადი გრუნტი.

ამის შედეგად, კედლის წყობა შეიძლება დაინგრეს, თუ ეს წნევები გადააჭარბებენ ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობებს. ამ შემთხვევაში კედლების წყობის სიმტკიცე დაინიშნება გაანგარიშების შედეგების მიხედვით, რომლებიც ითვალისწინებენ ძაბვების შესაძლო კონცენტრაციას.

მაღლივი შენობების მშენებლობის დროს, როდესაც არსებობს მცირესართულიანი მიშენებები, ფუძის არათანაბარი დატვირთვის გამო, მზიდ კონსტრუქციებში შეიძლება წარმოიქმნას დამატებითი ძაღვები (ნახ. 4.21).



ნახ. 4.21 მცირესართულიანი მიშენება მაღლივ შენობებთან

ჯდომის ნაკერის მოწყობას (ნახ. 4.18) ყოველთვის არ მიყვაროთ სასურველ შედეგამდე, მიშენებული ნაწილის დახრის გამო უფრო მაღლივი ნაწილის მიმართ. იმისათვის, რომ თავიდან აიცილონ ეს არასასურველი მოვლენა, მიმართავენ ორ გადაწყვეტას. პირველი – მიშენებულ ნაწილს გამოყოფენ ჯდომის ნაკერით და აწყობენ გამოყოფილ შპუნტს (ნახ. 4.21). იმისათვის, რომ თავიდან იქნეს აცილებული შპუნტის გადაადგილება და დატვირთვების გადაცემა მიშენებული ნაწილის ფუძეზე, შპუნტს ჩაასობენ უფრო

მკვირვ გრუნტში. მეორე – გადაწყვეტის დროს მიშენების კედლებს აწყობენ კონსოლებზე.

იმ ღონიძიებების გატარება, რომლებსაც მივყავართ შენობა-ნაგებობების მზიდი კონსტრუქციების არათანაბარი ჯდომების მიმართ მგრძნობელობის შემცირებამდე, ხშირად არის ეკონომიურად უფრო ხელსაყრელი, ვიდრე სპეციალური საძირკვლების მოწყობა, რომლებიც ათანაბრებენ ჯდომებს.

§4.10. რეოლოგიური პროცესები გრუნტებში

გრუნტების დეფორმაციების მიმდინარეობა დროის მიხედვით (რომელიც არაა დაკავშირებული ფილტრაციული ხასიათის პროცესებთან) შეისწავლება გრუნტების მექანიკის სპეციალური დარგით, რომელსაც გრუნტების რეოლოგია ეწოდება.

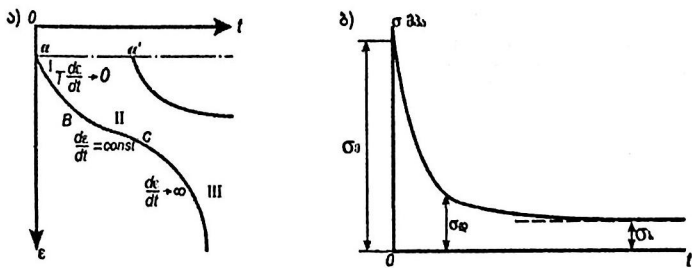
რეოლოგიური მოვლენების შესწავლა აქტუალურია მხოლოდ თიხოვანი გრუნტებისათვის, ვინაიდან ქვიშებში ასეთი მოვლენები წარმოიშობიან ძლიერ გვიან, ისეთი დატვირთვების მოქმედების შედეგად, რომლებიც გაცილებით აღემატებიან ნაგებობათა ფუძეებზე გადაცემულ ფაქტიურ წნევებს.

ნაგებობათა რეოლოგიური ჯდომის პროგნოზი შესაძლებელია მხოლოდ ექსპერიმენტული გზით, მისი თეორიული განზოგადოება კი პირობითია და მოითხოვს ექსპერიმენტულ შემოწმებას.

თიხოვანი გრუნტების რეოლოგიური თვისებები, რომლებიც თავის გამოსახულებას პოულობენ ძაბვების რელაქსაციასა და დეფორმაციების ცოცვადობაში აიხსნება ამ გრუნტების რთული ბუნებით. როგორც ცნობილია, ასეთი გრუნტების ძერის წინააღობის საკმაოდ დიდ ნაწილს ბმულობის წინააღობა წარმოადგენს, რომელიც თავის მხრივ ორი

ნაწილისგან შედგება: 1) ხისტი, ანუ სტრუქტურული წინაღობა, რომელიც განპირობებულია მინერალური ნაწილაკების ურთიერთ უშუალო კავშირით და წყალკოლოიდური, ბლანტი წინაღობა. დატვირთვის მოქმედების შედეგად ხისტი კავშირები მინერალურ ნაწილაკებს შორის ირღვევა და იწყება პლასტიკური დეფორმაციები; პარალელურად თანდათან მცირდება გრუნტის წინაღობა. დეფორმაციების ასეთ სახეობას ცოცვადობა ეწოდება. ე.ი. ცოცვადობა არის დეფორმაცია, რომელიც დროში ძალიან ნელა მატულობს, ხოლო ძაბვების შემცირება დროში უცვლელი დეფორმაციების დროს და სიმტკიცის შესუსტებას დროში უცვლელი დეფორმაციების დროს რელაქსაცია.

ცოცვადი დეფორმაციის ნათლად წარმოდგენისთვის ნიმუშზე მოვდით ძვრის ძალა და ავაგოთ ცოცვის გრაფიკი, რომლის ორდინატთა ღერძზე გადავზომოთ ფარდობითი დეფორმაცია (ნახ. 4.22), ხოლო აბსცისთა ღერძზე დრო. მივიღებთ დეფორმაციის ცვლილებების მრუდს დროში, რომელსაც ცოცვადობის მრუდი ეწოდება.



ნახ. 4.22 ა) ცოცვადი დეფორმაციების მრუდი; ბ) სიმტკიცის ცვალებადობის მრუდი

I სტადიაში დეფორმაციების მიმდინარეობის სინქარე კლებულობს ე.ი გვაქვს მიღევადი ცოცვადობა, რადგანაც ამ

სტადიაში აღინიშნება გრუნტების შემკვრივება, ამიტომ დეფორმაციის ეს სახე ფუძეში დასაშვებია.

II სტადიაში დეფორმაციის მიმდინარეობის სინქარე მუდმივია ე.ი გვაქვს მყარი ცოცვადობა, რადგან ამ სტადიაში აღინიშნება ნაწილაკების ურთიერთგადაადგილება, ამიტომ დეფორმაციის ეს სახე ფუძეში ზოგიერთ შემთხვევაში დასაშვებია. III სტადიაში სინქარე მატულობს – ე.ი გვაქვს პროგრესული დინება. ამ სტადიაში გრუნტი ირღვევა, ამიტომ დეფორმაციის ეს სახე ფუძეში არ დაიშვება.

ა – მყისი სიმტკიცე, რომელიც თანდათან დატვირთვის ზრდისას მცირდება.

ა_ბ – ხანგრძლივი სიმტკიცე. ა_დ – დროებითი სიმტკიცე, რომელიც თანდათან მცირდება.

გრუნტების ცოცვადი თვისებების შეფასება განსაკუთრებით საყურადღებოა, მაშინ, როცა ისინი განიცდიან გვერდითი დატვირთვების ზემოქმედებას. გვერდითი დატვირთვების მოქმედების შედეგად თიხოვანი გრუნტების ცოცვადი გადაადგილება, განსაკუთრებით, მაშინ როცა ისინი პლასტიკური კონსისტენციისა, იწყება ძლიერ მცირე დატვირთვების დროს, (გვერდითი დატვირთვების პირობებში მუშაობენ, მაგალითად, ბუნებრივი ფერდობები, საყრდენი კედლები, ჰიდროტექნიკური კაშხლებისა და სხვა საბაზენ ნაგებობათა ფუძეები).

შენობა ნაგებობის დაპროექტებისას უნდა გამოვიდეთ ხანგრძლივი სიმტკიცის ზღვრიდან.

§4.11 ნაგებობათა ფუძეების კონსოლიდაციის პროცესი

როგორც მშენებლობის პრაქტიკიდან ჩანს, ნაგებობათა ფუძეების ჯდომის მიმდინარეობა დროის მიხედვით წარმო-

ადგენს ხანგრძლივ პროცესს. იგი იწყება მშენებლობის პროცესში, როდესაც ფუძეზე გადაცემული დატვირთვა გადააჭარბებს გრუნტის საკუთარ წონას და გრძელდება წლობით. მაგალითად, წყლით გაჟღენთილი თიხებისთვის იგი გრძელდება ათეული და ასეული წლები. ამ მხრივ გამონაკლისია სუფთა ქვიშები, რომელთა ჯდომა მშენებლობის დამთავრების მომენტისათვის მთავრდება. ამ საკითხის პრაქტიკული მნიშვნელობა საკმაოდ დიდია, თუნდაც იმიტომ, რომ ამაზე დამოკიდებულია ნაგებობათა კონსტრუქციების დაძაბულობის ცვალებადობის ხასიათი, რასაც შეიძლება ძლიერ ცუდი შედეგი მოჰყვეს, განსაკუთრებით სტატიკურად ურკვევი სისტემისათვის.

გრუნტის დეფორმაციების მიმდინარეობის ხასიათი დამოკიდებულია, პირველ ყოვლისა, მათ სახეობასა და ფიზიკურ მდგომარეობაზე. როდესაც გრუნტი სამფაზოვანი სისტემითაა წარმოდგენილი, ე. ი. როდესაც მისი ფორები მხოლოდ ნაწილობრივია წყლით დაკავებული, მისი დეფორმაციის პროცესი სამი ფაზით ხასიათდება. პირველ ფაზაში დეფორმაციები ძირითადად პლასტიკური ხასიათისაა და მიმდინარეობს საკმაოდ სწრაფად, უმთავრესად ფორების მოცულობის შემცირების ხარჯზე. მეორე ფაზაში დეფორმაციები მიმდინარეობს მხოლოდ ფორებიდან წყლის გამოჟონვის ხარჯზე. ეს პროცესი, რომელსაც, ჩვეულებრივ, კონსოლიდაციას უწოდებენ, არის ხანგრძლივი, განსაკუთრებით ისეთი გრუნტებისათვის, რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტი დაბალი მნიშვნელობისაა, მესამე ფაზაში გრუნტიდან თავისუფალი წყლის გამოჟონვა დამთავრებულია და დეფორმაციების შემდგომი განვითარება აიხსნება მისი სტრუქტურის ცვალებადობით (პლასტიკური დეფორმაციები). თიხოვანი გრუნტებისათვის, როგორც თავისი სიდიდით, ისე პროცესის ხანგრძლივობით, ძირითადია დეფორმაციების მეორე ფაზა, რომელიც ამჟამად საკმაოდ კარგადაა შესწავლილი და მის საფუძველს წარმოადგენს ფილტრაციული კონსოლიდაციის თეორია.

აღნიშნული თეორია გულისხმობს, რომ გრუნტის ფორები მთლიანადაა შევსებული თავისუფალი წყლით და მისი დეფორმაციის სინქარე დამოკიდებულია ფორებიდან წყლის გამოჟონვის სინქარეზე.

როდესაც ნაგებობის ფუძე ასეთი გრუნტებითაა წარმოდგენილი, მისი ჯდომის სინქარის მიმდინარეობა ფასდება ე.წ. კონსოლიდაციის ხარისხის მიხედვით, რომელიც გვიჩვენებს, თუ ფუძის ჯდომა მოცემულ დროში, მისი საბოლოო ჯდომის რა ნაწილს შეადგენს. იგი გამოსახულია შემდეგი ფარდობით

$$Q_t = \frac{S_t}{S} \quad (4.80)$$

სადაც S_t არის ფუძის ჯდომის მნიშვნელობა t დროის განმავლობაში, ხოლო S - მისი საბოლოო, დამთავრებული ჯდომა.

აქედან, ცხადია, რომ ჯდომა დროის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის იანგარიშება შემდეგი ფორმულით

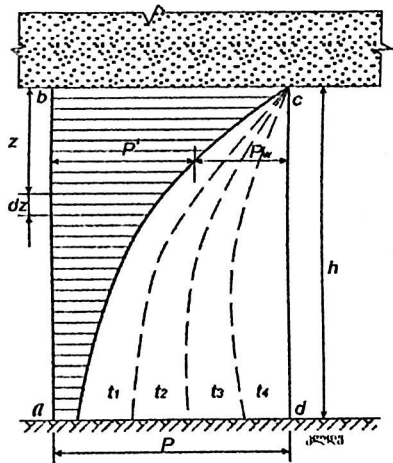
$$S_t = Q_t \cdot S \quad (4.81)$$

ზოგჯერ Q_t მოცემულია პროცენტობით და მას კონსოლიდაციის პროცენტს უწოდებენ. ამ შემთხვევაში

$$Q_t = \frac{S_t}{S} \cdot 100\% \quad \text{და} \quad S_t = \frac{Q_t \cdot S}{100}$$

კონსოლიდაციის პროცენტი იანგარიშება ფილტრაციული კონსოლიდაციის თეორიით, როგორც სივრცითი, ისე ბრტყელი ამოცანის პირობებში, მაგრამ პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად, ჩვეულებრივ, სარგებლობენ ბრტყელი ამოცანების გადაწყვეტის შედეგებით. ონსოლიდაცია ამ შემთხვევაში ერთზომადია, ე. ი. როგორც წყლის, ისე გრუნტის ნაწილაკების გადაადგილება ხდება ერთი და

იგივე მიმართულებით და ერთი სწორი ხაზის პარალელური რჩება. განვიხილოთ ამ საკითხის პროფ. ნ. გერსევანოვის სტრუქტურული გადაწყვეტა ისეთ კერძო შემთხვევისათვის, როდესაც კუმშვადი თიხოვანი ფენა მდებარეობს კლდეზე და ზემოდან დატვირთულია ქვიშის ყრილით (ნახ. 4.23). ვინაიდან კუმშვადი ფენა უფონად გრუნტზე (კლდეზე) მდებარეობს, წყლის გაჟონვის მიმართულება შეიძლება იყოს მხოლოდ ქვევიდან ზევით, ქვიშისაკენ. მეორე მხრივ, რადგან დატვირთვა მთლიანია, გრუნტზე გადაცემული სრული წნევა სიღრმეში შეინარჩუნებს მუდმივ მნიშვნელობას და წნევების გავრცელების ეპიურას ექნება მართკუთხედის ფორმა.



ნახ. 4.23 წნევების გავრცელების სქემა ფილტრაციული კონსოლიდაციის თეორიის მიხედვით

პირობით შეიძლება დაეუშვათ, რომ დატვირთვის მომენტში წნევა მთლიანად წყალს გადაეცემა, შემდეგ, წყლის გამოჟონვასთან დაკავშირებით, იგი თანდათანობით გადანაწილდება გრუნტის ჩონჩხზე და ბოლოს, როდესაც წყალი

მთლიანად გამოიყოფება, მთელ დატვირთვას თავისთავზე მიიღებს გრუნტი, ისე, რომ ნებისმიერ მომენტში დაცულ იქნეს ტოლობა:

$$p = p' + p_w$$

სადაც p' არის ეფექტური წნევა, ხოლო p_w – ნეიტრალური წნევა, ნახაზზე ეფექტური წნევის ეპიურა დაშტრიხულია და მისი მნიშვნელობა იცვლება t დროის ცვალებადობის მიხედვით.

კონსოლიდაციის ხარისხის მნიშვნელობა, დროის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის, წარმოადგენს ეფექტური წნევის ეპიურის ფართობის შეფარდებას სრული წნევის ეპიურის ფართობთან, რაც შემდეგნაირად გამოისახება:

$$Q_t = \frac{\int_0^h p' dz}{ph} \quad (4.82)$$

სადაც h არის კუმშვადი ფენის სისქე.

ეფექტური წნევის p' -ის მნიშვნელობა, რომლის ზემოქმედებითაც გრუნტი იკუმშება, განისაზღვრება შემდეგი დიფერენციალური განტოლებიდან

$$c \frac{\partial^2 p'}{\partial z^2} = \frac{\partial p'}{\partial t} \quad (4.83)$$

სადაც c არის კონსოლიდაციის კოეფიციენტი და განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით

$$c = \frac{k(1+e)}{a\gamma_w} \quad (4.84)$$

აქ c არის ფილტრაციის კოეფიციენტი;

e – გრუნტის საწყისი ფორიანობის კოეფიციენტი;

a – გრუნტის კუმშვადობის კოეფიციენტი;

γ_{ω} - წყლის კუთრი წონა.

თუ (4.83)-დან p' -ის მნიშვნელობას შევიტანთ (4.82) განტოლებაში და გადავწყვეტთ, მივიღებთ Q_t -ს მნიშვნელობას შემდეგი სახით:

$$Q_t = 1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N_0} + \frac{1}{9} e^{-9N_0} + \frac{1}{25} e^{-25N_0} + \dots \right) \quad (4.85)$$

პრაქტიკული ამოცანის გადაწყვეტის დროს შესაძლებელია შემოვიფარგლოთ აღნიშნული მწკრივის პირველი წევრით და კონსოლიდაციის ხარისხის საბოლოო მნიშვნელობას მივიღებთ შემდეგი სახით:

$$Q_{t-0} = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-N_0} \quad (4.86)$$

სადაც e არის ნატურალური ლოგარითმების ფუძე, ხოლო

$$N_0 = \frac{\pi^2 k(1+e)}{4a\gamma_w h^2} \cdot t \quad (4.87)$$

ისეთ პირობებში, როდესაც კუმშვადი ფენა მოქცეულია წყალქონად ფენებს შორის, ფილტრაცია მიმდინარეობს ორი ურთიერთმომპირდაპირე მიმართულებით და მაშინ:

$$N_0 = \frac{\pi^2 k(1+e)}{a\gamma_w h^2} \cdot t \quad (4.88)$$

ამგვარად, ჩვენ ჩამოვყალიბეთ ფილტრაციული კონსოლიდაციის ძირითადი ამოცანის გადაწყვეტა, როდესაც კუმშვადი გრუნტი დატვირთულია აბსოლუტურად მოქნილი, თეორიულად უსასრულო ფართობზე გადაცემული ტვირთით და ამიტომ კუმშვადი ფუძის მთელ სისქეზე წნევა მუდმივია, ე.ი. წნევის ეპიურა არის მართკუთხედი. აღსანიშნავია, რომ ეს თეორია ძირითადად ჩამოყალიბებულია კ. ტერცაგის და ნ. გერსევანოვის შრომებში.

მეორე ნაწილი ფუძე-საძირკვლები

თავი 5. მცირე ჩაღრმავების საძირკვლები

§ 5.1 მცირე ჩაღრმავების საძირკვლების კლასიფიკაცია

მცირე ჩაღრმავების საძირკვლების კლასიფიკაცია წარმოებს შემდეგი ძირითადი ნიშნების მიხედვით:

1. მასალის მიხედვით, რომლისგანაც არიან ისინი დამზადებული, საძირკვლები შეიძლება იყოს ბეტონის, ბუტობეტონის, ქვის ან ყორე წყობის და რკინაბეტონის.

2. დამზადების წესის მიხედვით განასხვავებენ მონოლითურ საძირკვლებს, რომლებსაც ამზადებენ უშუალოდ მშენებლობის ადგილზე და ასაწყობს, რომლებსაც ამონტაჟებენ ცალკეული წინასწარ დამზადებული ელემენტებისაგან.

საძირკვლების კონსტრუქციებმა და მასალამ, რომლისგანაც ისინი არიან დამზადებული უნდა უზრუნველყონ შენობის სიმტკიცე, ყინვაგამძლეობა და წინაღობა გაჯირჯევისადმი, ვინაიდან მიწისქვეშა ნაგებობებზე, გარდა დატვირთვებისა, უარყოფით გავლენას ახდენენ მიწისქვეშა წყლები. ამ მოთხოვნებს ყველაზე უკეთ პასუხობს ბეტონი, ხოლო იშვიათად ცემენტის ეკონომიის მიზნით იყენებენ ბუტობეტონს.

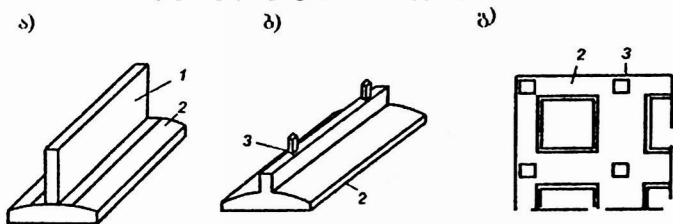
ყორე წყობისა და ბუტობეტონისაგან დამზადებულ საძირკვლებს ამჟამად იშვიათად იყენებენ, ვინაიდან მათი მოწყობა მეტად შრომატევადია და გარდა ამისა ისინი ხასიათდებიან წყობის დაბალი სიმტკიცით.

ყველაზე უფრო გავრცელებულ მასალას საძირკვლების მოსაწყობად წარმოადგენს რკინაბეტონი, რომლებსაც იყენებენ როგორც მონოლითურ, ისე ასაწყობ საძირკვლებში.

3. მუშაობის პირობების მიხედვით საძირკვლები იყოფა: ხისტი საძირკვლები, რომლებიც ძირითადად თავის თავზე იღებენ მკუმშავ ძალებს და მოქნილი, რომელთა მუშაობის დროს წარმოიშვება ღუნვის დეფორმაციები, რომლებიც გავლენას ახდენენ წნევების გავრცელებაზე საძირკვლის ძირზე.

4. ფორმის მიხედვით საძირკვლები შეიძლება იყოს: ლენტური, გადაჯვარედინებული, წერტილოვანი, მთლიანი და მასიური.

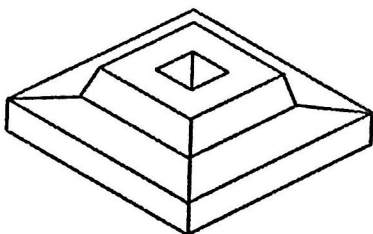
ლენტურ საძირკვლებს ყველაზე ხშირად აწყობენ ნაგებობათა კედლების ქვემოთ (ნახ. 5.1ა), ზოგჯერ სიხისტის გაზრდისა და ნაგებობათა ჯდომების გათანაბრების მიზნით იყენებენ გადაჯვარედინებულ საძირკვლებს (ნახ. 5.1გ).



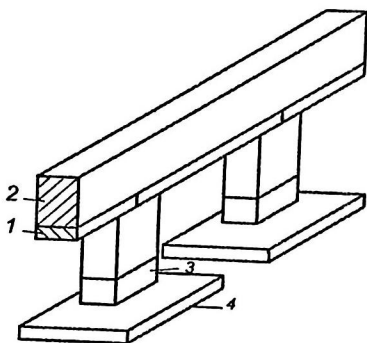
ნახ. 5.1. ლენტური საძირკვლები

1. კედელი; 2. საძირკვლების ბალიში; 3. სვეტი.

წერტილოვან საძირკვლებს ჩვეულებრივ აწყობენ კარკასული შენობის ცალკეული სვეტის ქვემოთ (ნახ. 5.2). მათ იყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც ნაგებობათა ჯდომები არ აღემატება მათ ზღვრულ-დასაშვებ მნიშვნელობებს, ვინაიდან ასეთ საძირკვლებს არ შეუძლიათ ჯდომების გათანაბრება და ისინი ვერ ზრდიან ნაგებობის სიხისტეს.



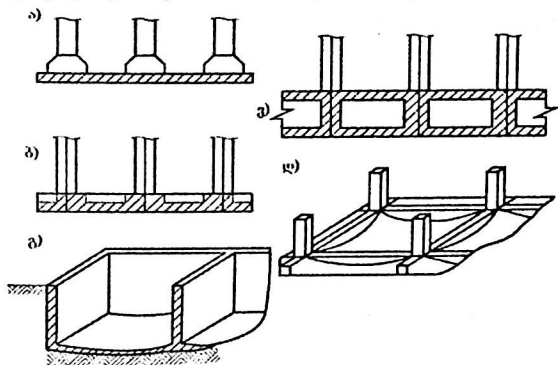
ნახ. 52. წერტილოვანი საძირკველი სვეტის ქვემოთ



ნახ 53. წერტილოვანი საძირკველი უკარკასო შენობების
კედლების ქვემოთ
1. საძირკველის კოჭი; 2. კედელი; 3. ბეტონის ან ქვის სვეტი;
4. ბალიში.

მთლიან საძირკველებს აწყობენ, როგორც წესი, მთელი შენობის ან ნაგებობის ქვემოთ მთლიანი რკინაბეტონის ფილუმების სახით. ისინი შეიძლება განლაგებული იყვნენ სვეტების ქვემოთ (ნახ. 54ა) ზოგიერთ შემთხვევაში სიხისტის გაზრდის მიზნით მთლიან საძირკველს აწყობენ სიხისტის

წიბოებით (ნახ. 5.4ბ). არსებობს მთლიანი საძირკვლების სხვა კონსტრუქციული გადაწყვეტილებებიც; ისინი შეიძლება იყოს კოლოფისებური (ნახ. 5.4ვ) აგრეთვე, ცილინდრული გარსების სახით (ნახ. 5.4გ) ან ორმაგი სიმრუდის ცილინდრული გარსების სახით. (ნახ. 5.4დ)



ნახ. 5.4 მთლიანი საძირკვლები

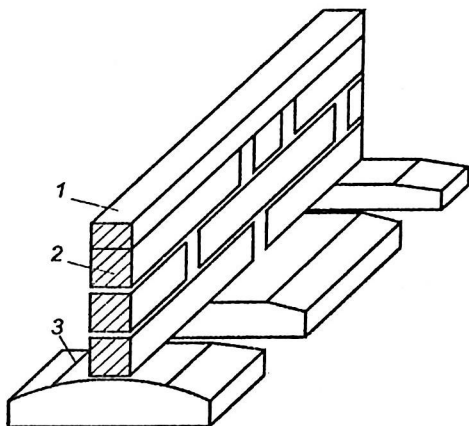
მთლიანი საძირკვლები მუშაობენ რა ღუნვაზე ათანაბრებენ ჯდომებს ორ ურთიერთპერპენდიკულარული მიმართულებით და უზრუნველყოფენ ფუძისა და მთელი ნაგებობების ერთობლივ მუშაობას. განსაკუთრებით დიდი სიხისტით გამოირჩევა კოლოფისებური საძირკვლები, რომელთაც იყენებენ ისეთ ნაგებობებში, რომლებიც ფუძეს გადაცემენ მნიშვნელოვანი ინტენსივობის არათანაბრადგანაწილებულ დატვირთვებს.

§5.2 მცირე ჩაღრმავების საძირკვლების კონსტრუქციები

შენობების და ნაგებობების საძირკვლების კონსტრუქციებისას, ითვალისწინებენ შენობის და საძირკვლის ერთობლივ მუშაობას, ამასთან, საძირკვლების კონსტრუქციები მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ასაგები ნაგებობების ტიპზე.

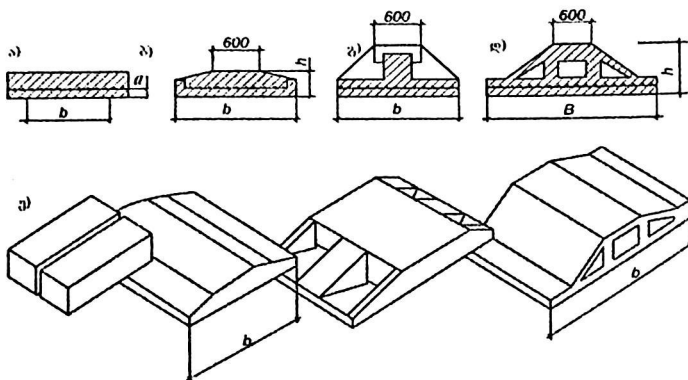
უკარკასო შენობების კედლების ქვემოთ ყველაზე მიზანშეწონილია ლენტურის საძირკვლების გამოყენება, რომელთა აგების დროს ქვაბულის ძირზე ჩაყრიან 6-10 სმ სისქის ქვიშას, რომელსაც შემდგომ მოასწორებენ და მასზე დგამენ ტიპიურ ბლოკ-ბალიშებს, რომლებიც ანაწილებენ კედლებიდან გადაცემულ დატვირთვებს ფუძეზე. ბლოკ-ბალიშებზე რამდენიმე რიგად დგამენ ტიპური საძირკვლის ბლოკებს. ზოგიერთ შემთხვევაში აწყობენ წყვეტილ ლენტურ საძირკვლებს, რომლებიც იძლევიან მასალების მნიშვნელოვან ეკონომიას. ასეთი საძირკვლების მოწყობა დასაშვებია საიმედო გრუნტებისა და მცირე დატვირთვების შემთხვევაში. ფილებს შორის არსებულ სივრცეს ავსებენ ქვიშით, რომელსაც შემდგომში ტკეპნიან.

მთლიან საძირკვლის ფილებს იყენებენ მნიშვნელოვანი დატვირთვების დროს, ხოლო წიბოვანს და სიცარიელეებით – უმნიშვნელო დატვირთვების შემთხვევაში. ამასთან ბოლო მათგანის გამოყენება, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, იძლევა მასალის მნიშვნელოვან ეკონომიას. საძირკვლის კედლების აკრება ხდება მთლიანი საძირკვლის კედლების ბლოკების საგან.



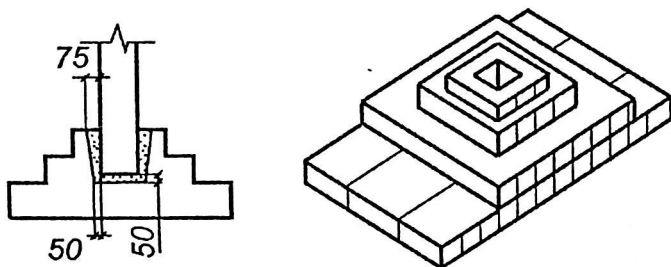
ნახ. 5.5. წყვეტილი ლენტური საძირკველი
 1. შენობის კედელი; 2. საძირკველის საკედლე ბლოკი;
 3. საძირკველის ფილა (ბალიში)

ცალკეულ ასაწყობ საძირკველებს იყენებენ კარკასული შენობის სვეტების ქვემოთ. ზომების მიხედვით ასეთი საძირკველები შეიძლება იყოს მთლიანი ან შედგენილი. ყველაზე ეკონომიურ გადაწყვეტას იძლევა საძირკველად ერთი მთლიანი ბლოკის გამოყენება. ლენტური საძირკველების ბლოკ-ბალიშები შეიძლება იყოს მთლიანი (ნახ. 5.6ა), წიბოვანი (ნახ. 5.6გ) და სიცარიელებით (ნახ. 5.6დ), რომელსაც გაანინია შედარებით მცირე ზომები და მასა. ცალკეულ საძირკველებს აწყობენ ქვიშოვან – ხრეშოვან ფენაზე, რომლის სისქე უნდა იყოს არანაკლები 10 სმ-ისა.



ნახ. 5.6. საძირკვლის ფილების კონსტრუქციები

შედგენილი ასაწყობი საძირკვლები ამჟამად გამოიყენება გაცილებით იშვიათად, ვინაიდან მათი გამოყენებისას იხარჯება არმატურის მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომელიც განლაგდება სხვადასხვა დონეებზე.



ნახ. 5.7. რკინაბეტონის საძირკვლები

შედგენილი საძირკვლის გამოყენება მიზანშეწონილია მხოლოდ შემდეგ შემთხვევებში: თუ ფუძეს გადაეცემა მნიშვნელოვანი ვერტიკალური დატვირთვები, ე.ი. თუ ცალ-

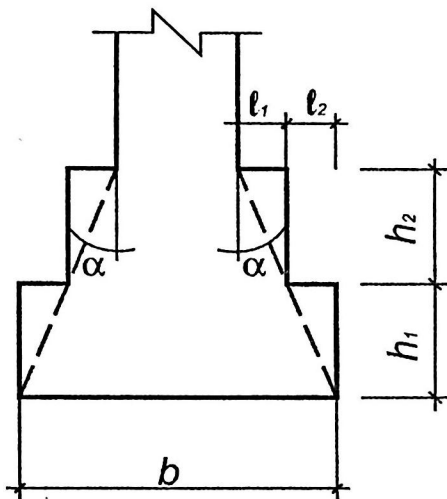
კეული საძირკვლების ტიპური ზომები არ უზრუნველყოფენ საძირკვლის ძირზე საჭირო წნევას; საძირკვლების მოწყობა აუცილებელია მცირე დროის მონაკვეთში, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ზამთრის პერიოდში გრუნტის შესაძლო გაყინვა. ამასთან ერთად გათვალისწინებული უნდა იქნას, რომ მნიშვნელოვანი მღუნავი მომენტების და ჰორიზონტალური ძალების მოქმედების დროს შედგენილი საძირკვლების ცალკეული ბლოკები მათი ერთობლივი მუშაობის უზრუნველყოფის მიზნით აუცილებელია დაკავშირებული იქნენ არმატურის ნაშევრებით, ანკერების ან ჩასატანებელი ელემენტების შედუღებით.

ისეთ საძირკვლებს, როგორცაა მთლიანი, ლენტური, მასიური, აგრეთვე, რთული მოხაზულობის საძირკვლები უნიკალური ნაგებობების და რთული დანადგარების ქვემოთ, აწყობენ როგორც წესი მონოლითური რკინაბეტონისაგან. ამასთან, ტიპური ხარაჩობისაგან და ბეტონის გამაგრების დანქარების ხერხების გამოყენება ზამთრის პერიოდში ბევრ შემთხვევაში უზრუნველყოფენ მონოლითური საძირკვლის კონსტრუქციული გადაწყვეტის ეკონომიურობას.

კოლოფისებური საძირკვლების გამოყენების დროს ზოგიერთ შემთხვევაში იყენებენ ანაკრებ თხელკედლიან რკინაბეტონის ელემენტებს, რომლებიც ბეტონის ძირითადი მასის გამაგრების შემდეგ რჩებიან საძირკვლის კონსტრუქციებში.

ბეტონის, ბუტობეტონის და ქვის საძირკვლებს აწყობენ მონოლითურ ვარიანტში და აპროექტებენ როგორც ხისტ საძირკვლებს, ვინაიდან ისინი ცუდად მუშაობენ გაჭიმვაზე. ამ ძაბვების მნიშვნელოვანი ზრდის შეჩერების მიზნით საძირკვლებს აფართოებენ ძირისკენ საფეხურებად, რომელთა ზომები შეზღუდულია სიხისტის α კუთხით, რომელიც დამოკიდებულია საძირკვლის მასალაზე, გრუნტზე გადაცემულ წნევაზე და გრუნტის ტიპზე. საფეხურის ნაშევრის სიმაღლის ფარდობას მის სიგრძესთან $h:l$ ღებულობენ

ფარგლებში 1:2, 1:3 ამასთან, ნაშევრის სიმაღლე უნდა იყოს 0,3.....0,6 მ (ნახ. 5.8)

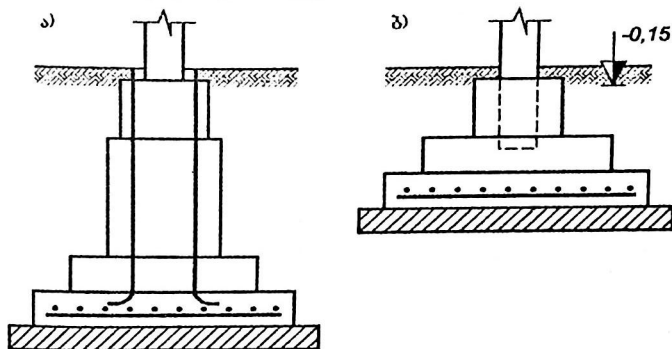


ნახ. 5.8 ხისტი საძირკვლის კონსტრუქცია.

რკინაბეტონის მონოლითურ საძირკვლებს აპროექტებენ, როგორც კუმშვად ფუძეზე მდებარე ღუნვად კონსტრუქციებს შენობების გრუნტთან ერთობლივი მუშაობის გათვალისწინებით. ასეთი საძირკვლების კვეთებსა და არმატურას ნიშნავენ დაპროექტების წესების მიხედვით, რომლებიც წაეყენება რკინაბეტონის კონსტრუქციებს.

საძირკვლის ზედა ნაწილის მოწყობა დამოკიდებულია გადაცემული დატვირთვების ხასიათზე და კონსტრუქციების ტიპზე. კარკასული შენობის სვეტების ქვემოთ საძირკვლებში აწყობენ ჭიქებს (ნახ. 5.9ბ) ან ითვალისწინებენ ჩასატანებელ ელემენტებს (ნახ. 5.9ა), რისთვისაც მონოლითურ

საძირკვლებში აწყობენ სპეციალურ არმატურას. რკინაბეტონის სვეტების შემთხვევაში საძირკვლის ჭიქისებრ ნაწილს ათავსებენ მიწის ზედაპირიდან 0.15 მ. სიმაღლეზე. ლითონის სვეტის შემთხვევაში საძირკვლის შენაჭრის სიბრტყეს განალაგებენ გაცილებით ქვემოთ.



ნახ. 59 მონოლითური რკინაბეტონის საძირკვლების კონსტრუქციები

მონოლითური რკინაბეტონის კონსტრუქციები მოქმედი ძალების, გრუნტული პირობების და გრუნტზე დაყრდნობილი კონსტრუქციების ზომების მიხედვით შეიძლება იყოს ერთი, ორი და სამსაფეხუროვანი.

მონოლითური საძირკვლების ქვემოთ აწყობენ მომზადებას ბეტონისგან ან ხრეშისგან. იმ შემთხვევაში, როდესაც ფუძეს წარმოადგენენ მკვრივი გრუნტები, რომელთა ფილტრაციული უნარი დაბალია, მომზადებას არ აწყობენ და ამ შემთხვევაში ბეტონის დამცველ ფენას ღებულობენ 5÷8 სმ.

§5.3 საძირკვლების ჩაღრმავების დანიშვნა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ საძირკვლების რაციონალური ჩაღრმავების დანიშვნა წარმოადგენს მათი დაპროექტების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ეტაპს. საძირკვლის ღირებულება ბევრადაა დამოკიდებული მის ჩაღრმავებაზე: რაც უფრო მაღლაა განლაგებული საძირკვლის ძირი, მით უფრო იაფია მისი მოწყობა, ვინაიდან ამ შემთხვევაში მცირდება მიწის სამუშაოების მოცულობა, ხოლო საძირკვლების ასაგებად იხარჯება სამშენებლო მასალების ნაკლები რაოდენობა, მაგრამ გრუნტების ზედა ფენები ხასიათდებიან დიდი კუმშვადობით და დაბალი მზიდუნარიანობით, მათ აგრეთვე შეიძლება შეიცვალოს თავიანთი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები მეტეოროლოგიური ფაქტორების ზეგავლენით. ამიტომ საძირკვლის ჩაღრმავების დანიშვნა უნდა დაეფუძნოს გრუნტის მზიდი ფენის შერჩევით, რომელიც უზრუნველყოფს ჯდომების თანაბარ განაწილებას, რომლებიც არ აღემატებიან ნორმებით დადგენილ ზღვრულ მნიშვნელობებს. ამ საკითხის გადაწყვეტის დროს მხედველობაში მიიღება შემდეგი ფაქტორები: კონსტრუქციული და საექსპლუატაციო თავისებურებები, როგორც მშენებარე, ისე არსებული შენობების და ნაგებობების; სამშენებლო მოედნის საინჟინრო – გეოლოგიური პირობები, კლიმატური პირობები და მათი ზემოქმედება გრუნტის ზედა ფენაზე.

საძირკვლის ჩაღრმავების საბოლოო დანიშვნა ხდება რამდენიმე ვარიანტის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლის შედარების საფუძველზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ საძირკვლის ჩაღრმავების დანიშვნის შედეგად გადაწყდება კომპლექსური ამოცანა.

შენობა-ნაგებობების კონსტრუქციულ და საექსპლუატაციო თავისებურებებს, რომლებიც გავლენას ახდენენ საძირკვლის ჩაღრმავების შერჩევაზე მიეკუთვნება შენობის და მისი ცალკეული ელემენტების კონსტრუქციული გადაწყვეტის საერთო სპეციფიკა, რომელიც შეიცავს სარდაფის

არსებობას, უფრო ღრმა საძირკვლებს დანადგარების ქვე-
მოთ, საძირკვლების ურთიერთდაახლოებას უკვე არსებული
შენობების არსებობის შედეგად, მიწისქვეშა კომუნიკაციების
ხასიათს და სხვა.

მეზობელი საძირკვლები, როგორც წესი, განლაგდებიან
ერთსა და იმავე დონეზე. იმ შემთხვევაში, როდესაც მეზო-
ბელ საძირკვლებზე გადაცემული დატვირთვები დიდია, მათ
შეიძლება ჰქონდეთ სხვადასხვა ჩაღმავება. ამ შემთხვევაში
ნიშნულების სხვაობა განისაზღვრება (ნახ 5.10) გამომდინა-
რე შემდეგი ორი პირობიდან:

$$1) \frac{\ell}{\Delta h} \geq 2$$

$$2) \Delta h \leq \ell \left(\operatorname{tg} \varphi + \frac{c}{p} \right)$$

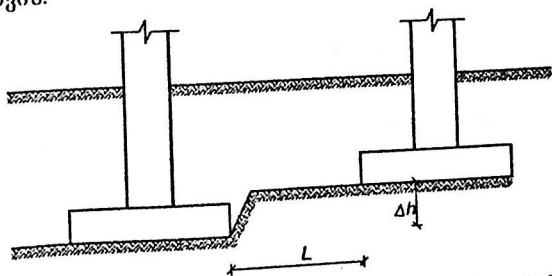
სადაც Δh - მანძილია საძირკვლების ძირის დონეებს
შორის;

ℓ - არის მანძილი სინათლეზე საძირკვლებს შორის;

φ - გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხის საანგარიშო
მნიშვნელობა;

c - გრუნტის შეჭიდულობის ძალა;

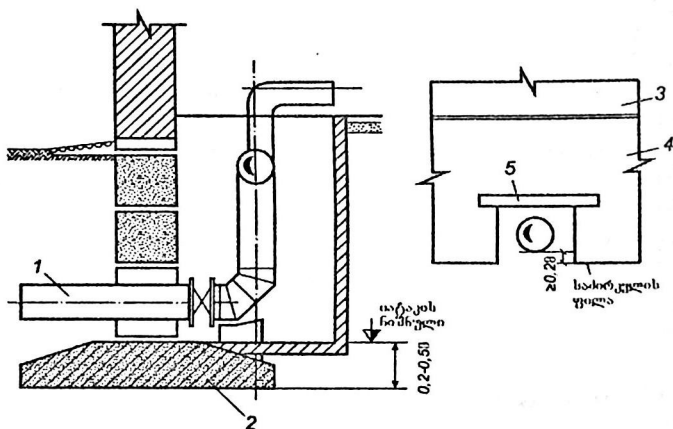
p - საშუალო წნევა ფუძეზე, მაღლა მდებარე საძირკე-
ლისთვის.



ნახ. 5.10 სხვადასხვა სიღრმეზე მდებარე საძირკვლების
ურთიერთგანლაგება

ლენტური საძირკვლების შემთხვევაში მათ სიგრძეზე აკეთებენ ნაშვერებს, რომელთა სიმაღლე უნდა იყოს 0,3.....0,6 მ-ის ფარგლებში.

საძირკვლის ძირი აუცილებლად უნდა იყოს განლაგებული ნაგებობაში შესასვლელი კომუნიკაციების ქვემოთ, რომლებსაც მიეკუთვნება საკანალიზაციო, წყლის, გათბობის მილები, სხვადასხვა ტექნიკური მილსადენები (ნახ. 5.11). ამ პირობის დაცვის შემთხვევაში მილები არ განიცდიან დამატებით წნევას საძირკვლისაგან. საძირკვლის ჩაღრმავება დამოკიდებულია აგრეთვე სარდაფის არსებობაზე.



ნახ. 5.11 საძირკვლის ჩაღრმავების დანიშვნა კომუნიკაციების არსებობის შემთხვევაში.

1. მილგაფანაილობა; 2. საძირკვლის ფილა; 3. კედელი; 4. ქვის წყობა; 5. ზღუდარი.

ასაწყობი საძირკვლების გამოყენების შემთხვევაში მათი ჩაღრმავება დამოკიდებულია, აგრეთვე, არჩეულ კონსტრუქციაზე და საძირკვლების ბალიშებისა და საკედლე ბლო-

კების განლაგებაზე, ხოლო მონოლითურის – საძირკვლის სხვადასხვა კვეთების სიმტკიცეზე და კონსტრუქციულ მოთხოვნებზე.

შენობების და ნაგებობების საძირკვლების აგების დროს წყალსაცავებთან ახლოს საძირკვლის ჩაღრმავება უნდა დაინიშნოს გრუნტის შესაძლო გამორეცხვის გათვალისწინებით.

შენობების მახასიათებელს, რომლებიც მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული საძირკვლების ჩაღრმავების დანიშვნის დროს, მიეკუთვნება: დატვირთვების სპეციფიკა და თავისებურებები, რომლებიც გადაეცემა ფუძეს, შენობის მგრძობიარობა არათანაბარი ჯდომებისადმი. ხანგრძლივობა, რომელსაც განსაზღვრავს შენობის კლასი, მისი უნიკალობა და სხვა ფაქტორები.

მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული, რომ კონსტრუქციული მოთხოვნებით მინიმალური ჩაღრმავება უნდა იყოს არანაკლებ 0,5 მ მოშანდაკების ზედაპირიდან. იმასთან დაკავშირებით, რომ ნებისმიერ სამშენებლო მოედანს ახასიათებს გრუნტების განლაგების სპეციფიკური პირობები, საძირკვლების ჩაღრმავების დანიშვნის დროს, გარდა შენობების კონსტრუქციული და საექსპლუატაციო თავისებურებებისა, მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული მშენებლობის რაიონის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები, კერძოდ, ფუძე-გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები. მათი შრეობრივი განლაგების ინდივიდუალური მახასიათებლები ხშირად აბრკოლებენ საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების საერთო შეფასებას, რომელიც წარმოადგენს ძირითად ფაქტორს საძირკვლების ჩაღრმავების დანიშვნის დროს. ამიტომ ასეთი შეფასების მიზნით გრუნტები იყოფიან სუსტ და საიმედო გრუნტებად.

სუსტად ითვლება ის გრუნტები, რომლებიც ვერ უზრუნველყოფენ შენობის დასაპროექტებელი ნაგებობების საიმედოობას მშენებლობის ან ექსპლუატაციის პერიოდში.

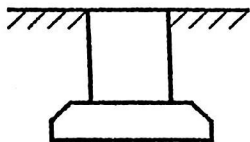
საიმედოდ ითვლება ის გრუნტები, რომლებიც უზრუნ-

ველყოფენ შენობების ნორმალურ ფუნქციონირებას მისი არსებობის ყველა ეტაპზე.

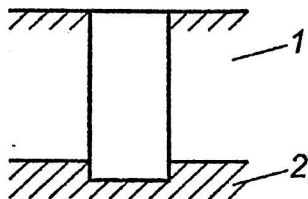
გრუნტების დაყოფა სუსტ და საიმედო გრუნტებად საშუალებას იძლევა სამშენებლო მოედნის გრუნტები პირობითად დაჯგუფებული იქნან სამ ძირითად ტიპად.

პირველი ტიპი. ფუძის მთელ სიმძლავრეზე განლაგებულია საიმედო გრუნტები, ამასთან ისინი შეიძლება იყოს ერთგვაროვანი ან ფენოვანი. ფუძის ქვემოთ მდებარე გრუნტის კუმშვადობა და წინაღობა ძვრაზე არ არის უფრო მცირე ზემდებარე გრუნტების ფენებზე. ამ შემთხვევაში ყველაზე უფრო ოპტიმალური გადაწყვეტილებაა საძირკვლის მინიმალური ჩაღრმავების დანიშვნა, შენობის კონსტრუქციული თავისებურებებისა და კლიმატური პირობების გათვალისწინებით (ნახ. 5.12ა)

ა)



ბ)



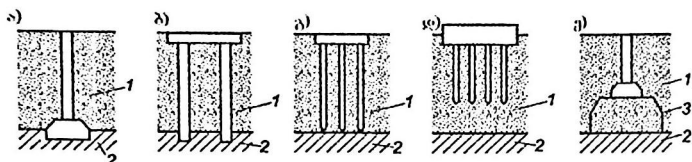
ნახ. 5.12. საძირკვლების მოწყობა საიმედო გრუნტებში
1. საიმედო გრუნტი; 2. უფრო მკვრივი გრუნტი.

ზოგიერთ შემთხვევაში დიდი დატვირთვებისა და ძალიან მკვრივი გრუნტების არსებობისას, უფრო ეკონომიური გადაწყვეტილებაა საძირკვლების დაყრდნობა ამ მკვრივ გრუნტებზე (ნახ. 5.12ბ).

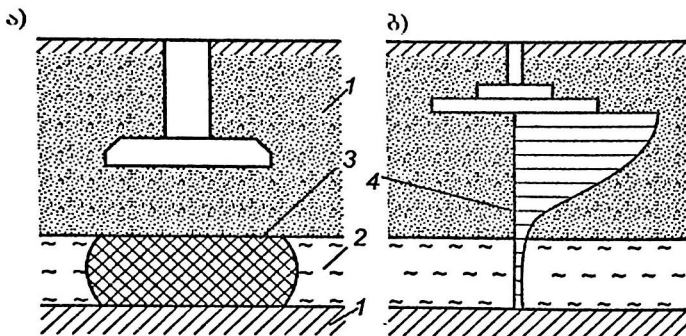
ტიპი II. მოშანდაკების ზედაპირიდან დაწყებული გარკვეულ სიღრმემდე განლაგებულია ერთი ან რამოდენიმე ფენა

სუსტი გრუნტებისა, რომელთა ქვემოთ განლაგებულია უფრო მკვრივი საიმედო გრუნტები. ამ შემთხვევაში გამოიყენება რამოდენიმე კონსტრუქციული გადაწყვეტა. სუსტი გრუნტების მცირე სიმძლავრის შემთხვევაში შენობიდან გადაცემული დატვირთვა გადაეცემა საიმედო გრუნტებს სუსტი ფენების გაჭრით. (ნახ. 5.13ა). მნიშვნელოვანი დატვირთვებისა და საიმედო გრუნტების დიდი სიმძლავრის შემთხვევაში შენობას ხშირად აყრდნობენ სვეტისებურ საძირკვლებს (ნახ. 5.13ბ) ან ხიმინჯებს (ნახ. 5.14გ). მსუბუქი ნაგებობების გამოყენებისას დატვირთვებს გადასცემენ სუსტ გრუნტებს ხიმინჯოვანი საძირკვლების საშუალებით (ნახ. 5.14დ). ზოგიერთ შემთხვევაში სუსტ გრუნტებს მათი დიდი სიმძლავრის შემთხვევაში შეამკვრივებენ ან გაამაგრებენ სპეციალური მეთოდებით (ნახ. 5.14დ) ან ამ გრუნტებს იყენებენ ნაგებობათა ფუძეებში, ამცირებენ რა მზიდი კონსტრუქციების მგრძობელობას არათანაბარი ჯდომებისადმი, ზრდიან ნაგებობების სიხისტეს და აგებენ მთლიან საძირკვლებს.

ტიპი III. ფუძეში განლაგებულია სუსტი გრუნტის ერთი ან რამოდენიმე ფენა. ასეთ შემთხვევაში სუსტი გრუნტის ფენას ამაგრებენ (ნახ. 5.14ა) ან იყენებენ საძირკვლებს გაგანიერებული ძირით, რომელიც საშუალებას იძლევა უფრო ინტენსიურად იქნეს შემცირებული წნევა ფუძის სიმაღლეზე და იგი დაყვანილი იქნეს მინიმალურ მნიშვნელობამდე. ამრიგად, საიმედო გრუნტის ზედა ფენები ასრულებენ გამანაწილებელი ბალიშის როლს. (ნახ. 5.14ბ). მესამე ტიპის შემთხვევაში მიმართავენ საიმედო და სუსტი გრუნტების ზედა ფენების გაჭრას და წნევას გადასცემენ მკვრივ ფენებს როგორც ეს (ნახ. 5.13ა)-ეა ნაჩვენები ფენების განლაგებისას მეორე ტიპის მიხედვით.



ნახ. 5.13. საძირკვლების ჩაღრმავების დანიშვნა გრუნტების ფენობრივი განლაგების მეორე ტიპის მიხედვით
 1. სუსტი გრუნტი; 2. საიმედო გრუნტი; 3. გრუნტის შემაგრების ზონა.



ნახ. 5.14. საძირკვლების ჩაღრმავების დანიშვნა გრუნტების ფენობრივი განლაგებისას მესამე ტიპის მიხედვით
 1. საიმედო გრუნტი; 2. სუსტი გრუნტი; 3. გამაგრების ზონა;
 4. წნეების ეპიურა.

კლიმატური ფაქტორების გავლენით, რომლებიც ახასიათებთ მოცემულ სამშენებლო რაიონს, ფუძე გრუნტებმა შეიძლება შეიცვალოს თავიანთი მოცულობა გაყინვის ან გაღვლის შედეგად, გამოშრობის ან წყლით გაჯერების შედეგად. ზემოთ აღნიშნული ფაქტორებიდან ყველაზე საშიშად ითვლება გრუნტების გაყინვა, რომელიც იწვევს გრუნტის მოცულობაში ზრდას და ბურცვადობის ძალების

წარმოქმნას. ამ ბურცვადობის ძალებმა ზოგიერთ გრუნტებში შეიძლება გადააჯარბონ საძირკვლის ძირის ქვემოთ წნევას და გამოიწვიონ შენობებისა და ნაგებობების დეფორმაციები. ყველა გრუნტებს არ ახასიათებთ ეს მოვლენა, ამიტომ გრუნტები იყოფიან ორ ძირითად კატეგორიად: ბურცვადსაშიშ და არაბურცვადსაშიშ გრუნტებად. ბურცვადსაშიშ გრუნტებს მიეკუთვნება: ყველა მტვროვან-თიხოვანი გრუნტები, აგრეთვე მტვროვანი და წვრილი ქვიშები, არაბურცვადსაშიში: კლდოვანი ქანები, ხრეში, მსხვილი და საშუალო სიმსხოს ქვიშები.

არასახარბიელო პირობების შემთხვევაში, საძირკვლის ჩაღრმავება, გამომდინარე გრუნტების გაყინვის საანგარიშო მნიშვნელობიდან დაინიშნება ცხრ. 5.1 - ის მიხედვით.

სეზონური გაყინვის საანგარიშო მნიშვნელობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$d_f = K_H \cdot d_{fn} \quad (5.2)$$

სადაც K_H - შენობის სითბური რეჟიმის გავლენის კოეფიციენტი, რომელიც იმ ნაგებობებისათვის, რომლებიც თბება, განისაზღვრება ცხრ. 5.2-ის მიხედვით გარეთა საძირკვლებისათვის. იმ ნაგებობებისათვის, რომლებიც არ თბება გარეთა და შიგნითა საძირკვლებისათვის $K_H=1,1$, გარდა იმ რაიონებისა, რომლებსაც აქვთ უარყოფითი საშუალო წლიური ტემპერატურა;

d_{fn} - გაყინვის ნორმატიული სიღრმეა. გაყინვის ნორმატიული სიღრმე განისაზღვრება რუკებიდან ან განისაზღვრება ფორმულით:

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t} \quad (5.3)$$

სადაც d_0 - თიხნარებისათვის აიღეს 0,23 მ, ქვიშნარებისათვის წვრილი და მტვროვანი ქვიშებისათვის 0,28 მ;

ბრეშოვანი, მსხვილი და საშუალო სიმსხის ქვიშებისათვის 0,3 მსხვილნამტვრევი გრუნტებისათვის 0,34 მ.

M_c - უგანზომილებო კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია საშუალო თვიური უარყოფითი ტემპერატურების აბსოლუტური მნიშვნელობების ჯამისა მოცემული რაიონისთვის ზამთრის პერიოდში.

ცხრილი №5.1

საძირკვლის ჩაღრმავება გაყინვის საანგარიშო მნიშვნელობებიდან გამომდინარე

გრუნტები	საძირკვლების ჩაღრმავება მიწისქვეშა წყლების არსებობისას, როდესაც	
<p>კლდოვანი, მსხვილნამტვრევი ქვიშოვანი შემავსებლით, მსხვილნამტვრევი და საშუალო სიმსხოს ქვიშები</p> <p>წვრილი და მტვროვანი ქვიშები, ქვიშნარები, რომელთა დენადობის მაჩვენებელი $I_L < 0$</p> <p>როდესაც $I_L \geq 0$</p> <p>თიხნარები, თიხები, მსხვილნამტვრევი გრუნტები მტვროვან-თიხოვანი შემავსებლებით, რომელთა დენადობის</p>	<p>არ არის დამოკიდებული გაყინვის საანგარიშო მნიშვნელობაზე</p> <p>არანაკლებ d_f-ზე</p> <p>იგივე</p> <p>იგივე</p> <p>იგივე</p>	<p>არ არის დამოკიდებული გაყინვის საანგარიშო მნიშვნელობაზე</p> <p>იგივე</p> <p>არანაკლებ d_f-ზე</p> <p>იგივე</p> <p>არანაკლებ 0,5 d_f-ზე</p>

მაჩვენებელი $I_L \geq 0,25$		
როდესაც $I_L < 0,25$		

ცხრილი №5.2

კოეფიციენტ K_H -ის მნიშვნელობა შენობის კონსტრუქციული დანიშნულებიდან და შენობაში ტემპერატურის მნიშვნელობებიდან გამომდინარე

შენობის კონსტრუქციული თავისებურებები	კოეფიციენტ K_H -ის მნიშვნელობა, როდესაც ჰაერის საშუალო დღიური ტემპერატურა C° ტოლია				
	0	5	10	15	20 და მეტი
უსარდაფო გრუნტზე დაყრდნობილი იატიკით	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
იგივე მოწყობილი ლაგებზე	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
იგივე, ცოკოლის გადახურვით	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
სარდაფით	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4

შენობების და ნაგებობების მშენებლობის დროს საჭიროა გათვალისწინებული იქნას გრუნტის გაყინვის სიღრმის ცვალებადობა, ბურცვადობა ან ჯდომა სამშენებლო ტერიტორიის სპეციფიკიდან გამომდინარე.

ღითონის კოლონის მონოლითურ საძირკველთან დაკავშირების შემთხვევაში საძირკველების ჩაღრმავება განისაზღვრება სვეტის ჩაღრმავებით და საანკერო ჭანჭიკის სიგრძით, რომლითაც ამაგრებენ სვეტს საძირკველთან:

$$d_1 = h_{ტრ} + h_{ფ} + \ell_{ჰანჰ} + 0,1 + 0,15 \quad (53a)$$

სადაც $h_{ტრ}$ - ტრავერსის სისქეა; $h_{ფ}$ - ფილის სისქე; $\ell_{ჰანჰ}$ - ჭანჭიკის სიგრძე საძირკველში; 0,1 - მანძილი ჭანჭიკის ბოლოდან საძირკველის ძირამდე; 0,15 - მანძილი მიწის ზედაპირიდან ტრავერსის ძირამდე.

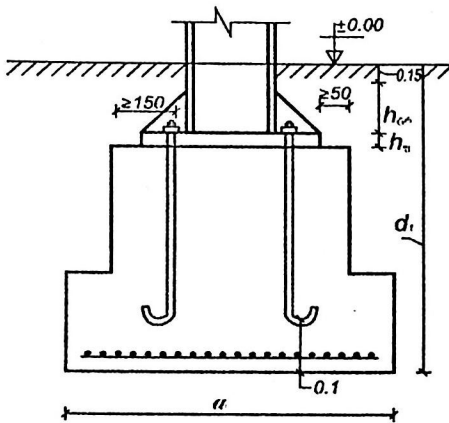
სვეტის ბაზა შედგება საყრდენი ფილისაგან, ტრავერსისაგან და სხვა ელემენტებისაგან. საძირკველში იგი მაგრდება ორო საანკერო ჭანჭიკით. სვეტის საყრდენი ფილის საჭირო ფართობი გამოითვლება საძირკველის მასალის საანგარიშო წინაღობის მიხედვით:

$$A_p = \frac{N}{\varphi R_{b_1 \ell oc}}$$

სადაც N არის სვეტის ღერძული ძალა სვეტის ბაზის დონეზე; A_p - საყრდენი ფილის ფართი; φ - კოეფიციენტი მიღებულია ერთის ტოლად, როცა ფილის ქვეშ არის თანაბრად განაწილებული დატვირთვა; $R_{b_1 \ell oc}$ - ბეტონის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$R_{b_1 \ell oc} = \alpha \cdot \varphi_b \cdot R_b$$

R_b - ბეტონის პრიზმული წინაღობაა [28].



ნახ. 5.15 ლითონის სვეტის მონოლითურ საძირკველთან დაკავშირების სქემა

§5.4. ხისტი საძირკვლების ძირის ზომების დადგენა ცენტრალური დატვირთვის შემთხვევაში

საძირკვლის დაპროექტებისას, მისი ჩაღრმავების დანიშვნის შემდეგ, განსაზღვრავენ საძირკვლის ძირის ზომებს. იმ შემთხვევაში როდესაც სამშენებლო მოედნის გრუნტული პირობები და შენობის ან ნაგებობის ტიპი მოითხოვს დეფორმაციებზე ანგარიშს, ამოწმებენ შემდეგი პირობების შესრულებას:

$$S \leq S_{\text{ზღვრ}} \quad (5.4)$$

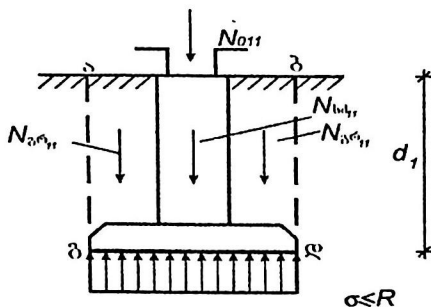
ე.ი. ნაგებობათა ფუძეების ჯდომის საანგარიშო მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს მათ ზღვრულ, ანუ დასაშვებ

მნიშვნელობებს. ცენტრალურად დატვირთულად ითვლება ისეთი საძირკვლები, როდესაც გარე დატვირთვების ტოლქმედი გადის საძირკვლის ძირის სიმძიმის ცენტრზე.

საძირკვლის ჩაღრმავების დანიშვნის შემდეგ, განისაზღვრება გარე დატვირთვის მაქსიმალური საანგარიშო მნიშვნელობა, მოქმედი შენაგურის სიბრტყეზე. განვიხილავთ საძირკვლის სტატიკური წონასწორობის პირობებს (ნახ. 5.16), რომლისგანაც გამომდინარეობს, რომ დატვირთვა გადაცემული ნაგებობიდან N_{011} , გრუნტის წონისაგან $N_{გრ11}$ და საძირკვლის საკუთარი წონისაგან $N_{საძ11}$ გაწონასწორებული უნდა იყოს გრუნტის საშუალო რეაქტიული წნევით საძირკვლის ძირზე R :

$$\sigma = \frac{N_{011} + N_{გრ11} + N_{საძ11}}{A} \leq R \quad (5.5)$$

ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ რაც უფრო ახლოა σ -ს მნიშვნელობა R -თან, მით უფრო ეკონომიური გადაწყვეტაა მიღებული. პრაქტიკული გამოცდილებიდან გამომდინარე, ამას ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც σ და R შორის სხვაობა არ აღემატება 5.....10%-ს.



ნახ. 5.16 ცენტრალურად დატვირთული საძირკვლის საანგარიშო სქემა

ჯამი $N_{\omega\sigma 11} + N_{\rho\sigma 11}$ დამოკიდებულია აბგდ პარალელეპიპედის მოცულობაზე და მასში შემავალი მასალების კუთრ წონაზე (ნახ. 5.16). ეს ჯამი გარკვეული მიახლოებით შეიძლება ნაპოვნი იქნეს შემდეგნაირად.

$$N_{\rho\sigma 11} + N_{\omega\sigma 11} = \gamma_{\omega\sigma} \cdot d_1 \cdot A \quad (5.6)$$

სადაც $\gamma_{\omega\sigma}$ საძირკვლისა და მის საფეხურებზე მდებარე გრუნტის გასაშუალოებული კუთრი წონაა და აიღება 20 კნ/მ³ d_1 - საძირკვლის ჩაღრმავებაა. თუ დაეუშევთ, რომ $\sigma = R_0$, მაშინ ვლებულობთ, რომ საძირკვლის ძირის ფართობი:

$$A = \frac{N_{011}}{R_0 - \gamma_{\omega\sigma} d_1} \quad (5.7)$$

სადაც R_0 - გრუნტის პირობითი საანგარიშო წინაღობაა. A -ს პოვნის შემდეგ, განისაზღვრება საძირკვლის ძირის ზომები, რომელსაც ამრგვალებენ 10 სმ-მდე. ჩვეულებრივ, საძირკვლის ძირის ზომებს დებულობენ სწორკუთხას ან კვადრატულს. უკანასკნელ შემთხვევაში:

$$b = a = \sqrt{A} \quad (5.8)$$

ხოლო სწორკუთხა ძირის შემთხვევაში:

$$b = \sqrt{\frac{A}{k}} \quad (5.9)$$

სადაც b და a შესაბამისად საძირკვლის ძირის სიგანე და სიგრძეა.

გრუნტების პირობითი საანგარიშო წინაღობა განისაზღვრება ცხრილების საშუალებით:

§5.5. ხისტი საძირკვლების ძირის ზომების განსაზღვრა არაცენტრალური დატვირთვის შემთხვევაში

არაცენტრალურად დატვირთულად ითვლება ისეთი საძირკვლები, როდესაც ყველა გარე დატვირთვების ტოლქმედი არ გადის საძირკვლის ძირის სიმძიმის ცენტრზე.

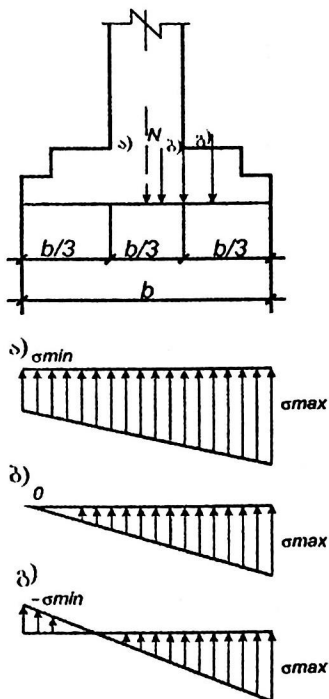
არაცენტრალური დატვირთვის შემთხვევაში კონტაქტური წნევების ეპიურა საძირკვლის ძირზე არ იქნება თანაბრად განაწილებული ისე, როგორც ამას ადგილი ჰქონდა ცენტრალური დატვირთვის შემთხვევაში. ეპიურის მოხაზულობა დამოკიდებული იქნება გარე დატვირთვების ტოლქმედის ექსცენტრისიტეტზე. იმ შემთხვევაში, როდესაც არაცენტრალური დატვირთვა მოქმედებს კვეთის გულის ფარგლებში (სწორკუთხა ფორმის საძირკვლისათვის ეს არის სიმეტრიული მონაკვეთი ზომით $b/3$ საძირკვლის ძირის ცენტრში).

რეაქტიული წნევები საძირკვლის ძირზე ნაწილდება ტრაპეციოდალური ეპიურით (ნახ. 5.17ა) თუ ტოლქმედი მოდებულია კვეთის გულის საზღვარზე (ნახ. 5.17ბ) მას აქვს სამკუთხა ფორმა, ხოლო თუ დატვირთვების ტოლქმედი სცილდება კვეთის გულის ფარგლებს, მაშინ კონტაქტური წნევების ეპიურა იქნება ორნიშნა (ნახ. 5.17გ), მაგრამ ვინაიდან ფუძე-გრუნტებს არ შეუძლიათ მიიღონ გამჭიმავი ძაბვები, ამ შემთხვევაში საძირკვლის ძირი სცილდება გრუნტებს იმ მონაკვეთზე, სადაც მოქმედებენ გამჭიმავი ძაბვები.

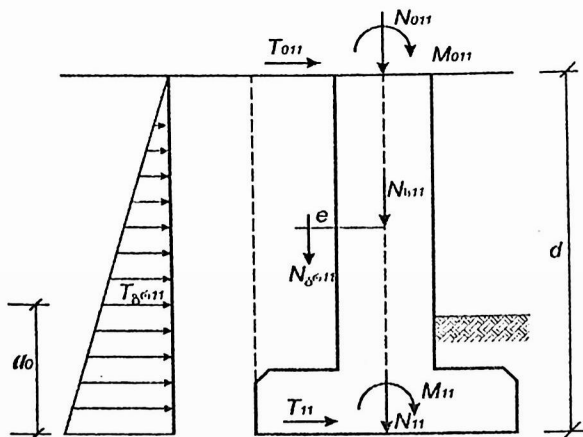
ზოგად შემთხვევაში არაცენტრალურად დატვირთულ საძირკვლებზე მოქმედებენ შემდეგი ძალები: მიწის მოშანდაკების დონეზე N_{011} , M_{011} და T_{011} . ამას გარდა, მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული საძირკვლის საკუთარი წონა $N_{აა1}$. მომენტი გამოწვეული გრუნტის უკუჩაყრით და აქტიური წნევა საძირკვლზე, როგორც საყრდენ კედელზე (ნახ. 5.18) თუ მხედველობაში მივიღებთ ამ დატვირთვებს,

შიდლება განსაზღვრულ იქნეს ძალები, რომლებიც მოქმედებენ საძირკვლის ძირზე:

$$\left. \begin{aligned} N_{11} &= N_{011} + N_{\sigma 011} + N_{\sigma 11} \\ M_{11} &= M_{011} + T_{\sigma 11} \cdot a_0 - N_{\sigma 11} \cdot \ell + T_{011} \cdot d \\ T_{11} &= T_{011} + T_{\sigma 11} \end{aligned} \right\} (5.10)$$



ნახ. 5.17. კონტაქტური წნევების ეპიურები არაცენტრალური დატვირთვის შემთხვევაში



ნახ. 5.18. არაცენტრალურად დატვირთული საძირკვლის საანგარიშო სქემა

ინდექსი II მიუთითებს იმაზე, რომ საანგარიშო ძალები განსაზღვრულია დეფორმაციებზე ანგარიშისათვის.

მაქსიმალური და მინიმალური ძაბვები საძირკვლის ძირზე არაცენტრალურად დატვირთული საძირკვლისათვის განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma_{\max}^{\min} = \frac{N_{11}}{A} \pm \frac{M_{11}}{W} \quad (5.11)$$

სადაც W საძირკვლის ძირის წინაღობის მომენტი.

საძირკვლის ძირზე განვითარებული წნევები უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

$$\sigma_{\max} \leq 1,2R \quad (5.12)$$

მინიმალური წნევა:

$$\sigma_{\min} \geq 0 \quad (5.13)$$

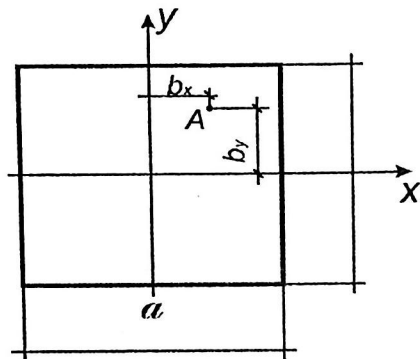
საშუალო წნევა:

$$\sigma_{\text{საშ}} = \frac{N_{11}}{A} \leq R \quad (5.14)$$

ჩვეულებრივ, არაცენტრალურად დატვირთული საძირკვლების დაპროექტებისას საძირკვლის ძირის ზომებს განსაზღვრავენ თანდათანობითი მიახლოების წესით, ისევე, როგორც ცენტრალური დატვირთვის დროს (5.7) ფორმულით. ამის შემდეგ საძირკვლის ძირის ფართობს ზრდიან 20-30%-ით. არაცენტრალური დატვირთვის გათვალისწინებით განსაზღვრავენ საძირკვლის ძირის ზომებს, საძირკვლისა და მის საფეხურებზე მდებარე გრუნტის წონას და სხვა დატვირთვებს, რომლებიც შედიან (5.7) ფორმულაში. განსაზღვრავენ მაქსიმალურ და მინიმალურ წნევებს საძირკვლის ძირზე და ამოწმებენ (5.12, 5.14) პირობებს. თუ ისინი არ სრულდება, აზუსტებენ საძირკვლის ძირის ზომებს მანამ, სანამ ეს პირობები არ იქნება დაკმაყოფილებული 5.....10%-ის სიზუსტით. იმ შემთხვევაში, როდესაც ექსცენტრესიტეტი გამოწვეული გარე დატვირთვებით $\ell = \frac{M_{11}}{N_{11}} \leq 0,03b$, სწორკუთხა საძირკვლისათვის და $\ell \leq 0,025D$ — მრგვალი საძირკვლისათვის, საძირკვლის ანგარიში დასაშვებია, ჩატარებული იქნას, როგორც ცენტრალურად დატვირთული საძირკვლების შემთხვევაში და წნევები შემოწმდება ფორმულით:

$$\sigma \leq R \quad (5.15)$$

ზოგიერთ შემთხვევაში გარე დატვირთვების ტოლქმედი არ გადის საძირკვლის ძირის არც ერთ ინერციის ღერძზე (ნახ. 5.19).



ნახ. 5.19. საძირკვლის ძირის არაცენტრალური დატვირთვა ინერციის ორი მთავარი ღერძის მიმართ

ამ შემთხვევაში მაქსიმალური და მინიმალური წნევები განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma_{\min}^{max} = \frac{N_{11}}{A} \pm \frac{N_{11}l_x}{W_x} \pm \frac{N_{11}l_y}{W_y} \quad (5.16)$$

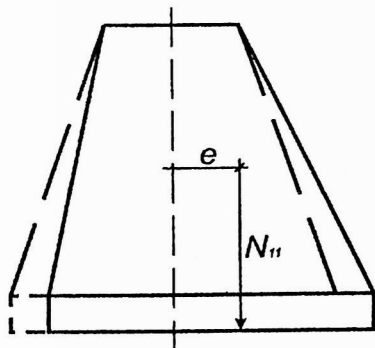
სადაც $N_{11}l_x$ და $N_{11}l_y$ – მომენტებია მთავარი ღერძების მიმართ, W_x და W_y – წინააღობის მომენტები იმავე ღერძების მიმართ.

ამ შემთხვევაში დაკმაყოფილებული უნდა იქნას შემდეგი პირობა:

$$\sigma_{max} \leq 1,5R \quad (5.17)$$

ზოგიერთ შემთხვევაში, როდესაც ფუძეში წარმოიქმნება გამჭვირავი ძაბვები, რაც იწვევს საძირკვლის ძირის დაშორებას გრუნტიდან, აპროექტებენ არასიმეტრიულ საძირკველებს

ისეთნაირად, რომ საძირკველის ძირის სიმძიმის ცენტრი რაც შეიძლება ახლოს იქნეს განლაგებული ძალების ტოლქმედის მოდების წერტილზე. (ნახ. 5.20).



ნახ. 5.20. არასიმეტრიული საძირკველი

საძირკველების გაანგარიშება I ზღერული მდგომარეობით – მზიდუნარიანობაზე და გადაყირავებაზე (იხ. § 4.3), ხოლო II ზღერული მდგომარეობით – დეფორმაციებზე (ჯდომებზე) (იხ. § 4.8).

თავი 6. მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშება

§ 6.1 დრეკად ფუძეზე მდებარე კოჭების გაღუნვების თეორიების გამოყენების შესახებ მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშების დროს

მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშების დროს ძირითადად გამოიყენება ორი თეორია: 1) ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების თეორია და 2) საერთო დრეკადი დეფორმაციების თეორია.

1. ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების თეორიის წინაპირობას წარმოადგენს წრფივი დამოკიდებულება წნეკასა და ადგილობრივ ჩაღუნვას (ჯდომას) შორის, ანუ ჩაღუნვას ადგილი აქვს კოჭის მხოლოდ იმ წერტილებში, სადაც მოდებულება დატვირთვა. ეს პირობა ნავეს ცნობილ დიფერენციალურ განტოლებასთან ერთად (კოჭის გაღუნული ღერძის) გამოყენებული იქნა ვინკლერის (1867 წ.) და ციმმერმანის (1888) მიერ.

ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების მეთოდის ძირითად განტოლებას წარმოადგენს:

$$y = \frac{P_x}{C_y} \quad (6.1)$$

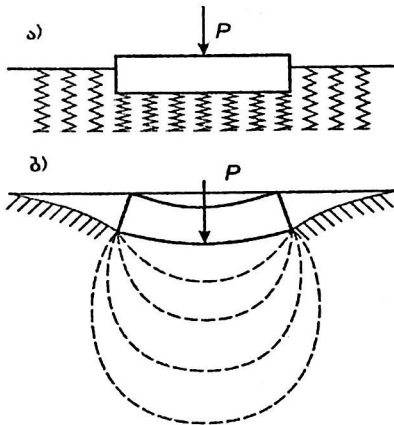
სადაც y - გრუნტის დრეკადი ჩაღუნვაა დატვირთვის მოდების წერტილში;

P_x - წნეკაა საძირკვლის ძირზე;

C_y - ფუძის დრეკადობის კოეფიციენტი, ანუ ეგრეთ წოდებული "დრეკადი საგების" კოეფიციენტი.

ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების მეთოდი არ ითვალისწინებს საერთო დეფორმაციებს დატვირთული ფართობის გარეთ, რაც საშუალებას იძლევა განსახილველი დრეკადი ფუძე წარმოდგენილ იქნას როგორც დრეკადი

ზამბარების მოდელი, რომლებიც ერთმანეთთან არ არიან დაკავშირებული (ნახ. 6.1)



ნახ. 6.1. გრუნტის ზედაპირის დეფორმაციები:

- ა) ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების თეორიის მიხედვით;
- ბ) საერთო დრეკადი დეფორმაციების თეორიის მიხედვით.

მართლაც (6.1) ფორმულის მიხედვით იმ ადგილებში, სადაც არაა მოდებული გარე დატვირთვა, ე. ი. $p_x = 0$, დრეკადი ჩალუნვა ნულის ტოლი იქნება. ამასთან ერთად, უშუალო დაკვირვებით დადგენილია, რომ კოჭის ჩალუნვას ადგილი აქვს არა მხოლოდ გრუნტის იმ წერტილებში, სადაც უშუალოდ მოდებულია დატვირთვები, არამედ გრუნტის გვერდით წერტილებშიც (ნახ. 6.1 ბ) ე.ი. ადგილი აქვს არა მხოლოდ ადგილობრივ დრეკად დეფორმაციებს, არამედ საერთოსაც, რომელსაც ეს მეთოდი ვერ ითვალისწინებს.

(6.1) განტოლება შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$p_x = C_y \cdot y$$

$$(6.2)$$

რაც საშუალებას იძლევა საერთო დრეკადი დეფორმაციების ძირითადი დებულება შემდეგნაირად ჩამოყალიბდეს: წნევა დრეკადი ფუძის ნებისმიერ წერტილში პირდაპირპროპორციულია ადგილობრივი დრეკადი ჩაღუნვის იმავე წერტილში.

პროპორციულობის კოეფიციენტს $\gamma = \frac{P_x}{C_y}$ აქვს განზომილება ნ/სმ³ ან კნ/მ³ და მიიღება გრუნტის მოცემული სახეობისთვის მუდმივად (უცვლელად). ამასთან ერთად, ცდების შედეგები აჩვენებენ, რომ ეს კოეფიციენტი დამოკიდებულია, როგორც გარე დატვირთვის სიდიდეზე, ასევე დატვირთვის გადაცემის ფართობზე F , ამასთან, რაც მეტი იქნება გადაცემული დატვირთვა და საძირკვლის ძირის ფართობი, მით კოეფიციენტი C_y იქნება ნაკლები, რაც აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული.

ო. სავინოვის ფორმულის მიხედვით, რაც დადასტურებულია ცდებით, ფუძის დრეკადობის კოეფიციენტი იანგარიშება ფორმულით:

$$C_y = C_n \left[1 + \frac{2(1+b)}{\Delta F} \right] \sqrt{\frac{P}{P_0}} \quad (6.3)$$

სადაც C_n , ΔF – ფუძის სიხისტის მუდმივებია, C_n იცვლება გრუნტის სახეობის მიხედვით ფარგლებში 5-30 ნ/სმ³, ხოლო სიდიდე Δ მიიღება 1 მ², იმ შემთხვევაში, როდესაც საძირკვლის ძირის ზომები გამოსახულია მეტრებში;

l , b – საძირკვლის ძირის სიგრძე და სიგანეა; $F = l \cdot b$

P – გარე დაწნევის სიდიდეა;

P_0 – გამოსაცდელი შტამპის წნევაა, რომლის დროსაც განისაზღვრება C_n .

ლენტური ხიმინჯოვანი საძირკვლების გაანგარიშების დროს, როცა ცნობილია ლენტური საძირკვლის ფართობი ΔF , ფუძის დრეკადობის კოეფიციენტი (“საგების კოეფიციენტი”) განისაზღვრება შემდეგი მარტივი გამოსახულებით:

$$C_y = \frac{P}{S \cdot \Delta F} \quad (6.4)$$

სადაც S – ხიმინჯის ჯდომაა P დატვირთვის დროს.

ჰველაფერი ზემოთ აღნიშნული ზღუდავს ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების მეთოდის გამოყენების არეს. მხოლოდ სუსტი გრუნტებისთვის შეიძლება არ იქნეს გათვალისწინებული ჯდომები გარეშე ძალების მოდების წერტილების გარეთ. ასე მაგალითად, ინჟინერ კრაშენნიკოვას ხელმძღვანელობით ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ მხოლოდ მაშინ, როცა კუმშვადი შრის სიმძლავრე, რომელიც ეყრდნობა კლდოვან გრუნტებს არის $H < \frac{\ell}{8}$ (სადაც ℓ ლენტური საძირკვლის სიგრძეა) ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების თეორიის დებულებები სრულდება საკმაოდ ზუსტად.

მაგრამ ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების მეთოდი, რომელსაც ემყარება კოჭების და ფილების ანგარიში დრეკად (ვინკლერის) ფუძეზე, გამოიყენება საკმაოდ ხშირად ლენტური საძირკვლების ანგარიშის დროს და იძლევა საკმაოდ უტყუარ შედეგებს. იმ შემთხვევებში, როდესაც ფუძის დრეკადობის კოეფიციენტის შერჩევის დროს მხედველობაში მიიღება გადაცემული დატვირთვის ფართობი და საძირკვლის ძირზე განვითარებული გრუნტის საშუალო წნევა.

ამრიგად, ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების მეთოდი შეიძლება წარმატებით იქნეს გამოყენებული, როდესაც საქმე გვაქვს სუსტ გრუნტებთან ან როცა კუმშვადი შრის სიმძლავრე არის მცირე და ცნობილია გრუნტის დრეკადობის კოეფიციენტის მნიშვნელობა.

2. საერთო დრეკადი დეფორმაციების მეთოდი ემყარება დრეკადობის თეორიის გადაწყვეტილებებს ერთგვაროვანი და იზოტროპული სხეულებისათვის, რომლებიც გარკვეულ

ფარგლებში შეიძლება გამოყენებული იქნეს ნაგებობათა ფუძეებისთვის.

ფუძის დეფორმაციების ძირითად განტოლებებს ამ მეთოდის დროს აქვთ სახე:

ბრტყელი ამოცანის დროს (ფლამანის ფორმულა):

$$y = \frac{P}{\pi \cdot c} \ln(x - x_0) + D \quad (6.5)$$

ხოლო სივრცითი ამოცანის დროს (ბუსინესკის ფორმულა)

$$y = \frac{P}{\pi \cdot C \cdot R} \quad (6.6)$$

სადაც y – დრეკადი ნახევარსიბრტყის ან დრეკადი ნახევარსივრცის ჯდომბა;

P – შეყურსული ძალა.

$C = \frac{E}{1-\mu^2}$ – დრეკადი ნახევარსივრცის დეფორმირებადობის კოეფიციენტი.

(E დრეკადობის მოდულია, μ – პუასონის კოეფიციენტი);

R, X – მანძილებია განსახილველ წერტილებამდე;

D – გაინტეგრალების მუდმივა.

საერთო დრეკადი დეფორმაციების მეთოდს ავრცელებენ წრფივად-დეფორმირებად ნახევარსივრცეზეც, ამ შემთხვევაში:

$$C_0 = \frac{E_0}{1-\mu_0^2} \quad (6.7)$$

სადაც E_0 – საერთო დეფორმაციის მოდულია (როგორც დრეკადი ასევე არადრეკადი);

μ_0 – პუასონის კოეფიციენტი.

დრეკადობის თეორიის დებულებების გამოყენება გრუნტებისთვის შეიძლება მხოლოდ გარკვეული შეზღუდვებით, რომლებიც გრუნტებში ითვალისწინებენ მხოლოდ მკუმშავ ძაბვებს. ძვრის დეფორმაციების გათვალისწინება განაპირობებს საერთო დრეკადი დეფორმაციების მეთოდის გამოყენებას მხოლოდ მკვრივ და მყარ გრუნტებში.

სასაზღვრო პირობების მიხედვით (ძირითადად მკუმშავი ფენის სიმძლავრის და კლდოვანი ქანების სიღრმის) საძირკვლების გაანგარიშებების დროს საერთო დეფორმაციების მეთოდით, შეიძლება მიღებულ იქნას გადაწყვეტილებები, რომლებიც მიეკუთვნება როგორც ერთგვაროვან დეფორმირებად ნახევარსივრცეს, ასევე შეზღუდული სისქის გრუნტის ფენას, რომელიც ეყრდნობა უკუმშვად (კლდოვან) ფუძეს.

§6.2 ადგილობრივ დრეკად ფუძეზე მდებარე საძირკვლის კოჭების ანგარიში

საძირკვლის კოჭების ჩაღუნვის განტოლება, რომლებიც ეყრდნობიან დრეკად (ან წრფივად დეფორმირებად) ფუძეს ადგილობრივი დეფორმაციების თეორიის მიხედვით, მიიღება საძირკვლის კოჭის და დრეკადი ფუძის ერთობლივი მუშაობის პირობიდან. როგორც ცნობილია, გაღუნული კოჭის ღერძის განტოლებას აქვს სახე:

$$EI \cdot \frac{d^2y}{dx^2} = -M_x \quad (6.8)$$

სადაც EI – საძირკვლის კოჭის სიხისტეა.

M_x – გარე ძალების მოქმედებით გამოწვეული მღუნავი მომენტი.

თუ გავადიფერენციალებთ (6.8) განტოლებას, მივიღებთ გადაამკრელი ძალის Q_x მნიშვნელობას:

$$EI \frac{d^3y}{dx^3} = -Q_x \quad (6.9)$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ $\frac{dQ_x}{dx} = P_x$, ხოლო $P_x = C_y \cdot y$, მივიღებთ

$$EI \frac{d^4y}{dx^4} = -C_y \cdot y \quad (6.10)$$

ეს არის დრეკად ფუძეზე მდებარე კოჭის გაღუნვის ცნობილი დიფერენციალური განტოლება ადგილობრივი დრეკადი დეფორმაციების თეორიის მიხედვით.

(6.10) დიფერენციალური განტოლების ამონახსნი, როგორც ცნობილია უმაღლესი მათემატიკიდან, შეიძლება წარმოდგენილი იყოს შემდეგი სახით:

$$y = e^{\alpha x}(C_1 \cos \alpha x + C_2 \sin \alpha x) + e^{-\alpha x}(C_3 \cos \alpha x + C_4 \sin \alpha x) \quad (6.11)$$

სადაც X – სიგრძის კოორდინატია;

y – კოჭის ჩაღუნვა;

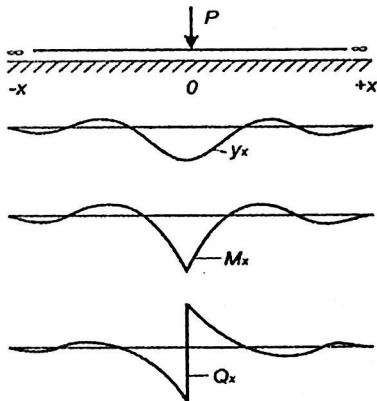
$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{C_y \cdot b}{4EI}} \quad (1/მ); \quad (6.12)$$

C_1, C_2, C_3, C_4 – ინტეგრირების მუდმივებია, რომლებიც განისაზღვრებიან ჩაღუნვის საწყისი პირობებიდან.

ვინაიდან მოქნილი საძირკვლების დაპროექტების დროს დრეკად ფუძეზე მდებარე კოჭების განგარიშება გამოიყენება ძირითადად ლენტური საძირკვლებისთვის, ამიტომ განვიხილოთ უფრო დაწვრილებით დრეკად ფუძეზე მდებარე

უსასრულოდ გრძელი და ნახევრად უსასრულო კოჭების გაღუნვები [19].

უსასრულოდ გრძელი კოჭი დატვირთული შეყურსული დატვირთვით P .



ნახ. 6.2. უსასრულოდ გრძელი კოჭის ჩაღუნვების y_x , მღუნავი მომენტების M_x და გადამჭრელი ძალების ეპიურების სკემები

განესაზღვროთ ინტეგრირების მუდმივები ჩაღუნვის საწყისი პირობებიდან გამომდინარე, როცა $X = \infty$ და $X = 0$. ჩავესვათ (6.11) განტოლებაში $X = \infty$. ცხადია, რომ ძალის მოდების წერტილიდან დიდად დაშორების შემთხვევაში კოჭის ჩაღუნვა იქნება ნულის ტოლი, ე. ი. იმისთვის, რომ დავაკმაყოფილოთ ეს პირობა, უნდა დავუშვათ, რომ $C_1 = C_2 = 0$.

მაშინ უსასრულოდ გრძელი კოჭის ჩაღუნვას ექნება უფრო მარტივი გამოსახულება, კერძოდ:

$$y = \ell^{-\alpha x} (C_3 \cos \alpha x + C_4 \sin \alpha x) \quad (6.13)$$

P ძალის მოდების წერტილში, ე.ი. როცა $X = 0$, სიმეტრიის გამო მობრუნების კუთხე იქნება ნულის ტოლი, ე.ი. $\frac{dy}{dx} = y' = 0$. გავაწარმოთ (6.13) გამოსახულება

$$y' = -[\ell^{-\alpha x}(C_3 \cos \alpha x + C_4 \sin \alpha x + C_3 \sin \alpha x - C_4 \cos \alpha x)] \quad (6.14)$$

როცა $X = 0$, $y' = 0$ ამიტომ

$$C_3 = C_4$$

აღვნიშნოთ: $C_3 = C_4 = C$ მაშინ მივიღებთ, რომ კოჭის ჩაღუნვა:

$$y = \ell^{-\alpha x} C (\cos \alpha x + \sin \alpha x) \quad (6.15)$$

იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ C მუდმივა, ვისარგებოთ პირობით, რომ შეეყურსული ძალის მოდების წერტილში, ე.ი., როცა $X = 0$, გადამჭრელი ძალა $Q_x = -\frac{P}{2}$. ვინაიდან $EI y''' = -Q_x$, ამიტომ (6.15) განტოლების თანმიმდევრული გაწარმოებით გვექნება:

$$\left. \begin{aligned} y' &= -2C \alpha \ell^{-\alpha x} \sin \alpha x \\ y'' &= 2C \alpha^2 \ell^{-\alpha x} (\sin \alpha x - \cos \alpha x) \\ y''' &= -4C \alpha^3 \ell^{-\alpha x} \cos \alpha x \end{aligned} \right\} \quad (6.16)$$

როცა $X = 0$ მივიღებთ

$$EI \cdot C \alpha^3 = \frac{P}{2} \quad (6.17)$$

$$\text{აქედან } C = \frac{P}{8EI\alpha^3} \quad (6.18)$$

საბოლოოდ, დრეკად ფუქეზე მდებარე უსასრულოდ გრძელი კოჭისთვის, ადგილობრივი დეფორმაციების თეორიის მიხედვით გვექნება:

კოჭის ჩაღუნვა:

$$y = \frac{P}{8EI\alpha^3} \ell^{-\alpha x} (\cos \alpha x + \sin \alpha x) \quad (6.19)$$

მღუნავი მომენტი:

$$M_x = -EIy'' = \frac{P}{4\alpha} \cdot \ell^{-\alpha x} (\sin \alpha x - \cos \alpha x) \quad (6.20)$$

გადამჭრელი ძალა:

$$Q_x = -EIy''' = \frac{P}{2} \cdot \ell^{-\alpha x} \cos \alpha x \quad (6.21)$$

ან თუ აღვნიშნავთ:

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_1 &= \ell^{-\alpha x} (\cos \alpha x + \sin \alpha x) \\ \epsilon_2 &= \ell^{-\alpha x} (\sin \alpha x - \cos \alpha x) \\ \epsilon_3 &= \ell^{-\alpha x} \cos \alpha x \end{aligned} \right\} \quad (6.22)$$

საბოლოოდ მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} y_x &= \frac{P}{8\alpha^3 EI} \epsilon_1 \\ M_x &= -\frac{P}{4\alpha} \epsilon_2 \\ Q_x &= \frac{P}{2} \epsilon_3 \end{aligned} \right\} \quad (6.23)$$

ანგარიშების გამარტივების მიზნით №6.1 ცხრილში მოყვანილია $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ მნიშვნელობები, ხოლო ნახ. 6.2 სქემატურად გამოსახულია ცვლილებები კოჭის სიგრძეზე: ჩაღუნვების y_x , მღუნავი მომენტების M_x და გადამჭრელი ძალების Q_x ექვიურების.

ცხრილი №6.1

**€-ს მნიშვნელობები უსასრულოდ გრძელი საძირკვლის
კოჭების გაანგარიშებისთვის**

ax	€ ₁	€ ₂	€ ₃	€ ₄	ax	€ ₁	€ ₂	€ ₃	€ ₄
0,0	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	3,6	-0,03659	-0,01241	-0,0245	-0,01209
0,1	0,9907	0,8100	0,9004	0,0903	3,7	-0,03407	-0,00787	-0,0210	-0,01310
0,2	0,9651	0,6398	0,8024	0,1627	3,8	-0,03138	-0,00401	-0,0177	-0,01369
0,3	0,9267	0,4888	0,7078	0,2189	3,9	-0,02862	-0,00077	-0,0147	-0,01392
0,4	0,8784	0,3564	0,6174	0,2610	4,0	-0,02583	-0,00189	-0,01197	-0,01386
0,5	0,8231	0,2415	0,5323	0,2908	4,1	-0,02309	0,00403	0,00955	-0,01356
0,6	0,7628	0,1431	0,4530	0,3099	4,2	-0,02042	0,00572	0,00735	-0,01307
0,7	0,6997	-0,0599	0,3798	0,3199	4,3	-0,01787	0,00699	0,00545	-0,01243
0,8	0,6354	-0,0093	0,3130	0,3223	4,4	-0,01546	0,00791	0,00380	-0,01168
0,9	0,5712	-0,0657	0,2528	0,3185	4,5	-0,01320	0,00852	0,235	-0,01086
1,0	0,5083	-0,1108	0,1988	0,3096	4,6	-0,01112	0,00886	0,00110	-0,00999
1,1	0,4476	-0,1457	0,1510	0,2967	4,7	-0,00921	0,00898	0,0002	-0,00909
1,2	0,3899	-0,1716	0,1092	0,2807	4,8	-0,00748	0,00892	0,0007	-0,00820
1,3	0,3355	-0,1897	0,0729	0,2626	4,9	-0,00593	0,00870	0,0009	-0,00732
1,4	0,2849	-0,2011	0,0419	0,2430	5,0	-0,00455	0,00837	0,0020	-0,00646
1,5	0,2384	-0,2068	0,0158	0,2226	5,1	-0,00334	-0,00795	0,00235	-0,00564
1,6	0,1959	-0,2077	-0,0059	0,2018	5,2	-0,00229	-0,00746	0,00260	-0,00487
1,7	0,1576	-0,2047	-0,0236	0,1812	5,3	-0,00139	-0,00692	0,00275	-0,00415
1,8	0,1234	1985	-0,0376	0,1010	5,4	-0,00063	-0,00636	0,0029	003449
1,9	0,0932	-0,1899	-0,0484	0,1415	5,5	0,00001	0,00578	0,0029	-0,00288
2,0	0,0667	-0,1794	-0,0564	0,1231	5,6	0,00053	0,00520	0,0029	-0,00233
2,1	0,0439	-0,1675	-0,0618	0,1057	5,7	0,00095	0,00464	0,0028	-0,00184
2,2	0,0244	-0,1548	-0,0652	0,0896	5,8	0,00127	0,00409	0,0027	-0,00141
2,3	0,0080	-0,1416	-0,0668	0,0748	5,9	0,00152	0,00356	0,00255	-0,00102
2,4	-0,0056	-0,1282	-0,0669	0,0613	6,0	0,00168	0,00307	0,0024	-0,00069
2,5	-0,0166	-0,1149	-0,0658	0,0491	6,1	0,00180	0,00261	0,0022	-0,00041
2,6	-0,0254	-0,1019	-0,0636	0,0383	6,2	0,00185	0,00219	0,0020	-0,00017
2,7	-0,0320	-0,0895	-0,0608	0,0287	6,3	0,00187	0,00181	0,00185	0,00003
2,8	-0,0369	-0,0777	-0,0573	0,0204	6,4	0,00184	0,00146	0,00165	0,00019
2,9	-0,0403	-0,06666	-0,0535	0,01330	6,5	0,00179	0,00115	0,00150	0,00032
3,0	-0,04226	-0,0563	-0,0493	0,00703	6,6	0,00172	0,00087	0,0013	0,00042
3,1	-0,04314	-0,0468	-0,0450	0,00787	6,7	0,00162	0,00063	0,0012	0,00050
3,2	-0,04307	-0,03831	-0,0407	0,00238	6,8	0,00152	0,00042	0,00095	0,00055
3,3	-0,04224	-0,03060	-0,0364	0,00582	6,9	0,00141	0,00024	0,0008	0,00058
3,4	-0,04079	-0,02374	-0,0322	0,00853	7,0	0,00129	0,0009	0,0007	0,00060
3,5	-0,03887	0,01769	0,0283	0,01059					

ჩაღუნვის და მღუნავი მომენტის მაქსიმალური მნიშვნელობა იქნება ტვირთის ქვემოთ ე.ი. როცა $X = 0$. თუ მხედველობაში მივიღებთ იმ გარემოებას, რომ (6.12) გამოსახულების მიხედვით:

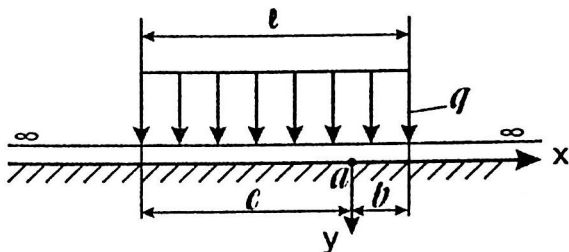
$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{C_y b}{4EI}}$$

$$\text{მივიღებთ } y = \frac{P}{8\alpha^3 EI} = \frac{P \cdot \alpha}{2C_y b} \quad (6.24)$$

$$\text{ზუსტად ასევე } M_x = \frac{P}{4\alpha} \quad (6.25)$$

უსასრულოდ გრძელი l კოჭის რომელიმე უბანზე თანაბრად განაწილებული დატვირთვისთვის, ნებისმიერი a წერტილისათვის (ნახ. 6.3) ჩაღუნვების განტოლებებს მივიღებთ, თუ გავაინტეგრალბთ ჩაღუნვების განტოლებებს. ფორმულა (6.19) 0-დან b -ე და 0-დან c -ე, მაშინ

$$y = \frac{q}{2C_y} (2 - e^{-\alpha b} \cdot \cos \alpha b - e^{-\alpha c} \cdot \cos \alpha c) \quad (6.26)$$



ნახ. 6.3. l უბანზე თანაბრად განაწილებული დატვირთვით დატვირთული უსასრულოდ გრძელი კოჭის სქემა

ნახევრადუსასრულო კოჭისთვის (ნახ. 6.4) დატვირთული ბოლოში შეყურსული ძალით P და შეყურსული მომენტი M_0 მივიღებთ:

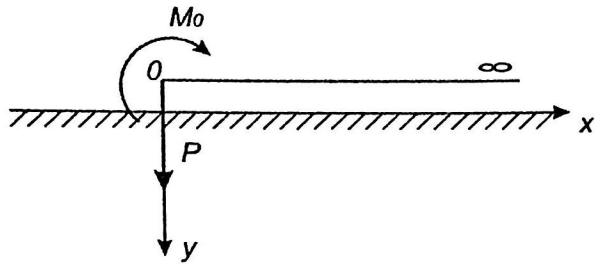
$$y = \frac{e^{-\alpha x}}{2\alpha^3 EI} [(P \cos \alpha x - \alpha M_0 (\cos \alpha x - \sin \alpha x))] \quad (6.27)$$

ან თუ მხედველობაში მივიღებთ (6.22) აღნიშვნებს, გვექნება

$$y = \frac{1}{2\alpha^3 EI} (P\epsilon_3 + M_0 \alpha \epsilon_2) \quad (6.28)$$

მაქსიმალური ჩაღუნვა იქნება შეყურსული ძალის ქვემოთ (როცა $X = 0$) და ტოლი იქნება:

$$y = \frac{1}{2\alpha^3 EI} (P - \alpha M_0) \quad (6.29)$$



ნახ. 6.4. ნახევრადუსასრულო კოჭის სქემა, დატვირთული ბოლოში შეყურსული ძალით P და შეყურსული მომენტით M_0

§6.3. წრფივად დეფორმირებად ნახევარსივრცეზე მდებარე საძირკვლის კოჭების და ფილების ანგარიში

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მოქნილი საძირკვლების მუშაობა უნდა იქნეს განხილული ფუძე-გრუნტის მუშაობასთან ერთად, როგორც ერთგვაროვანი დრეკადი ნახევარსივრცე, რომლის თვისებები აღიწერება დრეკადობის თეორიის განტოლებებით და წრფივად დეფორმირებადობის პრინციპით.

1. უსასრულოდ გრძელი ზოლების ცენტრალურად დატვირთვის შემთხვევაში რეაქციული წნევები P_x განისაზღვრებიან გამოსახულებით:

$$P_x = \frac{2q_m}{\pi\sqrt{1-\epsilon^2}} \quad (6.30)$$

სადაც q - საძირკვლის ძირის ერთეულ ფართობზე მოქმედი საშუალო წნევაა;

ϵ - ფარდობითი კოორდინატია: $\epsilon = \frac{x}{r}$; l - დატვირთული ფართობის მალის ნახევარია. (6.30) გამოსახულების თანმიმდევრობით ინტეგრირება საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ გამოსახულება გადამჭრელი ძალის Q_x და მღუნავი მომენტის M_x განსაზღვრისთვის:

$$Q_x = q_m \cdot b \cdot l \left(\frac{2}{\pi} \arcsin \epsilon - \epsilon \right); \quad (6.31)$$

$$M_x = q_m \cdot b \cdot l^2 \left[\frac{2}{\pi} (\epsilon \arcsin \epsilon + \sqrt{1-\epsilon^2}) - \frac{1+\epsilon^2}{2} \right] \quad (6.32)$$

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ხისტი საძირკვლების ძირზე დრეკადობის თეორიის განტოლებების გამოყენება ყოველთვის იძლევა რეაქციული წნევების უნაგირისებურ განაწი-

ლებას, რომლებსაც კოჭის ბოლოებში აქვთ თეორიულად უსასრულო მნიშვნელობები, რაც, თავის მხრივ, იწვევს მღუნავი მომენტების გაზრდილ მნიშვნელობებს, რომელიც აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული.

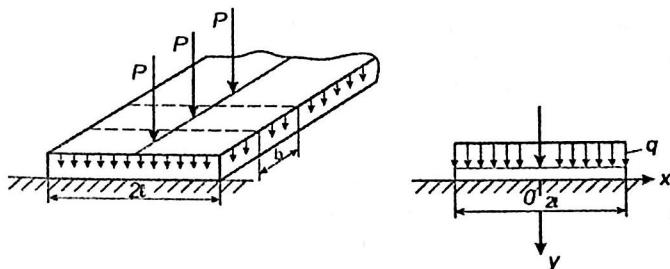
2. სასრული სიხისტის მოქნილი ზოლები წრფივად დეფორმირებად ნახევარსივრცეზე გაიანგარიშება: მ. ი. გორბუნოვ-პოსადოვის [6] და ი. ა. სიმეულიდის [15] მეთოდების მიხედვით, რომლებმაც შექმნეს ცხრილური გადაწყვეტილებების მნიშვნელოვანი რაოდენობა, აგრეთვე ბ. ნ. უემონკინის [24] პრაქტიკული მეთოდის მიხედვით, რომელიც გრუნტის რეაქციას ღებულობს საფეხუროვანს.

უნდა აღინიშნოს, რომ მ. გორბუნოვ-პოსადოვის ცხრილუბით გაანგარიშებული მღუნავი მომენტები იძლევიან დაახლოებით 5-10% გაზრდილ მნიშვნელობებს კოჭების ბოლოებში.

ი. სიმეულიდის მეთოდს, რომლის მიხედვით, გრუნტის რეაქცია მოცემულია მესამე ხარისხის ალგებრული ფუნქციით, ავტორის მიერ შედგენილი მრავალრცხოვანი დამხმარე ცხრილების გამოყენებით, აქვს ფართო გამოყენება საინჟინრო პრაქტიკაში.

ბ. უემონკინის მეთოდს თავისი უნივერსალურობის გამო, აქვს აგრეთვე ფართო პრაქტიკული გამოყენება.

მ. გორბუნოვ-პოსადოვის მეთოდი მდგომარეობს ერთობლივ გადაწყვეტაში საძირკვლის კოჭის ჩაღუნვის დიფერენციალური განტოლებების და ფუძე-გრუნტის დეფორმაციების, როგორც წრფივად დეფორმირებადი ნახევარსივრცის განტოლებების. განვიხილოთ მხოლოდ ბრტყელი ამოცანა: დიდი სიგრძის საძირკვლის ზოლი ნახაზის სიბრტყის მართობი მიმართულებით (ნახ. 6.5) თუ ამოვჭრით მასში კოჭს სიგანით b , რომელიც დატვირთულია ისევე, როგორც მეზობელი ზოლები.



ნახ. 6.5 ბრტყელი საძირკვლის კოჭის სქემა

აღვნიშნოთ კოჭის სიგრძე $2l$ -ით, სიგანით – b და კოორდინატთა სათავე მოვათავსოთ კოჭის შუაში. მაშინ ზოლის ჩაღუნვის დიფერენციალურ განტოლებას დაყვანილი აბსცისებით ($\epsilon = \frac{x}{l}$) ექნება შემდეგი სახე:

$$\frac{EI}{(\alpha - \mu^2)b \cdot l^4} \cdot \frac{d^4 y}{d\epsilon^4} = q(\epsilon) - P(\epsilon) \quad (6.33)$$

სადაც $\frac{EI}{(1 - \mu^2)b} = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}$ – ზოლის ცილინდრული სიხისტეა, კნ.მ;

y – კოჭის ჩაღუნვა;

$P(\epsilon)$ – გრუნტის რეაქტიული წნევა;

$q(\epsilon)$ – თანაბრადგანაწილებული გარე დატვირთვა.

მეორე განტოლება იქნება თანაბრადგანაწილებული $q(\epsilon)$ დატვირთვით გამოწვეული წრფივად დეფორმირებადი ნახევარსივრცის ჯდომის განსაზღვრის გამოსახულება, რომელსაც ფლამანის ფორმულის მიხედვით ექნება შემდეგი სახე:

$$S(\epsilon) = \frac{2(1 - \mu_0^2)}{\pi \cdot E_0} \int_{-(1+\epsilon)}^{(1-\epsilon)} q(\epsilon) \ln(\epsilon - \epsilon_0) d\epsilon_0 + D \quad (6.34)$$

მ. გორბუნოვ-პოსადოვი [6] დებულობს გრუნტის რეაქტიული წნევების განაწილებას $P(\epsilon)$ n ხარისხის ალგებრული პოლინომის სახით:

$$P(\epsilon) = a_0 + a_1(\epsilon) + a_2(\epsilon)^2 + a_3(\epsilon)^3 + \dots + a_n(\epsilon)^n \quad (6.35)$$

სადაც $\epsilon = \frac{x}{L}$ ფარდობითი კოორდინატია; კოეფიციენტი a_i – განისაზღვრება კონსტრუქციის წონასწორობის და კოჭისა და ფუძის ერთობლივი მუშაობის პირობებიდან. $P(\epsilon)$ მნიშვნელობას განსაზღვრულს (6.35) ფორმულის მიხედვით სვამენ (6.33) და (6.34) განტოლებებში და მათი ინტეგრირების შედეგად განსაზღვრავენ $y(\epsilon)$ და $S(\epsilon)$ სიდიდეებს, რომლებსაც აგრეთვე გამოსახავენ n ხარისხის პოლინომის სახით, კერძოდ:

$$y(\epsilon) = A_0 + A_1\epsilon + A_2\epsilon^2 + A_3\epsilon^3 + \dots + A_n\epsilon^n \quad (6.36)$$

$$S(\epsilon) = B_0 + B_1\epsilon + B_2\epsilon^2 + B_3\epsilon^3 + \dots + B_n\epsilon^n \quad (6.37)$$

A_1 და B_1 კოეფიციენტები განისაზღვრებიან a_1 სიდიდეების რომელიღაც ფუნქციებით:

$$A_1 = f_1(a_1)$$

$$B_1 = f_2(a_1)$$

ვინაიდან საძირკვლის კოჭის ჩაღუნვა ნებისმიერ წერტილში ტოლი უნდა იყოს იმავე წერტილში გრუნტის ჯდომის, ამიტომ, იმისათვის, რომ დაკმაყოფილებული იყოს ეს პირობა, აუცილებელია დაცული იყოს შემდეგი კოეფიციენტების ტოლობა:

$$\left. \begin{array}{l} A_0 = B_0 \\ A_1 = B_1 \\ A_2 = B_2 \\ \dots \dots \dots \\ A_n = B_n \end{array} \right\} \quad (6.38)$$

თუ დავუმატებთ ამ განტოლებებს წონასწორობის ორ განტოლებას და თუ ამოვხსნით მიღებული განტოლებების სისტემას a_1 კოეფიციენტების მიმართ, მივიღებთ (6.35) რეაქტიული წნევების მნიშვნელობებს $P(\epsilon)$.

მ. გორბუნოვ-პოსადოვის მიერ მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილებში გრუნტის რეაქციების P_x , გადამჭრელი ძალების Q_x და მღუნავი მომენტების M_x მნიშვნელობების სახით. ამასთან მათი ამოხსნის დროს მიღებულია მეთაე ხარისხის პოლინომი მოქნილობის მაჩვენებლის Γ -ს სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის (იხ. ფორმულა 4.72).

მთლიანი საძირკვლის ფილების ანგარიში მ. გორბუნოვ-პოსადოვის მეთოდის მიხედვით ემყარება ზემოთ აღწერილ წინაპირობებს, მხოლოდ უფრო გაზრდილი საერთო დეფორმაციის მოდულით, რაც იმით შეიძლება აიხსნას, რომ ფუძეზე საძირკვლის ფილებით დატვირთვის გადაცემის დროს მუშაობაში ერთვებიან გრუნტების დიდი მასები, რომლებიც დიდ სიღრმეზე არიან განლაგებული და ამ დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ამ გრუნტების მცირე კუმშვალობას.

უსაზღვრო ზომების ფილების ჩაღუნვის ამოცანის გადაწყვეტის საფუძველზე ო. შეხტერის მიერ, შეყურსული ძალის მოქმედების დროს მ. გორბუნოვ-პოსადოვმა შეადგინა დაწვრილებითი ცხრილები ასეთი ფილების ანგარიშისთვის.

ი. სიმეულიდის მეთოდი ემყარება დრეკადობის თეორიის ბრტყელი ამოცანის (ბრტყელი დეფორმაცია) განტოლებებს და გამოიყენება კოჭების, ფილების, ჩარჩოების ანგარიშისთვის. გრუნტი კოჭს ქვემოთ განიხილება, როგორც ერთგვაროვანი, დრეკადი, შეუზღუდავი ნახევარსივრცე, რომელიც

ხასიათდება დეფორმაციის მოდულითა და პუასონის კოეფიციენტით.

ი. სიმკვლედიის მეთოდი გამოიყენება ფუძის რეაქციების განსაზღვრისთვის, ხოლო მათი და სტატიკის განტოლებების მიხედვით მდუნავი მომენტების და გადამტრული ძალების განსაზღვრისათვის წრფივად დეფორმირებად ნახევარსივრცეზე მდებარე დატვირთული კოჭის ნებისმიერ კვეთში. გრუნტის რეაქცია მოცემულია შემდეგი ალგებრული ფუნქციით:

$$P(x) = a_0 + 2a_1 \left(x - \frac{L}{2}\right) + 4a_2 \left(x - \frac{L}{2}\right)^2 + 8a_3 \left(x - \frac{L}{2}\right)^3 \quad (6.40)$$

სადაც L - კოჭის სიგრძეა.

a_i - უცნობი პარამეტრებია, რომლებიც დამოკიდებულია კოჭის სიხისტეზე EI -ზე, მის სიგრძეზე L -ზე, დრეკადი ფუძის დეფორმაციის მოდელზე E_0 , დატვირთვის ხასიათსა და მის მდებარეობაზე. X - სიგრძის კოორდინატია. ამასთან კოორდინატის სათავედ მიღებულია კოჭის მარცხენა ბოლო.

თუ შევიტანთ (6.40)-ს (6.10)-ში და გავაინტეგრალებთ 4-ჯერ, მივიღებთ კოჭის ნეიტრალური ღერძის განტოლებას, რომელშიც შევა 8 უცნობი:

a_0, a_1, a_2, a_3 - ოთხი პარამეტრი.

D_0, D_1, D_2, D_3 - ოთხი გაინტეგრალების მუდმივა, რომელთა განსაზღვრისათვის საჭიროა რვა დამატებითი განტოლება.

ორი განტოლება გამოხატავს კოჭის წონასწორობის პირობებს:

$$\sum Z = 0 \quad \text{და} \quad \sum M_c = 0$$

ორი განტოლება გამოხატავს სასაზღვრო პირობებს:

$$X = 0 \quad y'' = 0$$

$$X = L \quad y'' = 0$$

ოთხი განტოლება გამოხატავს კოჭის ფუქესთან კონტაქტის პირობებს [15]. რვა განტოლებათა სისტემის ამოხსნის შედეგად, რომელიც შეიცავს რვა უცნობს, ი. სიმუვლიდმა მიიღო საკმაოდ მარტივი გამოსახულება a_0, a_1, a_2 და a_3 უცნობი პარამეტრების განსაზღვრისთვის.

მოვიყვანოთ ი. სიმუვლიდის საანგარიშო ფორმულები იმ შემთხვევებისთვის, რომლებიც ხშირად გვხვდება საინჟინრო პრაქტიკაში [15].

1. კოჭის მთელ სიგრძეზე მოქმედებს თანაბრადგანაწილებული დატვირთვა. (6.40) ფორმულის პარამეტრებს ამ შემთხვევაში ექნებათ სახე:

$$\left. \begin{aligned} a_0 &= \frac{8252+29\alpha}{13440+29\alpha} \cdot q \\ a_2 &= \frac{5188}{13440+29\alpha} \cdot q \end{aligned} \right\} \quad (6.41)$$

$$a_1 = a_3 = 0$$

სადაც α — მოქნილობის მაჩვენებელია, რომელიც ი. სიმუვლიდის მიხედვით განისაზღვრება ფორმულით:

$$\alpha = \frac{1-\mu^2}{1-\mu_0^2} \cdot \frac{\pi E_0 b L^3}{EI} \approx \frac{\pi E_0 L^3}{EI} \quad (6.42)$$

სადაც b — კოჭის სიგანეა, რომელიც ერთის ტოლია. ამ შემთხვევაში გრუნტის წნევა საძირკვლის კოჭზე განისაზღვრება ფორმულით:

$$P_x = a_0 + \frac{4a^2}{L^2} (x - \frac{L}{2})^2 \quad (6.43)$$

გადამტრელი ძალა:

$$Q_x = \frac{2a_2x}{3L^2}(x-L) \cdot (2x-L) \quad (6.44)$$

მღუნავი მომენტი:

$$M_x = \frac{a_2x^2}{3L^2}(x-L)^3 \quad (6.45)$$

თავის ნაშრომში [15] ი. სიმეულიდს მოჰყავს სანგარიშო ფორმულები კოჭის ნებისმიერ მონაკვეთზე თანაბრად განაწილებული დატვირთვით დატვირთული საძირკვლის კოჭისთვის.

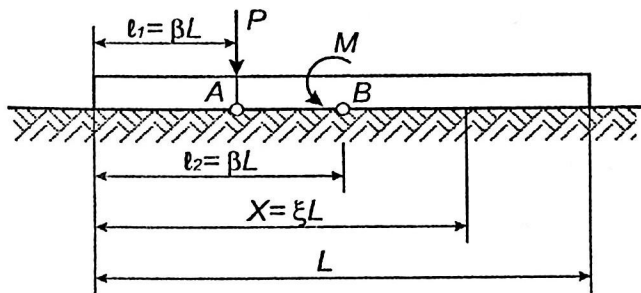
2. კოჭის შუაში მოქმედებს შეყურსული ძალა P . ამ შემთხვევაში პარამეტრებს ექნებათ სახე:

$$\left. \begin{aligned} a_0 &= \frac{8252+71\alpha}{13440+29\alpha} \cdot \frac{P}{L} \\ a_2 &= \frac{5188-42\alpha}{13440+29\alpha} \cdot \frac{P}{L} \\ a_1 &= a_3 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (6.46)$$

თუ შევიტანთ $a_1 = a_3 = 0$ (6.40) გამოსახულებაში მივიღებთ გრუნტის რეაქციული წნევის განსაზღვრის ფორმულას:

$$P_x = a_0 + \frac{4a^2}{L^2} \left(x - \frac{L}{2}\right)^2 \quad (6.47)$$

შედარებით უფრო რთულ შემთხვევებში, მაგალითად, როცა შეყურსული ძალა და შეყურსული მომენტი განლაგებულია კოჭის ნებისმიერ ადგილას (ნახ. 6.6)



ნახ. 6.6. საპირკველზე დატვირთვების სქემა

საანგარიშო ფორმულები იქნება უფრო რთული, თუმცა პრაქტიკული გაანგარიშებისთვის ი. სიმუხლიდის მიერ შედგენილია მრავალრიცხოვანი ცხრილები, რომლებიც გაცილებით ამარტივებენ ანგარიშს.

3. კოჭის ნებისმიერ ადგილას განლაგებული შეყურსული ძალების მოქმედება, ამ შემთხვევაში (ნახ. 6.6) საანგარიშო ფორმულები დებულობენ სახეს:

შეყურსული ძალის მოქმედების შემთხვევაში:

$$\left. \begin{aligned} P_x &= \bar{P} \cdot \frac{P}{b \cdot L} \\ Q_x &= \bar{Q} P \\ M_x &= \bar{M} P \cdot L \end{aligned} \right\} \quad (6.50)$$

შეყურსული მომენტის მოქმედების შემთხვევაში:

$$\left. \begin{aligned} P_x &= \bar{P} \cdot \frac{M}{b \cdot L^2} \\ Q_x &= \bar{Q} \frac{M}{L} \\ M_x &= \bar{M} \cdot M \end{aligned} \right\} \quad (6.51)$$

თანაბრადგანაწილებული დატვირთვის q -ს მოქმედების შემთხვევაში:

$$\left. \begin{aligned} P_x &= \bar{P} \cdot q \\ Q_x &= \bar{Q} \cdot b \cdot L \cdot q \\ M_x &= \bar{M} b L^2 q \end{aligned} \right\} \quad (6.52)$$

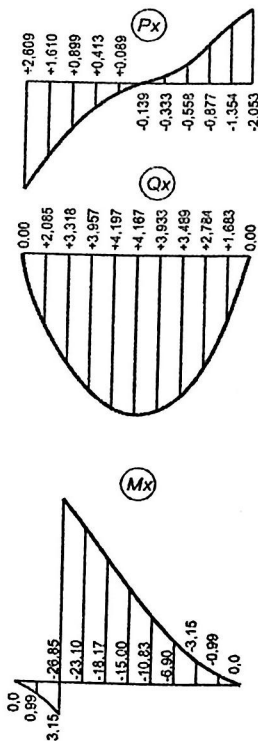
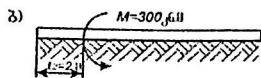
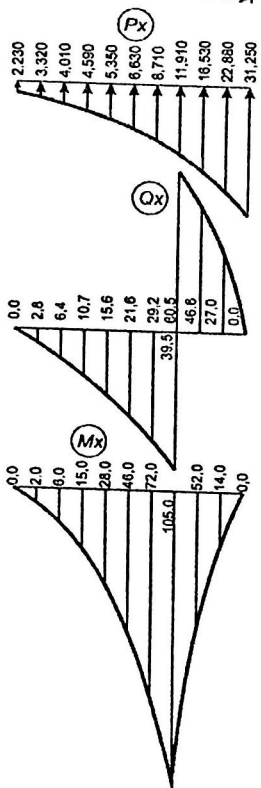
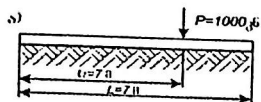
უგანზომილებო სიდიდეების მნიშვნელობები \bar{P} , \bar{Q} და \bar{M} მოცემულია ი. სიმგულიდის ცხრილებში კოჭის მოქნილობის α , $\beta = \frac{f}{L}$ და $\epsilon = \frac{x}{L}$ - სიდიდეების მიხედვით.

მაგალითის სახით ნახ. 6.8ა მოცემულია P_x , Q_x და M_x ეპიურები კოჭისთვის სიგრძით $L = 10$ მ, რომელიც კოჭის მარცხენა ბოლოდან $l = 7$ მ-ზე დატვირთულია $P = 1000$ კნ შეყურსული დატვირთვით, ხოლო ნახ 6.8ბ შეყურსული მომენტით - $M = 300$ კნ.მ, რომელიც მოქმედებს კოჭის მარცხენა ბოლოდან $l = 2$ მ მანძილზე როდესაც კოჭის მოქნილობა $\alpha = 25$ (მაგალითი მოყვანილია ი. სიმგულიდის წიგნიდან [15]).

ბ. ჟემონკინი თავის თეორიაში მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშებისთვის იყენებს სამშენებლო მექანიკის საერთო მეთოდებს სტატიკურად ურკვევი სისტემების გასაანგარიშებლად. ეს კი თავის მხრივ საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნას პრაქტიკული მიზნებისათვის საკმაოდ ზუსტი გადაწყვეტები წრფივად დეფორმირებად ფუძეზე მდებარე ნებისმიერი სახის გარე დატვირთვის და სიხისტის მქონე კოჭებისათვის.

ბ. ჟემონკინის მიერ შედგენილი რიგი დამხმარე ცხრილები გაცილებით ამარტივებენ გაანგარიშებას, რაც განაპირობებს ამ მეთოდის ფართო გამოყენებას მოქნილი საძირკვლების დაპროექტების დროს.

ბ. ჟემონკინის მეთოდს საფუძვლად უდევს შემდეგი დაშვებები:



ნახ. 6.8 საპირკელის კოჭის გაანგარიშების მაგალითისათვის (P_x , Q_x და M_x ეპიურები).

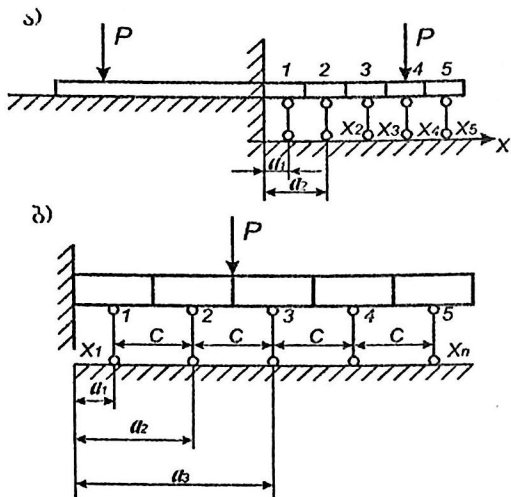
ამასთან, ყველა საფეხურს აქვს ერთნაირი სიგრძე C . მათი რაოდენობა დამოკიდებულია გაანგარიშების სასურველ სიზუსტეზე (საშუალოდ აიღება 12-16).

2. გრუნტის რეაქცია ყოველი საფეხურის ფარგლებში მიიღება, როგორც თანაბრადგანაწილებული და იგი იცვლება ხისტი ღეროებით, რომლებიც მოდებული არიან საფეხურების შუაში და სახსრულად უკავშირდებიან როგორც კოჭს, ასევე ფუძეს.

3. მიღებული რთული ღეროვანი სისტემა განიხილება, როგორც საძირკვლის კოჭი მდებარე წრფივად დეფორმირებად ფუძეზე.

4. კოჭისა და კუმშვადი ფუძის ერთობლივი მუშაობის პირობა კმაყოფილდება კოჭის ჩაღუნვისა და ფუძის ჯდომის ტოლობით ღეროების ჩამაგრების ადგილებში.

ღეროებს ცვლიან უცნობი X_1, X_2, \dots, X_n ძალებით, რომელთა განსაზღვრისთვის ბ. ჟემოჩკინი იყენებს სამშენებლო მექანიკის შერეულ მეთოდს (ძალთა მეთოდი და დეფორმაციების მეთოდი). კოჭის შუაში ან მის ბოლოში დაყენებულია პირობითი ჩამაგრება (იმისდა მიხედვით, სიმეტრიულია თუ არა დატვირთვა). მიღებული კოჭის საანგარიშო სქემა მოცემულია ნახ. 6.9.



ნახ. 69. საპირკელის კოჭების საანგარიშო სქემა ბ. ემორჩინის მეთოდის მიხედვით

უცნობები იქნება ძალები ღეროებში და გადაადგილება პირობით ჩამაგრებაში (ჩაღუნვა y_0 და მობრუნების კუთხე φ_0).

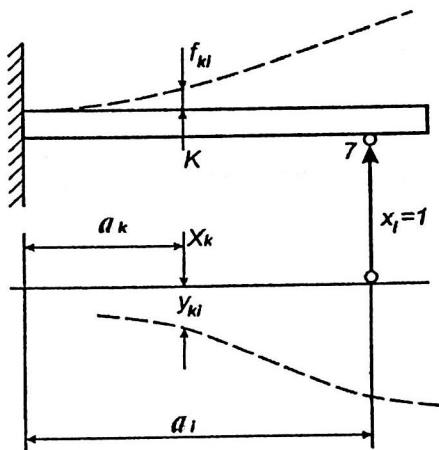
უცნობი ძალების განსაზღვრის მიზნით ადგენენ კანონიკური განტოლებების სისტემას, გამომდინარე იმ პირობიდან, რომ ხისტი ღეროების ნებისმიერი საყრდენის გადაადგილება, გამოწვეული ყველა X_i რეაქციის და გარე დატვირთვებისაგან 0-ის ტოლია. ამგვარად, შედგება იმდენი განტოლება, რამდენი ღეროცაა დაყენებული და მათ დაემატება წონასწორობის ორი განტოლება. ე. ი. სულ იქნება $n+2$ განტოლება:

$$\left. \begin{aligned} X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} + \dots + y_0 + a_1 \varphi_0 + \Delta_{1p} &= 0 \\ X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} + \dots + y_0 + a_2 \varphi_0 + \Delta_{2p} &= 0 \\ \dots & \\ X_1 + X_2 + \dots - \sum P &= 0 \\ X_1 a_1 + X_2 a_2 + \dots - \sum M &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (6.53)$$

სადაც δ_{11} , δ_{12} - გადაადგილებებია X_k ძალის მიმართულებით გამოწვეული $X_i = 1$ ძალისაგან 1, 2, ... და ა. შ. წერტილებში. y_0 და φ_0 - კოჭის ჩალუნვა და მობრუნების კუთხეა, რომლებიც განისაზღვრება (6.53) განტოლებათა სისტემის ამოხსნით.

Δ_{kp} - გადაადგილებებია X_k ძალის მიმართულებით, გამოწვეული გარე დატვირთვებით. გადაადგილება რომელიც K წერტილში:

$$\delta_{ki} = y_{ki} + f_{ki} \quad (6.54)$$



ნახ. 6.10. კოჭის ჩალუნვების და ჯდომების სქემა

სადაც Y_{ki} კოჭის ჯდომაა K წერტილში, ხოლო F_{ki} კოჭის ნაღუნევა იმავე წერტილში (ნახ. 6.9).

სივრცითი ამოცანის შემთხვევაში კოჭის ჯდომა (გამომდინარე ბუსინესკის ფორმულიდან) შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$Y_{ki} = \frac{(1-\mu_0^2)}{\pi E_0 c} \cdot f_{ki} \quad (6.55)$$

სადაც c იმ უბნების სიგრძეებია, რომლებზედაც იყოფა კოჭი (მანძილებია X_i ძალებს შორის).

f_{ki} - ფუნქციაა, რომელიც დამოკიდებულია $\frac{b}{c}$ ფარდობაზე და განისაზღვრება ბ. უემოჩინის ცხრილებიდან $\frac{x}{c}$ და $\frac{b}{c}$ ფარდობების მიხედვით (სადაც x - მანძილია იმ წერტილიდან, სადაც განისაზღვრება ჯდომა, დატვირთული უბნის შუა წერტილამდე). ამ შემთხვევაში გადაადგილება δ_{ki} შეიძლება განისაზღვროს შემდეგნაირად:

$$\delta_{ki} = f_{ki} + \alpha_{np} \cdot \omega_{ki} \quad (6.56)$$

ხოლო სივრცითი ამოცანისათვის:

$$\alpha_{np} = \frac{\pi \cdot E_0 \cdot c^4}{6EI(1-\mu_0^2)} \quad (6.57)$$

სივრცითი ამოცანის შემთხვევაში ω_{ki} -ის განსაზღვრისთვის ბ. უემოჩინის მიერ შედგენილია ცხრილები კოჭის ნაღუნევისათვის, რომლებიც გამოწვეულია ერთეული ძალების მოქმედებით როგორც ფუნქცია $\frac{a_1}{c}$ და $\frac{a_k}{c}$ სიდედების. სადაც a_1 - მანძილია კოჭის ჩამაგრებიდან ძალის მოდების წერტილამდე, a_k - მანძილია კოჭის ჩამაგრებიდან

იმ კვეთამდე, სადაც განისაზღვრება ჩაღუნვა. c - იმ უბნების მანძილებია, რომლებზეც იყოფა კოჭი.

(6.53) განტოლებების თავისუფალი წევრები Δ_{ki} წარმოადგენენ კოჭის ჩაღუნვებს გამოწვეულს გარე დატვირთვებით და განისაზღვრებიან ისევე როგორც ω_{ki} - დამხმარე ცხრილების საშუალებით. (6.53) განტოლებების ამოხსნით ეპოულობთ უცნობ სიდიდეებს X_1, X_2, \dots, Y_0 და φ .

x_i ნაპოვნი მნიშვნელობების ფარდობა უბნების სიგრძებთან c -თან საშუალებას იძლევიან აგებულ იქნას რეაქციული წნევების ეპიურა $P_i = \frac{x_i}{cb}$, ვიცით რა გრუნტის რეაქციული წნევები და გარე დატვირთვები, რომლებიც მოქმედებენ კოჭზე, მარტივია განსაზღვრა გადამტრული ძალების Q_x და მღუნავი მომენტების M_x კოჭის ნებისმიერ კვეთში.

§6.4. შეზღუდული სიმძლავრის (სასრული სიღრმის) გრუნტზე მდებარე მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშება

იმ შემთხვევებში, როდესაც კლდოვანი ქანები მდებარეობენ კუმშვადი ფენის აქტიური ზღვარის ნაკლებ სიღრმეზე, საძირკვლებისათვის დრეკადი ნახევარსივრცის დებულეები, როგორც ბრტყელი, ასევე სივრცითი ამოცანებისათვის არ შესრულდება.

როგორც ცხადყოფენ შესაბამისი გამოკვლევები, გარკვეულ სიღრმეზე უკუმშვადი ფენის არსებობა, რომლის სიღრმე ნაკლებია კუმშვადი შრის ქვედა ზღვარზე, თავის გავლენას ახდენს არა მარტო კუმშვადი ფენის ჯდომაზე, არამედ იგი მნიშვნელოვნად განაპირობებს კონტაქტური წნევების განაწილებას საძირკვლის ძირზე; აქედან გამომდინარე მღუნავ მომენტებზე და გადამტრულ ძალებზე.

ამ ფაქტორის გათვალისწინება (კუმშვადი ფენის სასრული სიღრმე) ნაგებობათა დაპროექტების დროს გვაძლევს მნიშვნელოვან ეკონომიურ ეფექტს. განსაკუთრებული ეფექტი მას აქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც საძირკველს გეგმაში აქვს მნიშვნელოვანი ძირის ფართობი (ითვალისწინებენ კლდოვანი, უკუმშვადი, ქანების განლაგებას მცირე სიღრმეზე).

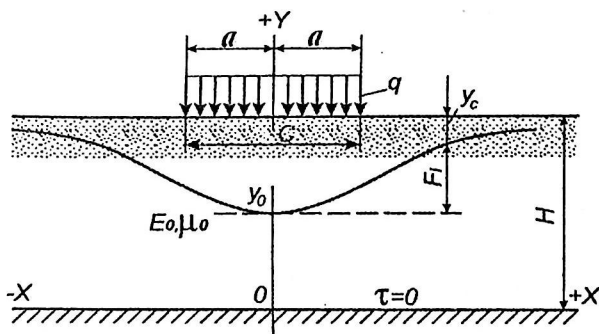
ძირითად წინაპირობებს, რომლებიც საფუძვლად უდევს შეზღუდული სიმძლავრის ფენაზე მდებარე მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშების მეთოდებს, წარმოადგენენ [19]:

1) კუმშვადი ფენა (რომელიც აიღება საძირკვლის ძირიდან უკუმშვადი ქანების განლაგების სიღრმემდე) მიიღება, როგორც ერთგვაროვანი (კუმშვადი ფენის მახასიათებელი დეფორმირებადობის კოეფიციენტების საშუალო მნიშვნელობებით) და წრფივად დეფორმირებადი;

2) გრუნტის რეაქციების განსაზღვრისათვის გამოიყენება ბ. ჟემოჩინის მეთოდი, მაგრამ ერთეული ჯდომები განისაზღვრება არა ფლამანის ფორმულით (ერთგვაროვანი ნახევარსივრცის ბრტყელი ამოცანა), არამედ ო. შეხტერის გადაწყვეტის მიხედვით, რომელმაც განიხილა ერთგვაროვანი შეზღუდული სიმძლავრის ფენის შეკუმშვა ასევე ბრტყელი ამოცანის პირობებში, როცა ის ეყრდნობა უკუმშვად, კლდოვან ფუძეს და კოჭის რომელიღაც უბანზე – 2a მოქმედებს თანაბრადგანაწილებული დატვირთვა მოდებული მის ზედაპირზე. ამასთან, მიიღება, რომ მხეები ძაბვები დრეკადი ფენის და უკუმშვადი შრის კონტაქტის ადგილებში ნულს ტოლია.

ო. შეხტერმა უგულებელყო ხახუნის და შეჭიდულობის ძალები გრუნტის კუმშვადი ფენის და უკუმშვადი შრის კონტაქტის ადგილებში (რაც, როგორც აჩვენეს ცდებმა, არ ახდენს დიდ გავლენას ჯდომებზე). მან გამოიყენა ნ. გერსევანოვის საერთო ინტეგრალი ძაბვებისათვის ბრტყელი ამოცანის შემთხვევაში. სასაზღვრო პირობების გათვალისწინებით ო. შეხტერმა მიიღო ფორმულა კუმშვადი H სისქის

შრის ჯდომების განსაზღვრისათვის, რომელიც ეყრდნობა უკუმშვად ფუქეს (ნახ. 6.11) წრფივად დეფორმირებადი ფენისათვის.



ნახ. 6.11. სასრული სიღრმის ფენაზე მდებარე მოქნილი საძირკვლების განაგარიშებისათვის

ამ ფორმულას აქვს სახე:

$$Y_1 = -\frac{q \cdot (1 - \mu_0^2) \cdot H}{E_0} \cdot \frac{4H}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\text{sh}^2 \alpha \cos \frac{x}{H} \alpha \sin \frac{a}{H} \alpha}{(\text{sh} \alpha \text{ch} \alpha + \alpha)^2} \cdot d\alpha \quad (6.58)$$

(6.58) გამოსახულებას შეიძლება მივცეთ უფრო მარტივი სახე, თუ გავითვალისწინებთ, რომ:

$$\cos \frac{x}{H} \alpha \sin \frac{a}{H} \alpha = \frac{1}{2} \left[\sin \frac{a+x}{H} \alpha - \sin \frac{x-a}{H} \alpha \right]; \quad \frac{\pi \cdot H}{\ell} = \Delta \alpha \quad (6.59)$$

$$\text{აღვნიშნოთ } \rho \left(\frac{x \pm a}{H} \right) = \frac{y}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\text{sh}^2 \alpha \sin \frac{x \pm a}{H} \alpha}{(\text{sh} \alpha \text{ch} \alpha + \alpha)^2} \cdot d\alpha \quad (6.60)$$

მაშინ:

გადაადგილების კოეფიციენტების \bar{F}_{kl} მნიშვნელობები,
განზარბიშებული №6.2 ცხრილის მიხედვით

c/H x/c	1/32	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2
0	0	0	0	0	0	0	0.
1	-3,296	-3,29482	-3,29177	-3,27964	-3,05821	-2,54087	-1,59831
2	-4,751	-4,74729	-4,73514	-4,68737	-3,94280	-2,76654	-1,59831
3	-5,574	-5,56504	-5,53789	-5,43808	-4,09071	-2,76654	
4	-6,154	-6,13743	-6,08958	-5,90438	-4,09071		
5	-6,602	-6,57650	-6,50260	-6,23279			
6	-6,967	-6,93118	-6,82615	-6,45672			
7	-7,276	-7,22715	-7,08644	-6,61172			
8	-7,544	-7,47978	-7,29928	-6,71734			
9	-7,780	-7,69893	-7,47508	-6,78801			
10	-7,991	-7,89137	-7,62111	-6,83317			
11	-8,181	-8,06191	-7,74276	-6,84315			
12	-8,356	-8,21413	-7,84413	-6,84315			
13	-8,516	-8,39097	-7,92850				
14	-8,664	-8,43373	-7,99851				
15	-8,802	-8,58538	-8,05637				
16	-8,931	8,68747	-8,10391				
17	-9,052	-8,77837	-8,14270				
18	-9,167	-8,86204	-8,17405				
19	-9,275	-8,93832	-8,19918				
20	-9,378	-9,00791	-8,21900				
21	-9,375	-9,07143	-8,22843				
25	-9,824	-9,27479	-8,22843				
30	-10,186	-9,44273					
35}		-9,54549					
40}		-9,60518					

ესარგებლობთ რა №6.2 ცხრილის მონაცემებით, კუმშვადი ფენის ზედაპირის ნებისმიერი წერტილის ჯგომა, რომელიც დაცილებულია დატვირთული უბნის ღერძიდან $\frac{x}{c}$ მანძილზე, განისაზღვრება ფორმულით:

$$y_x = \frac{q \cdot c(1 - \mu_0^2)}{\pi \cdot E_0} \bar{y}_i \quad (6.67)$$

როდესაც $q \cdot c = 1$ მივიღებთ

$$y_i = \bar{y}_i \frac{(1 - \mu_0^2)}{\pi \cdot E_0} \quad (6.68)$$

სადაც \bar{y}_i მნიშვნელობები მოცემულია №6.2 ცხრილში.

შეზღუდული სიმძლავრის კუმშვადი ფენის უკუმშვად ფუძეზე მდებარე ($H \neq 0$) საძირკვლების კოჭების ანგარიში წარმოებს გამომდინარე სამშენებლო მექანიკის სტატიკურად ურკვევი სისტემების იმავე საერთო განტოლებებით (6.53), როგორც ბ. ჟემოჩკინის მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშების დროს.

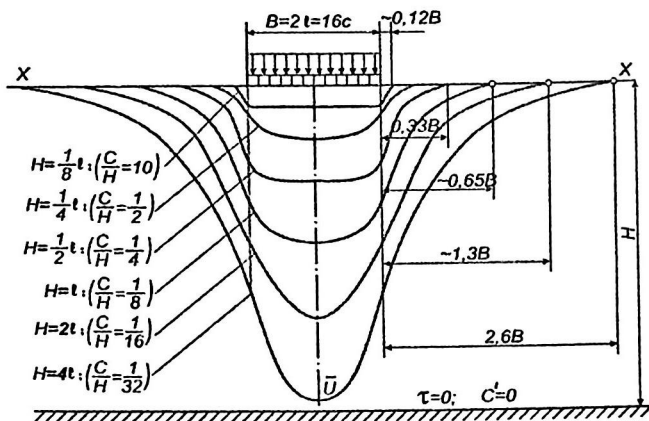
განსხვავება ზემოთ განხილული წრფივად დეფორმირებად ნახევარსივრცეზე და ნახევარსიბრტყეზე მდებარე საძირკვლის კოჭების გაანგარიშების მეთოდებთან შედარებით იქნება ის, რომ გადაადგილებები δ_{ki} კანონიკურ განტოლებებში (6.53) უნდა განისაზღვრონ როგორც კუმშვადი ფენის სისქის (სიმძლავრის) №6.2 ცხრილის ერთეული ჯდომების სასრული სიღრმის კუმშვადი ფენის კოეფიციენტების ფუნქციები. მაშინ მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშების დროს გადაადგილებები რომელიღაც k წერტილში (x_k ძალის მიმართულებით) განისაზღვრებიან ფორმულით:

$$\delta_{ki} = (y_{ki})_{\frac{z}{h}} + F_{ki} \quad (6.69)$$

სადაც $(y_{ki})_{\frac{z}{h}}$ - კოჭის გადაადგილებაა, გამოწვეული ფუძის ჯდომიდან (როცა $H \neq 0$) და განისაზღვრება (6.68) ფორმულით.

F_{ki} – კოჭის ჯდომბა, რომელიც დამოკიდებულია მხოლოდ კოჭის სიხისტეზე და განისაზღვრება ცხრილებიდან. [19. ცხ. IV-4]

ნახ. 6.12 მოყვანილია შეზღუდული სიმძლავრის გრუნტზე მდებარე საძირკვლის კოჭის ფუძის ზედაპირის ჯდომების ცვლილებების მრუდები.



ნახ. 6.12. სასრული სიღრმის H გრუნტზე მდებარე ფუძის ზედაპირის ჯდომები დრეკადი კოჭის საზღვრებში და საზღვრებს გარეთ

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ყველაზე დიდი არათანაბარი ჯდომები იქნება მაშინ, როდესაც გრუნტის ფენის სიმძლავრე $H > 4\ell$ (სადაც ℓ – კოჭის მალის ნახევარია) და ყველაზე მცირე როდესაც $H \approx \frac{1}{8}L$, ამასთან ამ უკანასკნელ შემთხვევაში შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ჯდომები ქრებიან საძირკვლის კოჭის ძირის ფართობის საზღვრებში (როგორც ვინკლერის ფუძის შემთხვევაში). ნახ. 6.12 გამომდინარეობს აგრეთვე, რომ მხოლოდ მაშინ, როდესაც $H \rightarrow 0$ კანონიკურ

განტოლებათა სისტემის ამოხსნა დაიყვანება წონასწორობის პირობებამდე. ე.ი. საძირკელის ძირზე გრუნტის რეაქციული წნევები ზუსტად შეესაბამება იმ სიდიდეებს, რომლებიც განისაზღვრებიან მასალათა გამძლეობის მეთოდებით (არათანაბარი კუმშვის ფორმულებით).

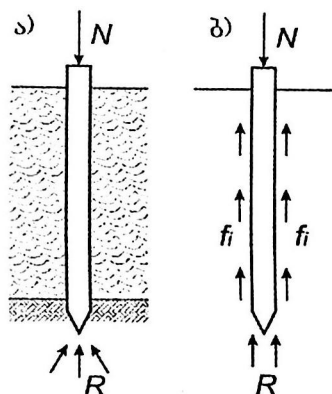
თავი 7. ხიმინჯოვანი საძირკვლები

§ 7.1 ხიმინჯოვანი საძირკვლების ძირითადი სახეები

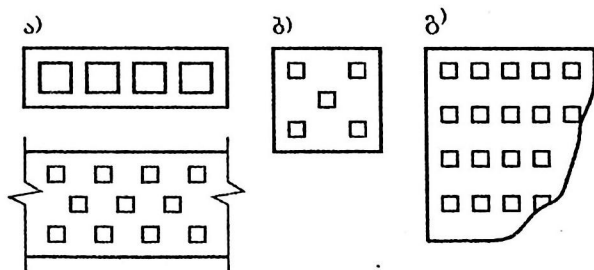
იმ შემთხვევაში, როდესაც მიწის ზედაპირზე განლაგებულია სუსტი გრუნტები, ხშირად აუცილებელია ნაგებობიდან მოსული დატვირთვის გადაცემა უფრო მკვრივ გრუნტებზე, რომლებიც განლაგებულია გარკვეულ სიღრმეზე. ასეთ შემთხვევაში ხშირად აწყობენ ხიმინჯოვან საძირკვლებს. ხიმინჯებს უწოდებენ გრძელ ღეროებს, რომლებსაც ჩაყურსავენ გრუნტში წინასწარ გამზადებულს ან ამზადებენ თვით გრუნტში.

ამჟამად ხიმინჯოვან საძირკვლებს იყენებენ ძალიან ფართოდ. ნაგებობიდან ფუძეზე გადაცემული წნევის ხასიათის მიხედვით განასხვავებენ დგარ და კიდულ ხიმინჯებს.

დგარი ხიმინჯები ჭრიან სუსტი გრუნტების მთელ ფენებს და თავიანთი ბოლოთი ეყრდნობიან პრაქტიკულად უკუმშვად გრუნტებს (კლდოვან ქანებს). ვინაიდან, დგარი ხიმინჯები ეყრდნობიან უკუმშავ გრუნტებს, ამიტომ მათზე დატვირთვის გადაცემისას მათ პრაქტიკულად არა აქვთ ევერტიკალური გადაადგილება.



ნახ. 7.1. ღვარი (ა) და კიდული (ხახუნის) (ბ) ხიმინჯები



ნახ. 7.2. ხიმინჯოვანი საპირკელებს სახეები გეგმაში ხიმინჯების განლაგების მიხედვით.

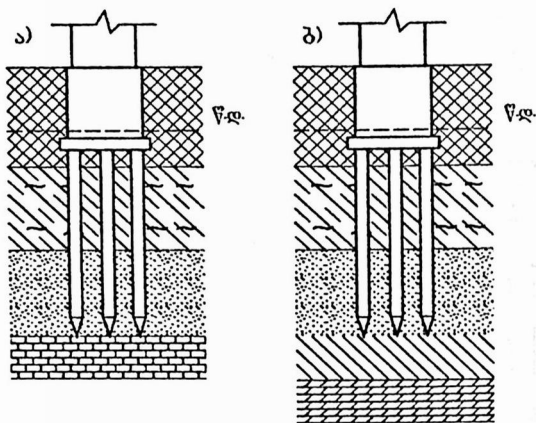
- ა) ლენტური; ბ) ხიმინჯოვანი ბუჩქი;
 გ) მოლიანი ხიმინჯოვანი ველი.

ხახუნის ხიმინჯები ყველა მხრიდან, მათ შორის, ბოლოდან გარემოცული არიან კუმშვადი გრუნტებით. დატვირთვის მოქმედების შედეგად ასეთი ხიმინჯები გადაადგილდებიან

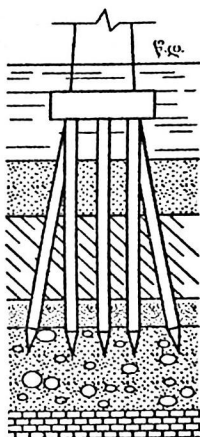
ქვევით (იძენენ ჯდომას) და ვინაიდან ისინი გარემოცული არიან გრუნტებით, მათ გვერდით ზედაპირზე წარმოიშობა ჯამური ხახუნის წინაღობა f_i , ამას გარდა, ხიმინჯის ბოლოზე (წვეროზე) წარმოიშობა გრუნტის წინაღობა R_i .

ხიმინჯოვან საძირკვლებს უწოდებენ ხიმინჯების ჯგუფს, რომლებიც ზემოდან ერთიანდებიან სპეციალური კონსტრუქციის ფილებით ან კოჭებით, რომლებსაც როსტვერკი ეწოდებათ.

ისინი განკუთვნილი არიან ხიმინჯებზე დატვირთვების გადასაცემად და მათ თანაბრად გასანაწილებლად ხიმინჯებზე. განასხვაებენ ხიმინჯოვან საძირკვლებს დაბალი, გარდამავალი და მაღალი როსტვერკით.



ნახ. 73. ხიმინჯოვანი საძირკვლები დაბალი როსტვერკით.
 ა) დგარი ხიმინჯების დროს; ბ) კიდული ხიმინჯების დროს.



ნახ. 7.4. ხიმინჯოვანი საძირკველი მაღალი როსტვერკით

დაბალი როსტვერკი (ნახ. 7.3) განლაგებულია მიწის მოშანდაკების დონის დაბლა. ხიმინჯოვან საძირკვლებში დაბალი როსტვერკით, ერთობლივ მუშაობაში მონაწილეობას ღებულობენ თვითონ როსტვერკი და ხიმინჯები. ხიმინჯები ძირითადად მუშაობენ კუმშვაზე.

გარდამავალ ხიმინჯებს აწყობენ უშუალოდ მიწის ზედაპირზე ჩაღრმავების გარეშე. ისინი გამოიყენება არაბურცვადსაშიში გრუნტების შემთხვევაში. იმასთან დაკავშირებით, რომ გრუნტების ზედა ნაწილებს, როგორც წესი, აქვთ დაბალი ზიდვის უნარი, გარდამავალ ხიმინჯებს არ შეუძლიათ თავიანთი ძირითადი გადსცენ ვერტიკალური წნევები. მაღალი როსტვერკები განლაგებული არიან გარკვეულ სიმაღლეზე მიწის ზედაპირიდან (ნახ. 7.4). ასეთ ხიმინჯოვან საძირკვლებს იყენებენ სამრეწველო და სამოქალაქო ნაგებობებში ტექნიკური სარდაფით. ხიდების საყრდენებში და ა. შ.

ჰორიზონტალური დატვირთვების მიმართ სიხისტის გაზრდის მიზნით, გარდა ვერტიკალურისა, აწყობენ დახრილ ხიმინჯებსაც.

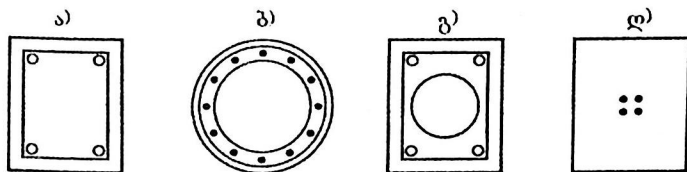
ცალკეულ ხიმინჯებს იყენებენ მსუბუქი ნაგებობების ქვემოთ (მაგალითად მსუბუქი ერთსართულიანი შენობები), როდესაც დატვირთვას სვეტისაგან ღებულობს ერთი ხიმინჯი.

ლენტური ხიმინჯოვანი საძირკვლები გამოიყენება შენობების კედლების ქვემოთ. განასხვავებენ ერთ და მრავალრიგოვან ლენტურ ხიმინჯოვან საძირკვლებს. ხიმინჯების მრავალ რიგად განლაგების შემთხვევაში ხიმინჯოვანი საძირკველი ღებულობს არა მხოლოდ ვერტიკალურ დატვირთვებს, არამედ მომენტსაც.

ხიმინჯოვანი ბუჩქი – ეს არის ხიმინჯების ჯგუფი, რომელიც ჩვეულებრივ განლაგდება ცალკეული კონსტრუქციების ქვემოთ (მაგალითად, სვეტების). მინიმალური რაოდენობა ხიმინჯებისა ერთ ბუჩქში არის სამი.

მთლიანი ხიმინჯოვანი ველი გამოიყენება მძიმე ნაგებობების ქვემოთ, როდესაც ხიმინჯები განლაგდება მთელი ნაგებობის ან მისი ნაწილის ქვემოთ. ამჟამად ცნობილია ხიმინჯების მრავალი კონსტრუქცია, რომლებიც ჩაიყურსებიან გრუნტებში წინასწარ გამზადებულები.

მასალის მიხედვით განასხვავებენ ხის, რკინაბეტონის, ლითონის და კომბინირებულ ხიმინჯებს. ამჟამად ხის ხიმინჯებს იყენებენ იშვიათად, მასალის ეკონომიის, ტყის მასალების ასორტიმენტის შეზღუდულობისა და ხის ხიმინჯების ღებობის გამო, როდესაც ისინი განლაგებული არიან გრუნტის წყლის დონის მაღლა. ხის ხიმინჯების სიგრძე, როგორც წესი, არ აღემატება 12 მ. მის ერთ ბოლოს ამახვილებენ, ხოლო მეორე ბოლოს ამაგრებენ ლითონის გარსაცმით, რომელიც იცავს ხიმინჯს დაზიანებისაგან გრუნტში ჩაყურსვის დროს (ნახ. 7.6). ზოგჯერ ხიმინჯის ბოლოზე აწყობენ შედუღებულ ლითონის ქუსლს. აუცილებლობის შემთხვევაში უფრო გრძელი ხიმინჯის მიღების მიზნით მათ გადააბამენ სიგრძეზე.



ნახ. 7.5. რკინაბეტონის ხიმინჯების კვითები

ა) კვადრატული; ბ) წრიული ღრუტანიანი; გ) კვადრატული წრიული; დ) კვადრატული განივი არმირების გარეშე.



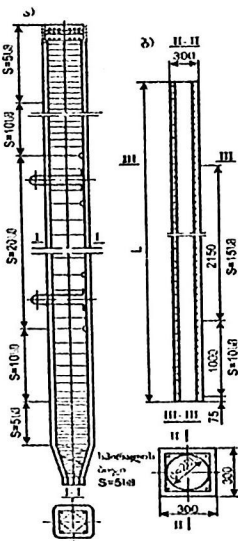
ნახ. 7.6. ხის ხიმინჯი

რკინაბეტონის ხიმინჯებს, ყველაზე ფართოდ იყენებენ მშენებლობაში, რაც აიხსნება მათი უნივერსალურობით, როგორც სორტამენტის, ასევე ფორმის მიხედვით.

ამჟამად ყველაზე ფართოდ იყენებენ კვადრატულ მთლიანტანიან (ნახ. 7.5ა) და წრიულ ღრუტანიან ხიმინჯებს (ნახ. 7.5ბ). მთლიანგანიკვეთიანი ხიმინჯები მზადდება ჩვეულებრივი ან წინასწარდაძებული არმატურისაგან ბეტონის

მარკით არანაკლები B25 ჩვეულებრივი ხიმინჯებისათვის, B40 წინასწარ დაძაბულისათვის. ხიმინჯების განივკვეთი ჩვეულებრივ კვადრატულია ზომით 20X20, 30X30, 35X35 და 40X40 (სმ). უფრო იშვიათად იყენებენ სწორკუთხა ხიმინჯებს განივკვეთის ზომებით 25X30, 30X35 და 35X40 (სმ).

წინასწარ დაუძაბავ ხიმინჯებში სიგრძით 3-დან 16-მდე გრძივი მუშა არმატურა ეწყობა A-II კლასის 12-დან 28 მმ-ე, რაოდენობით 4-დან 12-ე, რომლებიც ეწყობა ხიმინჯების კუთხეებში სიმეტრიულად. არმატურის რაოდენობა და მათი დიამეტრი დამოკიდებულია ხიმინჯის ზომებზე და ხიმინჯის საჭირო ღერძულ სიმტკიცეზე. არმატურის დამცველი შრე აიღება არანაკლები 3 მმ, ხოლო ჩრდილოეთის კლიმატური ზონებისათვის – 5 სმ.



ნახ. 7.7 პრიზმული რკინაბეტონის ხიმინჯების კონსტრუქციები
 ა) მუდმივი კვეთის; ბ) ცილინდრული სიღრუით

განივ არმატურად გამოყენებულია სპირალი და საკიდები, რომლებიც მზადდება გლუვი არმატურისაგან A-I კლასის დიამეტრით 6-8 მმ. ხიმინჯის თავს ამაგრებენ მავთულისაგან დამზადებული ბადეებით დიამეტრით 6 მმ. ბიჯით 50X50 მმ. ხიმინჯის წვეროში გრძივი მუშა არმატურა იღუნება, ედღება ცენტრალურ ღეროს და იკვრება გარსაკრით. ხიმინჯის თავსა და ბოლოში, სადაც წარმოიქმნება მაქსიმალური ძაბვები ხიმინჯის დასობის დროს სპირალის ბიჯია 10 სმ. შუაში 15÷10 სმ. უარყოფითი მხარე ხიმინჯებისა ჩვეულებრივი არმატურით არის ლითონის (არმატურის) დიდი ხარჯი. გარდა ამისა ხიმინჯების დასობისას მკვრივ გრუნტებში ხიმინჯებში შეიძლება გაჩნდეს ბზარები სისქით 0,25 მმ, რამაც ტენიან გარემოში შეიძლება გამოიწვიოს არმატურის კოროზია. ბზარები განსაკუთრებით საშიშია აგრესიული გრუნტის წყლების პირობებში.

ბზარმედევობის გაზრდისა და არმატურის ხარჯის შემცირების მიზნით იყენებენ წინასწარდაძაბულ ხიმინჯებს.

წინასწარდაძაბული ხიმინჯები მზადდება რკინაბეტონისაგან ზემოთ ხსენებული ზომებით სიგრძით 8-დან 24 მ-ე. ხიმინჯებს აარმირებენ ცალკეული პერიოდული პროფილის მავთულებით სიგრძით 8-დან 24-მდე. ზოგიერთ შემთხვევაში იყენებენ კომბინირებულ ხიმინჯებს. გრუნტში ჩაყურსვის მიხედვით განასხვავებენ დასასობ, ვიბრაციით ჩასაშვებ, ჩაყურსვით და ჩახრახვინით ჩასაშვებ ხიმინჯებს. დასასობ ხიმინჯებს ხშირად გრუნტებში ჩაშვებენ ხიმინჯის უროებით. ჩაშვების ეფექტურობის მიზნით ხიმინჯოვანი უროს დარტყმითი ნაწილის წონა უნდა იყოს არანაკლებ თვითონ ხიმინჯის წონაზე. ხიმინჯების დასობა ძნელი განსახორციელებელია მკვრივ ქვიშოვან გრუნტებში. ამიტომ ასეთ შემთხვევაში მიზანშეწონილია ხიმინჯის ქვედა ბოლოზე გრუნტის გამორეცხვა.

ხიმინჯების ჩასობა ვიბროჩამძირავებით ან ვიბროლურებით, მიზანშეწონილია წყლით ნაჯერ ქვიშოვან გრუნტებში. ვიბრატორის მოქმედებით გამოწვეული ვერტიკალური რხე-

ვითი მოძრაობა ხიმინჯებიდან გადაეცემა გრუნტს, რის შედეგადაც მკვეთრად ეცემა ხახუნის წინაღობა მის გვერდით ზედაპირზე.

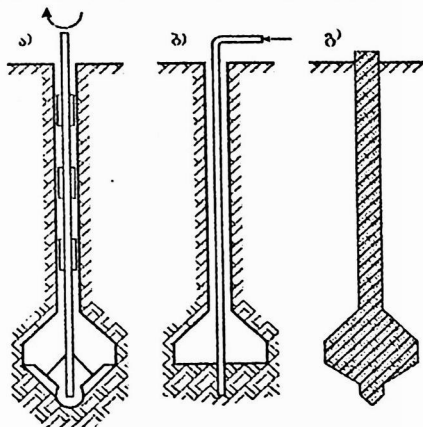
ხიმინჯების ჩაყურსევას აწარმოებენ მაშინ, როდესაც მათი გრუნტში ჩაშვება არ შეიძლება დინამური ზემოქმედებით. ასეთ შემთხვევებს ადგილი აქვს ხიმინჯოვანი საპირკვლების მოწყობისას უკვე არსებული ნაგებობის გვერდით, როდესაც ფუძე შედგენილია ქვიშებითა და ქვიშნარებით. ზოგჯერ ხიმინჯების ჩაყურსევას აწარმოებენ ლიოსისებერ ჩაჯდომად გრუნტებში. ასეთ შემთხვევებში ხიმინჯებს ჩაყურსავენ წინასწარგაბურღულ სალიდერო ჭაურებში.

ჩასახრახნი ხიმინჯები საშუალებას იძლევა ფუძე-გრუნტს გადაეცეს წნევა ხრახნებით დიამეტრით 2 მ-ე. ასეთი ხიმინჯები მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს მაშინ, როდესაც მიწის ზედაპირზე განლაგებულია სუსტი გრუნტები, აგრეთვე ისეთი ხიმინჯების მოწყობისათვის, რომლებიც მუშაობენ ამოგლეჯაზე. ხიმინჯებს, რომლებიც დამზადებულია გრუნტებში, ხშირად უწოდებენ დანატენ ხიმინჯებს. ამჟამად ცნობილია ამ ხიმინჯების სხვადასხვა კონსტრუქციები და მათი დამზადების მეთოდები. უპირველეს ყოვლისა, ისინი განსხვავდებიან მასალის მიხედვით: ბეტონის, რკინაბეტონის და სხვადასხვა სახის გრუნტის ხიმინჯები. შაპირკვლებისათვის როგორც წესი იყენებენ ბეტონის და რკინაბეტონის დანატენ ხიმინჯებს, ხოლო სხვა ტიპის ხიმინჯები ძირითადად გამოიყენება გრუნტების პირობების ხელოვნური გაუმჯობესებისათვის. დამზადების წესის მიხედვით განასხვავებენ ხიმინჯებს გარსების გარეშე, გარსებით, რომლებიც რჩება გრუნტებში და გარსებით, რომლებსაც იღებენ გრუნტიდან.

ხიმინჯებს გარსების გარეშე ამზადებენ ისეთ გრუნტებში, რომლებშიც ჭაურების კედლები შეიძლება არ იქნეს გამაგრებული. ამ პირობებს აკმაყოფილებენ შეჭიდული გრუნტები, გრუნტის წყლების მაღლა განლაგებული. ჭაურების შევსება ბეტონის ვიბრირებით ან დატკეპვით საშუა-

ლებას იძლევა მიღებული იქნას ხიმინჯი მნიშვნელოვანი ზიდვის უნარით, განსაკუთრებით, როდესაც მისი ქვედა ბოლო ეყრდნობა მკვრივ გრუნტებს. ჭაურის ქვედა ბოლოს ბეტონირებას დატკეპნვის გარეშე ხშირად მიეყავართ იქამდე, რომ ხიმინჯის ქვემოთ რჩება ფხვიერი გრუნტი, რომლის მოცილება ჭაურებიდან საკმაოდ ძნელია.

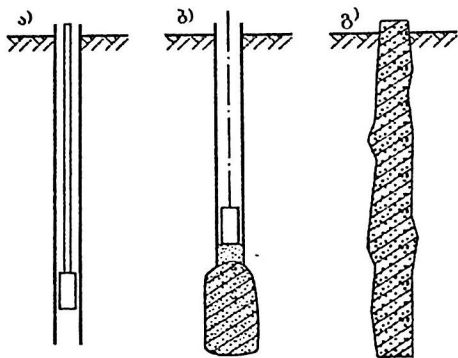
ხიმინჯების ზიდვის უნარის გაზრდის მიზნით, რომლებიც დამზადებული არიან ბურღვით, ჭაურის ქვედა ბოლოს აფართოებენ ბურღვის საშუალებით (ნახ. 7.8) ან კამუფლუტური აფეთქების შედეგად ჭაურის ბეტონით ამოვსების შემდეგ. ასეთ ხიმინჯებში შეიძლება მიღწეული იქნეს მათი მასალის სიმტკიცის მთლიანი გამოყენება. მაგრამ ჭაურის ბურღვის სირთულეს, განსაკუთრებით, ზამთრის პერიოდში, ხშირად მიეყავართ იმასთან, რომ ჭაურების ბურღვა უნდა განხორციელდეს ფოლადის მილების გამოყენებით.



ნახ. 7.8. ნაბურღი დანატენი ხიმინჯის დამზადების თანმიმდევრობა გაგანიერებული ბოლოთი

- ა) ჭაურის ბურღვა; ბ) ხიმინჯის დაბეტონება; გ) დამზადებული ხიმინჯი.

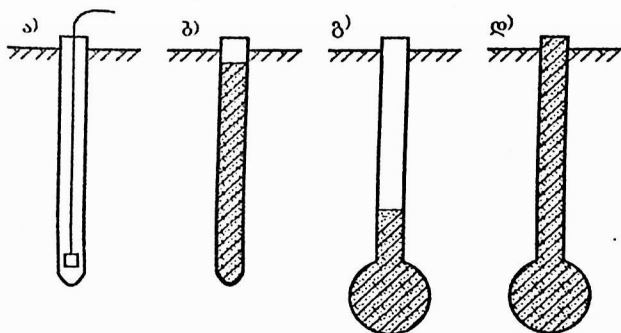
ხიმინჯებს ამოსაძრობი გარსით (ინვენტარული ფოლადის მილით) ფართოდ იყენებენ სამშენებლო პრაქტიკაში სხვადასხვა გრუნტული პირობების დროს. ასეთი ხიმინჯის დამზადების არსი მდგომარეობს გრუნტში ფოლადის მილის ჩაშვებაში ბურღვის, ვიბრირების ან ჩაყურსვის შედეგად. ფოლადის მილის ჩაშვების შემდეგ ჭაურს ავსებენ ბეტონით. ამასთან ერთად პარალელურად ფოლადის მილს ნელ-ნელა ამოაძრობენ გრუნტიდან. ასეთ ხიმინჯებს, რომლებსაც შეიძლება ჰქონდეთ არაგლუვი გვერდითი ზედაპირი, ახასიათებთ მნიშვნელოვანი ზიდვის უნარი. (ნახ. 7.9) ნაჩვენებია სტრაუსის ხიმინჯების დამზადების თანმიმდევრობა.



ნახ. 7.9. სტრაუსის ხიმინჯების დამზადების თანმიმდევრობა
 ა) ბურღვა; ბ) ბეტონის დატკეპნვით; გ) გამზადებული ხიმინჯი.

ხიმინჯებს გარსებით, რომლებიც რჩება გრუნტში აკეთებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც შეუძლებელია სხვა ტიპის დანატენი ხიმინჯების ხარისხიანად მოწყობა, მაგალითად როდესაც გრუნტის წყლების დაწნევის შედეგად შეიძლება დარღვეული იქნას ბეტონის საცობი ხიმინჯების ბოლოებზე.

ფოლადის მიღებს ზოგჯერ ტოვებენ გრუნტში ხიმინჯოვანი საძირკვლების მოწყობისას ხიდების საყრდენების ქვემოთ, მაღალი როსტვერკის შემთხვევაში. ასეთი ხიმინჯები საკმაოდ ძვირია, ამიტომ მიზანშეწონილია ისინი დამზადებული იქნან გაზრდილი მზიდუნარიანობით: ამისათვის ხიმინჯის ქვედა ნაწილში ხდება კამუფლეტური აფეთქება, რომლის დროსაც ფოლადის გარსი ირღვევა და წარმოქმნილ მოცულობას იკავენს ფოლადის მილში წინასწარ ჩაწყობილი ბეტონის ნარევი (ნახ. 7.10).



ნახ. 7.10. კამუფლეტური ხიმინჯების დამზადების თანმიმდევრობა
 ა) ასაფეთქებელი ნივთიერების მოთავსება მილში; ბ) მილის შევსება ბეტონის ნარევით; გ) მილში ბეტონის ნარევის ჩაშვება აფეთქების შემდეგ; დ) მზა ხიმინჯი.

დანატენი ხიმინჯების დამზადების შესაძლებლობამ ნუბისმიერ გრუნტულ პირობებში, მაღალმა მზიდუნარიანობამ და შედარებით დაბალმა ღირებულებამ განაპირობეს მათი ფართო გავრცელება. ამ ხიმინჯების უარყოფითი მხარეა ბეტონირების აუცილებლობა სამშენებლო მოედანზე, რაც განსაკუთრებით სირთულეებთანაა დაკავშირებული ზამთრის პერიოდში, როდესაც აუცილებელია ბეტონის გათბობა ჩაყინვის სიღრმის ფარგლებში.

§72 ხიმინჯოვანი საძირკვლების დაპროექტება და გაანგარიშება

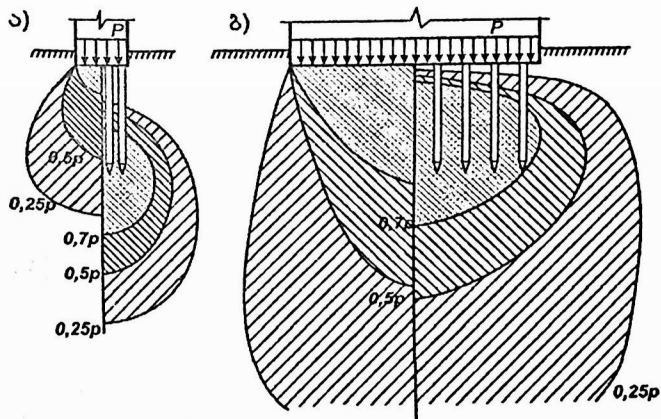
წნევა, რომელიც გადაეცემა ხიმინჯების ბოლოებით გრუნტს, თავდაპირველად გამოიწვევს გრუნტის მხოლოდ დრეკად დეფორმაციებს; დატვირთვების გაზრდისას წარმოიქმნება შემკვრივების ზონა, ხოლო წნევის გარკვეული მნიშვნელობებისას ხიმინჯის ქვემოთ წარმოიქმნება პლასტიკური დეფორმაციების ზონა, რომელშიც გრუნტი იქნება ზღვრულ წონასწორობაში. პლასტიკური დეფორმაციების ზონა წნევებს გადაცემს, როგორც ხიმინჯის ქვემოთ ასევე გვერდებზე.

ხიმინჯების ხშირად განლაგების შემთხვევაში ბუნქებში, პლასტიკური დეფორმაციების ზონების განვითარება შეზღუდულია მეზობელი ხიმინჯების დატვირთვით გამოწვეული დაძაბული მდგომარეობით. აქედან გამომდინარე, გრუნტების მდგრადობა ხიმინჯოვან ბუნქში გაცილებით მეტია, ვიდრე ცალკეულ ხიმინჯში. ამიტომ ზოგიერთი მკვლევარი თვლის, რომ ხიმინჯოვან ბუნქში შეიძლება შემცირებული იყოს ხიმინჯების რაოდენობა. ხიმინჯოვანი საძირკვლების მოწყობისას დაბალი როსტვერკით შეიძლება მხედველობაში იქნას მიღებული როსტვერკის მუშაობა, რომელიც დატვირთვის ნაწილს თავისი ძირით გადასცემს გრუნტს. ეს შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, როდესაც როსტვერკის ძირის ქვემოთ განლაგებულია შედარებით კარგი გრუნტი. ამ შემთხვევაში ხიმინჯოვან საძირკვლებს აპროექტებენ ზღვრულ მდგომარეობათა მეორე ჯგუფით (დეფორმაციების მიხედვით).

ხიმინჯოვანი ბუნქის ფუძის მუშაობის ზოგიერთი თვისებების გარკვევის მიზნით შევადართ ის ბუნებრივ ფუძეზე მდებარე ჩვეულებრივი საძირკვლების ფუძის მუშაობას. ნახ. 7.11 მოცემულია ვერტიკალური წნევების ზოლები ვიწრო (ა) და ფართე (ბ) ხიმინჯოვანი საძირკვლების ქვემოთ (სქემების მარჯვენა ნაწილები). შედარებისათვის სქემების მარცხენა ნაწილებში ნაჩვენებია ანალოგიური ზოლები ხიმინჯების

არარსებობისას იმავე სიგანის საძირკვლებისათვის.

ვიწრო საძირკვლების შემთხვევაში (ნახ. 7.11ა) ხიმინჯების გამოყენება საშუალებას იძლევა ჩავაღრმავოთ დაძაბულობის ზონა. ამ შემთხვევაში ჯდომები მნიშვნელოვნად მცირდება, (ნახ. 7.11ბ) ჩანს, რომ ფართო საძირკვლების შემთხვევაში კიდული ხიმინჯების გამოყენება არ იძლევა საშუალებას მნიშვნელოვნად იქნას ჩაღრმავებული დაძაბული ზონა.



ნახ. 7.11. თანატოლი ვერტიკალური წნევების ზოლები ხიმინჯოვანი და ჩვეულებრივი საძირკვლების ფუძეში მათი გასხვავებული სიგანის შემთხვევაში

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ ხშირ შემთხვევაში მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნას გრძელი ხიმინჯები. საბოლოო დასკვნას კი აკეთებენ ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლების შედარების შედეგად.

ხიმინჯოვანი საძირკვლების დაპროექტებისას აუცილებელია:

- 1) შერჩეულ იქნას როსტვერკის ძირის ჩაღრმავება;
- 2) ხიმინჯის ტიპის და სახეობის შერჩევა;

- 3) ხიმინჯის ზომების შერჩევა (სიგრძე და სიგანე);
- 4) ხიმინჯის ზიდვის უნარის განსაზღვრა;
- 5) ხიმინჯების რაოდენობის დადგენა;
- 6) ხიმინჯების განლაგება გეგმაში და როსტვერკის კონსტრუირება;
- 7) თითოეულ ხიმინჯზე მოსული დატვირთვის შემოწმება;
- 8) ხიმინჯოვანი საძირკვლის ჯდომის განსაზღვრა.

როსტვერკის ძირის ჩაღრმავება დაინიშნება გამომდინარე შენობის თავისებურებებიდან, ჯირჯვადი გრუნტების შემთხვევაში კი აგრეთვე ჩაყინვის პირობებიდან. როგორც წესი რაც უფრო მცირეა როსტვერკის ჩაღრმავება მით უფრო ეკონომიური გადაწყვეტაა მიღებული. ზოგიერთ შემთხვევაში შესაძლებელია როსტვერკი სულ არ იქნას ჩაღრმავებული გრუნტში, რასაც მინიმუმამდე დაჰყავს მიწის სამუშაოების მოცულობა. ასეთ შემთხვევაში ვლუბულობთ ხიმინჯოვან საძირკველს ამალღებული როსტვერკით.

ხიმინჯის ტიპი და სახეობა შეირჩევა გრუნტების სახეობის მიხედვით, სამშენებლო ორგანიზაციის აღჭურვილობისა და ხიმინჯოვანი საძირკვლების მოწყობის გამოცდილების მიხედვით. ხშირად ყველაზე უფრო მიზანშეწონილია დასასობი ხიმინჯების გამოყენება, მაგრამ როცა აუცილებელია დიდი მზიდუნარიანობის ხიმინჯების გამოყენება აწყობენ დანატენ ხიმინჯებს გაგანიერებული ბოლოთი.

ხიმინჯების ზომებს ირჩევენ აგრეთვე გამომდინარე გრუნტული პირობებიდან. ხიმინჯის სიგრძე დამოკიდებულია მკვრივი გრუნტის მდებარეობაზე, რომელსაც ხიმინჯებიდან გადაეცემა დატვირთვების დიდი ნაწილი. ამ ფენის ქვემოთ არ უნდა იყვნენ განლაგებული სუსტი გრუნტები, რომლებსაც მიყვავართ შენობების არათანაბარ ჯდომებამდე.

ხიმინჯის განივკვეთი შეირჩევა გამომდინარე მისი სიგრძიდან, ვინაიდან ხიმინჯის დიდმა მოქნილობამ შეიძლება გამოიწვიოს მისი ღერძის გაღუნვა გრუნტში ჩაშვების დროს. ამასთან ცდილობენ გამოიყენონ ხიმინჯის მინიმალური განივკვეთი, როდესაც მათი მზიდუნარიანობა განპირო-

ბებულია გრუნტის ხახუნით ხიმინჯის გვერდით ზედაპირზე. კიდული დასასობი ხიმინჯის მზიდუნარიანობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cr} \cdot R \cdot A + U \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i) \quad (7.1)$$

სადაც, γ_c ხიმინჯის მუშაობის პირობების კოეფიციენტია გრუნტში $\gamma_c = 1$.

R - გრუნტის საანგარიშო წინაღობაა ხიმინჯის წვეროზე აიღება ცხ. 7.1-დან.

A - ხიმინჯის გრუნტზე დაყრდნობის ფართია.

U - ხიმინჯის განივკვეთის გარე პერიმეტრია.

f_i - გრუნტის i -ური შრის საანგარიშო წინაღობა ხიმინჯის გვერდით ზედაპირზე, აიღება ცხრ. 7.2-დან.

h_i - ხიმინჯის სიგრძე გრუნტის i -იურ შრეში.

კვადრატული განივკვეთის რკინაბეტონის ხიმინჯების ძირითადი ზომები და მასა მოყვანილია ცხრ. 7.1ა

ცხრილი №7.1ა

მარკა	განივი კვეთის ზომები სმ	სიგრძე მ		გრძივი არმატურა	მასა კნ	
	სმ	პრიზმული ნაწილის L	წვეროს ℓ		1 მ ხიმინჯის	წვეროს
C	20X20	3,0-6,0	0,150	4 ϕ 12	1,0	0,1
	25X25	4,5-6,0	0,250	4 ϕ 12	1,6	0,3
	30X30	3,0-12	0,250	4 ϕ 12	2,2	0,5
	35X35	8,0-16,0	0,300	4 ϕ 12	3,0	0,6
	40X40	13,0-16,0	0,350	4 ϕ 16	4,0	0,8
CH	30X30	9,0-15,0	0,250	4 ϕ 12	2,2	0,4
	35X35	10,0-20,0	0,300	4 ϕ 12	3,0	0,6
	40X40	13,0-20,0	0,350	4 ϕ 16	4,0	0,8

ცხრილი №7.1

ხიმინჯის წვეროს დასობის სიღრმე მ	დასასობი ხიმინჯის საანგარიშო წინაღობა ხიმინჯის წვეროზე R კპა						
	საშუალო სიმკვრივის ქვიშოვანი გრუნტები						
	ბრეშოვანი	მსხვილი	-	საშუალო სიმსხოს	წვრილი	მტვროვანი	-
	მტვროვან-თიხოვანი გრუნტებისათვის, როდესაც დენადობის მაჩვენებელი						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500	$\frac{6600}{4000}$	3000	$\frac{3100}{2000}$	$\frac{2000}{1200}$	1100	600
4	8300	$\frac{6800}{5100}$	3800	$\frac{3200}{2500}$	$\frac{2100}{1200}$	1250	700
5	8800	$\frac{7000}{6200}$	4000	$\frac{3400}{2800}$	$\frac{2200}{2000}$	1300	800
7	9700	$\frac{7300}{6900}$	4300	$\frac{3700}{3300}$	$\frac{2400}{2200}$	1400	850
10	10500	$\frac{7700}{7300}$	5000	$\frac{4000}{3500}$	$\frac{2600}{2400}$	1500	900
15	11700	$\frac{8200}{7500}$	5600	$\frac{4400}{4000}$	2900	1650	1000
20	12600	8500	6200	$\frac{4800}{4500}$	3200	1800	1100
25	13400	9000	6800	5200	3500	1950	1200
30	14200	9500	7400	5600	3800	2100	1300
35	15000	10000	8000	6000	4100	2250	1400

შენიშვნა: მრიცხველებში მოცემულია R-ის მნიშვნელობები ქვიშოვანი გრუნტებისათვის, მნიშვნელში – მტვროვან-თიხოვანისათვის.

გრუნტის ფენის საშუალო ჩაღრმავება მ.	გრუნტის სანაგარიშო წინაღობა ხიმინჯის გვერდით ზედაპირზე f_i კპა									
	საშუალო სიმკვრივის ქვიშოვანი გრუნტი									
	მსხვილი და საშუალო სიმსხოს	წვრილი	მტკროვანი	-	-	-	-	-	-	-
	მტკროვან-თიხოვანი გრუნტებისათვის, როდესაც დენადობის მანევრებელი									
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2	
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4	
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5	
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5	
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6	
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6	
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6	
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6	
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6	
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6	
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6	
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7	
35	100	70	50	36	22	13	9	8	7	

შენიშვნა: 1. f_i - განსაზღვრის დროს, გრუნტი უნდა დაიყოს ერთგვაროვან ფენებად სისქით არაუმეტეს 2 მ-სა.

2. მკვრივი ქვიშოვანი გრუნტებისათვის f_i -ის ცხრილში მოცემული მნიშვნელობები უნდა გაიზარდოს 30%-ით.

γ_{cs} , γ_{cf} გრუნტის მუშაობის პირობების კოეფიციენტებია ხიმინჯის წვეროსა და გვერდით ზედაპირზე, რომლებიც

ითვალისწინებენ ხიმინჯის დასობის წესის გაგვენას გრუნტის საანგარიშო წინაღობაზე და აიღება ცხრილიდან.

ცხრილი №72

დასასობი ხიმინჯების ჩაშვების ხერხები და გრუნტების სახეობები	მუშაობის პირობების კოეფიციენტები	
	ხიმინჯის წვეროზე γ_{cr}	გვერდით ზედაპირზე γ_{cf}
1	2	3
1. მთლიანტანიანი და ღრუტანიანი ხიმინჯების ჩაშვება მექანიკური და დიზელურებით	1,0	1,0
2. ჩაშვება დარტყმით და ჩაჭყლეტით წინასწარ გაბურღულ შალიდერო ჭაურებში, როდესაც მისი დიამეტრი:		
ა) ტოლია კვადრატული ხიმინჯის გვერდის	1,0	0,5
ბ) 0,05 მ-ით მცირეა კვადრატული ხიმინჯის გვერდზე	1,0	0,6
გ) 0,15 მ-ით მცირეა კვადრატული ხიმინჯის გვერდზე	1,0	1,0
3. ჩაშვება ქვიშოვან გრუნტებში	1,0	0,9
4. ვიბრონაძირვა ხიმინჯი გარსების:		
ა) საშუალო სიმკვრივის ქვიშოვანი მსხვილი და საშუალო სიმსხოს წერილი	1,2	1,0
მტეროვანი	1,1	1,0
ბ) მტეროვან-თიხოვანი	1,0	0,9
დენალობის მანქანებით $I_L = 0,5$	0,9	0,9
ქვიშნარები	0,8	0,9
თიხნარები	0,7	0,9
თიხები		
5. ნებისმიერი კონსტრუქციის ღრუტანიანი რკინაბეტონის ხიმინჯის დასობა უროებით (ღია ბოლოთი)		

ა) ხიმინჯის დიამეტრია 0,4 მ და ნაკლები	1,0	1,0
ბ) იგივე 0,4-დან 0,8-მდე	0,7	1,0
6. მრგვალი კვეთის ღრუტანიანი დახურული ბოლოთი ხიმინჯის დასობა კამუფლეტური გაგანიერების მოწყობით საშუალო სიმკვრივის გრუნტებში. დენადობის მანევრებით 0,5 როდესაც გაგანიერების დიამეტრი ტოლია:		
ა) 1 მ გრუნტის სახეობის მიუხედავად	0,9	1,0
ბ) 1,5 მ ქვიშებში და ქვიშნარებში	0,8	1,0
გ) 1,5 მ ქვიშნარებში და თიხებში	0,7	1,0
7. ხიმინჯების ჩაშვება დაწნევით:	1,1	1,0
ა) საშუალო სიმკვრივის მსხვილი, საშუალო სიმსხოს და წვრილი ქვიშები	1,1	0,8
ბ) მტვროვან ქვიშებში	1,1	1,0
გ) მტვროვან-თიხოვან გრუნტებში, როდესაც დენადობის მანევრებელი < 0,5	1,0	1,0
დ) როდესაც > 0,5		

დგარი ხიმინჯების მზიდუნარიანობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$F_d = \gamma_c \gamma_{CR} R A \quad (72)$$

ხიმინჯზე დასაშვები დატვირთვა განისაზღვრება ფორმულით:

$$P = \frac{F_d}{K_H} \quad (73)$$

სადაც $K_H = 1,25 \div 1,4$ - საიმედოობის კოეფიციენტი ხიმინჯის რაოდენობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$n = \frac{N^b + G_{როსტ} + G_{გრ}}{P} \cdot \eta \quad (7.4)$$

სადაც N - საანგარიშო დატვირთვაა, $G_{როსტ}$ - როსტვერკის წონაა, $G_{გრ}$ - გრუნტის წონა, η - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მღუნავი მომენტის და განივი ძალის არსებობას და აიღება ფარგლებში $\eta = 1,1 \div 1,3$.

როსტვერკი კეთდება ბეტონის ან რკინაბეტონის. როსტვერკის სიმაღლე უნდა იყოს მინიმალური და იგი განისაზღვრება როსტვერკში ხიმინჯების თავების ჩამაგრების სიღიძით (რომელიც აიღება 5-10 სმ)

$$\text{ანგარიშით: } d_{როს} = a_j + 0,20 + 0,05(\theta)$$

სადაც a_j არის ჭიქის სისქე, რომელიც აიღება არანაკლებ სვეტის განიკვეთის უდიდესი ზომისა; 0,05 დუღაბის სისქე; 0,20 როსტვერკის ჭიქის ფსკერის მინიმალური სისქე. როსტვერკის ჩაღრმავება დამოკიდებულია გრუნტის სეზონური გაყინვის სიღრმეზე (იხ. ფორმულა 5.2).

მონოლითური სვეტის შემთხვევაში როსტვერკის მინიმალური სისქე აიღება არანაკლები 30 d (d - სვეტის მუშა არმატურის დიამეტრია). ხოლო წინასწარი გაანგარიშებისათვის არანაკლები 40 სმ.

როსტვერკის ზომები იანგარიშება ფორმულით:

$$b = 3d(n - 1) + d + 2c \quad (7.5)$$

სადაც d - ხიმინჯის გვერდის ზომაა.

n - ხიმინჯის მწკრივთა რიცხვია.

c - მანძილია ხიმინჯის გარე წახნაგიდან, როსტვერკის წახნაგამდე და აიღება 5-10 სმ.

როსტვერკის გაანგარიშება ღუნვაზე წარმოებს სვეტის წახნაგის სიბრტყეში ან საფეხურების წახნაგების სიბრტ-

ყეებში მოქმედი მდუნავი მომენტების მიხედვით.

მდუნავი მომენტი მოქმედი სვეტის წახნაგის სიბრტყეში იანგარიშება ფორმულით:

$$M = \sum N_b \cdot e_i \quad (7.6)$$

$$\text{სადაც } N_b \text{ ერთი ხიმინჯის რეაქციაა} - N_b = \frac{\sum N}{n}$$

სადაც $\sum N$ - როსტვერკზე მოსული საანგარიშო დატვირთვების ჯამია, n - ხიმინჯების რიცხვია.

l_i - მანძილია განსახილველი ხიმინჯის ღერძიდან სვეტის წახნაგამდე. არმატურის საჭირო ფართობი იანგარიშება ფორმულით (a გვერდის მიაართულებით):

$$A_s^a = \frac{M}{0,9 \cdot a \cdot R_s} \quad (7.7)$$

$R_s = 280$ მპა $A - II$ კლასის არმატურისათვის.

$R_s = 365$ მპა $A - III$ კლასის არმატურისათვის.

არმატურის ღეროთა რიცხვი იანგარიშება ფორმულით:

$$n = \frac{a-100}{u} + 1$$

ისინი განლაგდება ბიჯით $u = 100 \div 200$ მმ. ასევე შეირჩევა არმატურის ღეროები b გვერდის მიმართულებით.

ხიმინჯები გეგმაში განლაგდება სიმეტრიულად, ცენტრალური დატვირთვის დროს, ან არასიმეტრიულად არაცენტრალური დატვირთვის დროს;

ამისათვის უნდა იქნეს განსაზღვრული წნევები როსტვერკის ძირზე:

$$\sigma = \frac{\sum N^{\sigma}}{A} \quad (7.8)$$

ცენტრალური დატვირთვის დროს;

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{\Sigma N^{\sigma} + G_H + G_{გრ}}{A} \pm \frac{M + Qd}{w} \quad (7.9)$$

სადაც ΣN ყველა ვერტიკალური ნორმატიული დატვირთვების ჯამია;

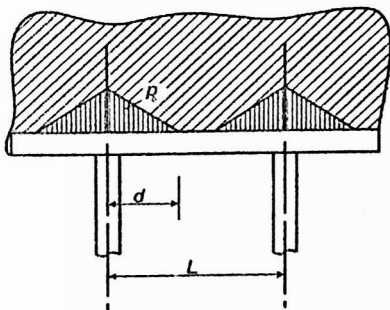
G_H - როსტვერკის წონაა, $G_{გრ}$ - გრუნტის წონაა.

A - როსტვერკის ძირის ფართობი. W - როსტვერკის ძირის წინაღობის მომენტი, მ³;

M და Q მღუნავი მომენტი და განივი ძალაა როსტვერკის შენაჭრის სიბრტყეში.

იმ შემთხვევაში, როდესაც მაქსიმალურ და მინიმალურ წნევებს შორის სხვაობა ნაკლებია 30% ხიმინჯები განლაგდება სიმეტრიულად, თუ სხვაობა მეტია 30%-ზე, მაშინ ხიმინჯები განლაგდება არასიმეტრიულად, რისთვისაც ძაბვების ეპიურა უნდა დაიყოს ტოლი ფართობების ტრაპეციუბად, რომელთა სიმძიმის ცენტრზე გამავალ ვერტიკალზე განლაგდება ხიმინჯები.

ხიმინჯოვანი საძირკვლების გაანგარიშების დროს როსტვერკის კოჭები განიხილება, როგორც უჭრი კოჭები. მათი ანგარიშის თანმიმდევრობა დამოკიდებულია იმაზე, არის თუ არა ღიობები იმ კედლებში, რომლებიც ეყრდნობიან როსტვერკის კოჭებს და რა სიმაღლეზე არიან ისინი განლაგებული კოჭების თავზე.



ნახაზი 7.12 როსტვერკის კოჭების განგარიშების სქემა

თუ ღიობები არ არის, ან ღიობის ქვედა ბოლო განლაგებულია როსტვერკზე ზევით:

$H \geq \frac{L}{2}$ მანძილზე, სადაც L მანძილია ხიმინჯის ღერძებს შორის, მაშინ დატვირთვის ინტენსივობა გამოწვეული კედლის საკუთარი წონისა და მასზე დაყრდნობილი კონსტრუქციების წონებისაგან მიიღება, როგორც კოჭის მთელ სიგრძეზე თანაბრად განაწილებული არანაკლებ $\frac{L}{2}$ სიმაღლეზე.

განივი მიმართულებით განლაგებული კოჭებისაგან გამოწვეული შეყურსული დატვირთვები იცვლება თანაბრად განაწილებული დატვირთვებით. ამ შემთხვევაში მთელი დატვირთვა როსტვერკის კოჭს გადაეცემა ორი სამკუთხა ეპიურის სახით (ნახ. 7.12), რომელთა მაქსიმალური ორდინატები P_0 (კნ/მ) განლაგებულია ხიმინჯის ღერძების თავზე. ორდინატის სიმაღლე:

$$P_0 = 0,305qL^3 \sqrt{\frac{E_r b}{EI}} \quad (7.10)$$

სადაც q - თანაბრად განაწილებული საანგარიშო დატ-

ვიროვან კედელზე, რომელიც ეყრდნობა როსტვერკის კოჭს, კედლის საკუთარი წონის ჩათვლით კნ/მ:

$$q = n \cdot g b \cdot H + q_0 \quad (7.11)$$

g – კედლის წყობის კუთრი წონა კნ/მ³;

n – გადატვირთვის კოეფიციენტი, რომელიც მიიღება 1,1;

b – კედლის სისქე მ;

H – კედლის სიმაღლე როსტვერკის კოჭის ზემოთ მ;

q_0 – თანაბრადგანაწილებული საანგარიშო დატვირთვა კედლის H სიმაღლეზე.

გამოწვეული გადახურვების წონებისაგან, სასარგებლო დატვირთვისაგან და კედლის ზედა ნაწილის წონისაგან კნ/მ.

L – როსტვერკის კოჭის საანგარიშო მალა, რომელიც ხიმიწების ღერძებს შორის მანძილის ტოლია მ;

E_F – კედლის წყობის დრეკადობის მოდულია კნ/მ;

E – როსტვერკის კოჭის მასალის დრეკადობის მოდულია მ³;

I – როსტვერკის კოჭის კვეთის ინერციის მომენტია მ³.

იმ შემთხვევაში, როდესაც როსტვერკის კოჭის სიგანე ტოლია კედლის სისქის, ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$P_0 = 0,699 \frac{qL^3}{h} \sqrt{\frac{E_F}{E}} \quad (7.12)$$

სადაც h – როსტვერკის სიმაღლეა.

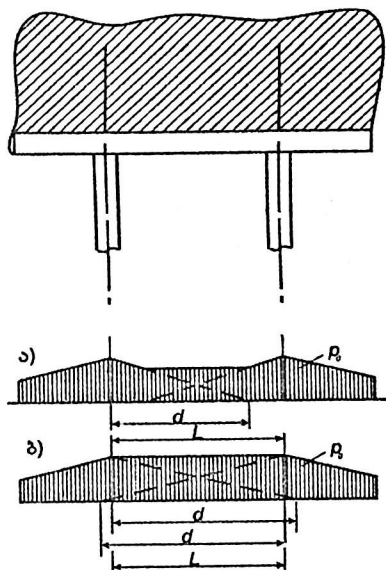
სამკუთხა ეპიურის უბნის სიგრძე როსტვერკის კოჭზე ტოლია:

$$d = 3,27^3 \sqrt{\frac{E \cdot I}{E_F b}}$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც კოჭის სიგანე ტოლია კედლის სისქის:

$$d = 1,429 \sqrt[3]{\frac{E}{E_f}} \quad (7.13)$$

თუ d აღმოჩნდა უფრო მეტი, ვიდრე ხიმინჯებს შორის მანძილის ნახევარი, ე.ი. თუ $d > \frac{L}{2}$, მაშინ ეპიურები შუა ნაწილში ერთმანეთს ედება (ნახ. 7.13ა)



ნახაზი 7.13 წნეების ეპიურების განაწილება როსტვერკის თავზე

თუ $d \geq L$, დატვირთვის ეპიურა როსტვერკის კოჭზე იქნება თანაბრადგანაწილებული კოჭის სიგრძეზე (ნახ. 7.13 ბ).

როსტვერკის კოჭის საყრდენი რეაქცია p ტოლია ხიმინჯზე მოსული დატვირთვის:

$$p = q \cdot L$$

მაქსიმალური განივი ძალა საყრდენზე:

$$\theta = \frac{p}{2} = \frac{q \cdot L}{2} \quad (7.14)$$

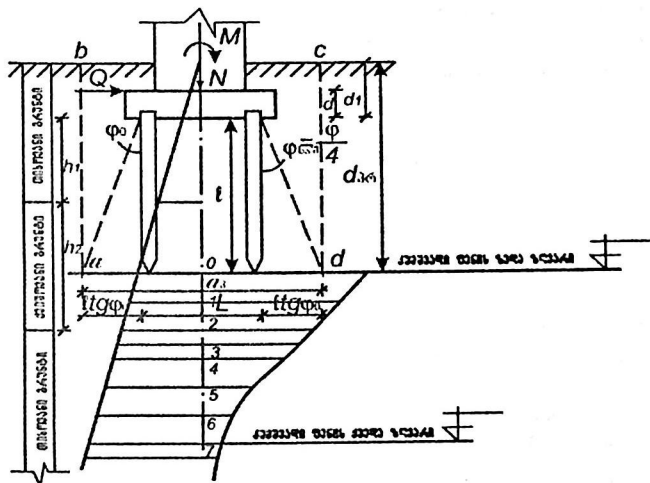
მაქსიმალური მღუნავი მომენტი კნ/მ:

$$M = \frac{qLd}{12} \left(2 - \frac{d}{l}\right) \quad (7.15)$$

M და Q -ს მიღებული მნიშვნელობების მიხედვით შეირჩევა როსტვერკის კოჭის კვეთი და არმატურა.

ხიმინჯოვანი საძირკვლების გაანგარიშება დეფორმაციებზე.

საძირკველი განიხილება, როგორც პირობითად მასიური $abcd$ საძირკველი.



ნახაზი 7.14 ხიმინჯოვანი საბირკელის გაანგარიშება
დეფორმაციებზე

დეფორმაციებზე გაანგარიშების დაწყებამდე უნდა იქნას შემოწმებული პირობები:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{max} &\leq 1,2R \\ \sigma_{min} &\geq 0 \\ \sigma_{საშ} &\leq R \end{aligned} \right\} \quad (7.16)$$

სადაც:

$$\sigma_{max/min} = \frac{\sum N^{\sigma} + G_b + G_h + G_{გო}}{A_j} \pm \frac{M + Q \cdot d_j}{W_j} \quad (7.17)$$

სადაც $\sum N^{\sigma}$ - ვერტიკალური ნორმატიული დატვირთვების ჯამია;

G_b - ხიმინჯის წონაა, კნ;

G_n -- როსტვერკის წონაა, კნ;

$G_{გრ}$ -- გრუნტის წონაა პირობითი საძირკვლის არეში, კნ;

$A_3 = a_3 \cdot b_3$ -- პირობითი საძირკვლის ძირის ფართობი მ²;

W_3 -- პირობითი საძირკვლის ძირის წინაღობის მომენტია, მ³;

R -- გრუნტის საანგარიშო წნევაა პირობითი საძირკვლის ძირზე;

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} (M_p \cdot k_z \cdot b \gamma_{11} + M_q \cdot d_3 \cdot \gamma_{11}^1 + M_c C_{11}) \quad (7.18)$$

სადაც a_3 და d_3 შესაბამისად პირობითი საძირკვლის სიგანე და სიმაღლეა. დანარჩენი სიდიდეები იგივეა, რაც (4.22) ფორმულაში.

კოეფიციენტები M_p , M_q და M_c აიღება იმ გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხის მიხედვით, რომელსაც ეყრდნობა პირობითი საძირკველი.

პირობითი საძირკვლის ძირის გვერდები გამოითვლება ფორმულებით:

$$a_3 = L + 2lt_g \frac{\varphi_{\text{საშ}}}{4},$$

$$b_3 = L^1 + 2lt_g \frac{\varphi_{\text{საშ}}}{4},$$

$$\text{სადაც } \varphi_{\text{საშ}} = \frac{\varphi_1 h_1 + \varphi_2 h_2 + \dots}{h_1 + h_2 + \dots}$$

ხიმინჯოვანი საძირკვლის გაანგარიშება დეფორმაციებზე წარმოებს ანალოგიურად, როგორც მცირე ჩაღრმავების საძირკვლების ბუნებრივ ფუძეზე შრეობრივი შეჯამების მეთოდით, რომელსაც ჩვენ ზემოთ გავეცანით.

თავი 8. ფუძეების ხელოვნური გაუმჯობესება

იმ შემთხვევაში, როდესაც მიწის ზედაპირზე მდებარეობენ სუსტი გრუნტები, ხიმინჯოვანი საძირკვლების მოწყობასთან ერთად რიგ შემთხვევაში მიზანშეწონილია ფუძეების თვისებების ხელოვნური გაუმჯობესება. ფუძეებში გრუნტების მუშაობას აუმჯობესებენ კონსტრუქციული მეთოდებით, ხოლო გრუნტების თვისებებს – მათი შემკვრივებით და შემაგრებით.

კონსტრუქციულ მეთოდებს მიეკუთვნება გრუნტების ბალიშების მოწყობა, შპუნტური ზღუდარის მოწყობა, გრუნტის არმირება.

გრუნტების შესამკვრივებლად მიმართავენ შემდეგ მეთოდებს: ზედაპირული შემკვრივება, სიღრმითი ვიბროშემკვრივება, გრუნტის და ქვიშოვანი ხიმინჯების მოწყობა, შემკვრივება სტატიკური დატვირთვით, ვერტიკალური დრენაჟების გამოყენებით, შემკვრივება წყლის დონის დაწვეით, მათ შორის ელექტროოსმოსი.

გრუნტის შემაგრებიდან ფართოდ ცნობილია შემდეგი: სილიკატიზაცია ცემენტაცია, ქიმიური და ელექტროქიმიური მეთოდები, ბიტუმიზაცია, გათიხიანება და სხ.

§8.1 გრუნტების მუშაობის გაუმჯობესების კონსტრუქციული მეთოდები

1. გრუნტის ბალიშების მოწყობა.

ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც გრუნტზე მოქმედებს თანაბრად განაწილებული დატვირთვა, ყველაზე დიდი ნორმალური ძაბვები წარმოიქმნება უშუალოდ დატვირთვების მოდების წერტილებში. სიღრმეში და დატვირთვის გვერდით, ძაბვები მკვეთრად მცირდება. თუ

ძერის ზონებში სუსტ გრუნტს შევცვლით ნაკლებადკუმშვადი გრუნტებით, ამით შეიძლება მნიშვნელოვნად გავაუმჯობესოთ გრუნტების მუშაობა ფუძეში. ამის მაგალითია საძირკვლების ქვემოთ ქვიშის ან ღორღის ხრეშის ბალიშების მოწყობა (ნახ. 8.1).

ქვიშის ბალიშის სიგანეს განსაზღვრავს β კუთხე, რომელიც ხრეშებისათვის აიღება $30^{\circ}-35^{\circ}$, ხოლო ქვიშებისათვის $40^{\circ}-45^{\circ}$. აქ განიხილავენ ორ შემთხვევას:

ა) როდესაც სუსტი გრუნტის სისქე საძირკვლის ძირის ქვემოთ არ აღემატება 3-4 მეტრს. ის მთლიანად უნდა შეიცვალოს ქვიშის ან ხრეშის ბალიშით. ქვიშის ბალიშის სიგანე იანგარიშება ფორმულით:

$$b' = b + 2z \tan \beta \quad (8.1)$$

სადაც z ქვიშის ბალიშის სისქეა.

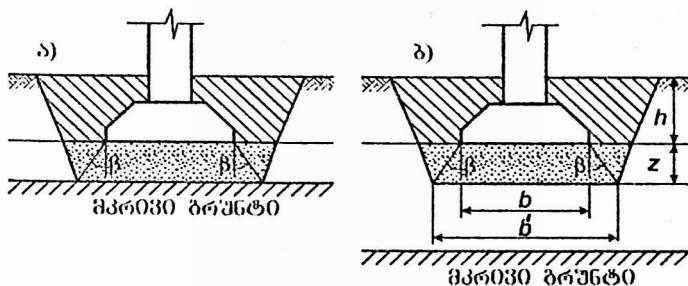
ბ) როდესაც სუსტი გრუნტის სისქე მეტია 4 მეტრზე (ნახ. 8.1 ბ) ქვიშის ბალიშის სისქეს განსაზღვრავენ შემდეგი პირობების მიხედვით:

$$1) \quad \gamma(h+z) + \alpha p_0 \leq R \quad (8.2)$$

h — საძირკვლის ჩაღრმავება; z — ქვიშის ბალიშის სისქე; α — ძაბვების გაბნევის კოეფიციენტი; γ — საძირკვლისა და ქვიშის ბალიშის ჩაღრმავების არეში მოქცეული გრუნტების საშუალო კუთრი წონა; p_0 — შემამკვრივებელი წნევა საძირკვლის ძირზე. R — სუსტი გრუნტის საანგარიშო წინაღობა საძირკვლის ძირზე.

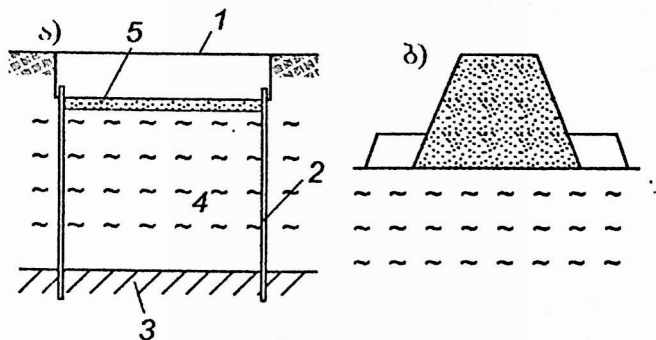
$$2) \quad S_1 + S_2 \leq S_{\text{ზღვრ}}$$

სადაც S_1 და S_2 შესაბამისად ქვიშის ბალიშების და სუსტი გრუნტების დეფორმაციები (ჯდომები); $S_{\text{ზღვრ}}$ — დეფორმაციის ზღვრული ანუ დასაშვები მნიშვნელობა.



ნახ. 8.1 ქვიშოვანი ბალიშების საანგარიშო სქემები

2. შპუნტური შემოზღუდვები, გვერდითი დატვირთვები და გრუნტის არმირება. საძირკვიდან გრუნტის გამობურცვის თავიდან აცილების მიზნით ზოგჯერ იყენებენ ფუძის შპუნტურ შემოზღუდვებს (ნახ. 8.2ა).



ნახ. 8.2 სუსტი გრუნტების გამაგრება

ასეთ შემთხვევაში სუსტი გრუნტების ფენის ქვემოთ 4 შედარებით მკვრივ გრუნტში 3 ჩაასობენ შპუნტს 2, რომელსაც ამაგრებენ საძირკვის ფილაში 1, რომლის ქვემოთ აწყობენ ქვიშის დრენაჟს 5. სუსტი გრუნტის გამობურცვის

თავიდან აცილების მიზნით ზოგიერთ შემთხვევაში აწყობენ გრუნტის გვერდით ფენებს. ასეთ გადაწყვეტას მიმართავენ ნაყარი გრუნტის შემთხვევებში.

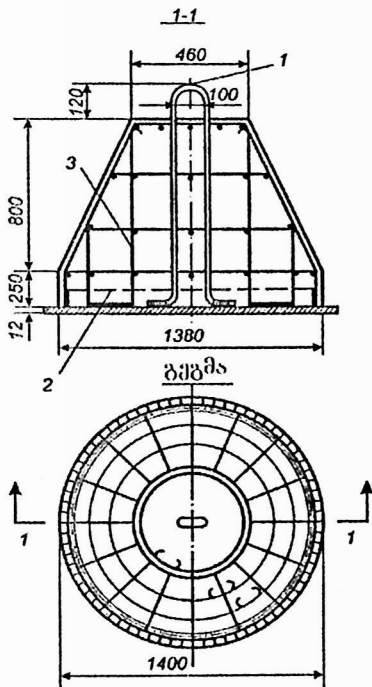
ამასვე შეიძლება მივალწიოთ ნაყარი გრუნტის ქვედა ფენების არმირებით. გრუნტის არმირებით შეიძლება მკვეთრად გაეზარდოს საყრდენი კედლების მდგრადობა. ქვიშოვანი გრუნტების შემთხვევაში შეიძლება არმირებული იქნას ფუძეებიც.

§8.2 გრუნტების შემკვრივება

გრუნტების შემკვრივება შეიძლება განხორციელდეს ორი ხერხით: ზედაპირული და სიღრმითი.

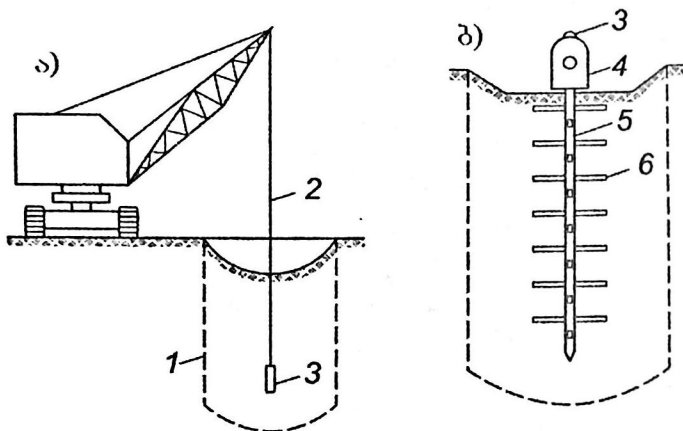
გრუნტის ზედაპირული შემკვრივება შეიძლება განხორციელდეს ქვაბულის ძირის დატკეპნით. შეიძლება შევამკვრივოთ ზოგიერთი ტიპის გრუნტები და ამით მნიშვნელოვნად გავაუმჯობესოთ მათი თვისებები. ასეთ გრუნტებს მიეკუთვნება წყალგაუქვლენთავი თიხოვანი გრუნტები, აგრეთვე მსხვილნამტვრევი და ქვიშოვანი გრუნტები.

ზედაპირული შემკვრივება შეიძლება განხორციელდეს საგორავებით და მძიმე სატკეპნებით. პირველ შემთხვევაში შემკვრივების სიღრმე, რაც გამოიყენება მცირეტენიანი, ფხვიერი ქვიშოვანი გრუნტების შესამკვრივებლად, აღწევს $0,5 \div 0,7$ მ. მძიმე სატკეპნები (ნახ. 8.3) მზადდება რკინაბეტონისაგან წონით 2-დან 7 ტონამდე. ისინი შეიკიდება თვითმავალი ამწის ისარზე, ვარდება $3,5 \div 5,0$ მ-ის სიმაღლიდან და ამკვრივებს გრუნტს. ამ შემთხვევაში შემკვრივების სიღრმე აღწევს 3,5 მ-ს.



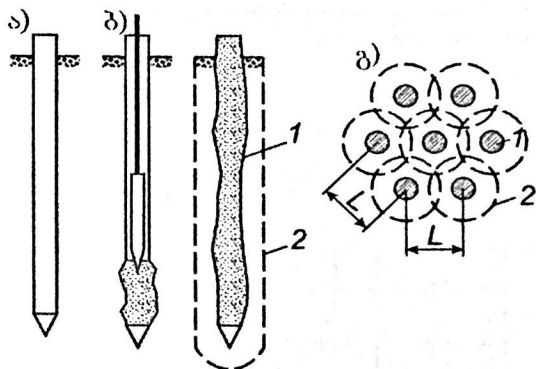
ნახ. 83 მძიმე სატკეპნის სქემა

წყლით გაუღენთილი ქვიშოვანი გრუნტების შესამკვრივებლად იყენებენ სიღრმით ვიბრირებას. ქვიშების ვიბროშემკვრივება შეიძლება განხორციელდეს ორგვარი წესით: ვიბრატორის ჩაძირვით (ვიბრონემსები) ქვიშებში (ნახ. 8.4ა) ან გრუნტში ღეროს ჩაშვებით, რომლის თავზე მიმაგრებულია ვიბროჩამძირავი (ნახ. 8.4ბ) ორივე შემთხვევაში ქვიშას გადაეცემა რხევითი მოძრაობები, რის შედეგადაც ის თანდათანობით შემკვრივდება.



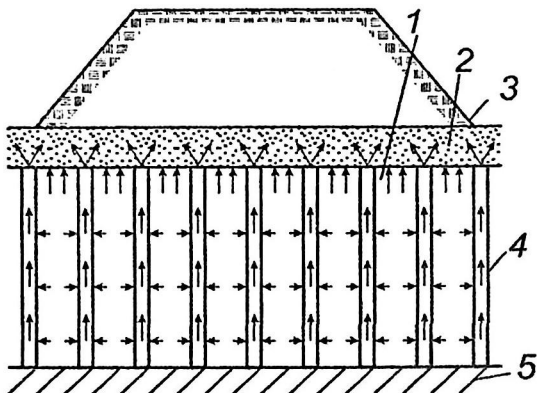
ნახ. 8.4 წყლით გაუღენთილი ქვიშების შემკვრივება ვიბრირებით:
 1. შემკვრივების საზღვარი; 2. ტროსი 3. ვიბრატორი;
 4. ვიბრატორჩამძირავი 5. ღერო; 6. მიღვლებული ღეროები.

ვიბრაციით კარგად შემკვრივდება ყველა ქვიშები, გარდა ფხვიერისა. მათ შესამკვრივებლად გამოიყენება კამუფლუტური აფეთქებები. ლიოსებრი და დატორფილი გრუნტები შეიძლება შევამკვრივოთ ქვიშოვანი ან თიხოვანი ხიმიწავებთ. ამისათვის გრუნტში ჩაუშვებენ ინვენტარულ მილს გასაშლელი ქუსლით. ინვენტარულ მილს ჩაუშვებენ ვიბრირებით ან დარტყმით შემდეგ მილში ათავსებენ პორციებად ქვიშას, ტკეპნიან მას და ერთდროულად იღებენ ინვენტარულ მილს (ნახ. 8.5). ამ პროცესს აგრძელებენ მანამ სანამ ჭაური მთლიანად არ შეივსება ქვიშით.



ნახ. 8.5 ქვიშოვანი ხიმინჯების დამზადების თანმიმდევრობა (ა-გ)
და მათი განლაგება გეგმაში.
1. ხიმინჯი; 2. შემკვრივების ზონა.

გრუნტის შემკვრივებული მდგომარეობის მისაღწევად გრუნტის ხიმინჯებს განალაგებენ ერთმანეთისაგან ორი-სამი დიამეტრის მანძილზე. ზოგიერთ შემთხვევაში დატორფილი და სუსტი წყლით გაჟღენთილი თიხოვანი გრუნტის შესამკვრივებლად იყენებენ კირის ხიმინჯებს. მათ ამზადებენ ქვიშის ხიმინჯის ანალოგიურად. ასეთ შემთხვევაში მიღში ჩაყრიან ჩაუმქრალ კირს. კირის ჩაქრობა წარმოებს წყლის მიგრაციის შედეგად გარემომცველი გრუნტიდან ხიმინჯისაკენ, რაც ხელს უწყობს სუსტი დატორფილი ან თიხოვანი გრუნტების შემკვრივებას. ჩაქრობის პროცესში კირი მატულობს მოცულობაში და აწევა გარემომცველ გრუნტს. ზემოთ აღნიშნული ხერხებით არ შეიძლება შემკვრივდეს სუსტი წყლით გაჟღენთილი თიხოვანი გრუნტები და ტორფები, ვინაიდან ისინი ხასიათდებიან მცირე წყალგამტარობით. ასეთი გრუნტების შესამკვრივებლად იყენებენ სტატიკურ დატვირთვას ყრილების სახით. ამასთან შემკვრივების პროცესის დასაჩქარებლად აწევენ ვერტიკალურ დრენებს.



ნახ. 8.6 სუსტი გრუნტის სტატიკური დატვირთვით შემკვრივების სქემა.

1. სუსტი გრუნტი; 2. ქვიშის ფენა; 3. ყრილი; 4. ვერტიკალური დრენაჟი; 5. მკვრივი გრუნტი.

ყრილიდან გადაცემული დატვირთვა რამდენადმე უნდა აღემატებოდეს დასაპროექტებელი ნაგებობიდან გადაცემულ დატვირთვას.

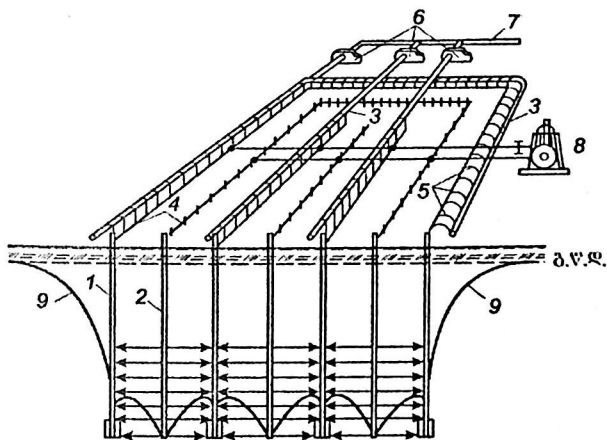
ვერტიკალურ დრენებს ამზადებენ ქვიშებისაგან, ისევე როგორც ქვიშის ხიმინჯებს, მაგრამ განალაგებენ გაცილებით მეჩხრად, ყოველი 2-4 მ-ის შემდგომ.

სუსტი თიხოვანი გრუნტები შეიძლება შევამკვრივოთ, გრუნტის წყლების ხელოვნური დაწვეით, გრუნტის წყლების ამოქაჩვით ჭაურებიდან.

სუსტად ფილტრირებადი თიხოვანი გრუნტები ხშირ შემთხვევაში არ კარგავენ წყალს. ასეთ შემთხვევაში მათ შესამკვრიველად მიმართავენ ელექტროოსმოსს.

ამისათვის გრუნტში ჩაუშვებენ ელექტროდებს და ატარებენ მუდმივ ელექტრულ დენს. ფორული წყალი დენის გატარების შემდეგ კონცენტრირდება კათოდთან. კათოდი

მზადდება ნემსაფილტრის სახით, რომელიც წარმოადგენს მილს დიამეტრით 40-50 მმ. (ნახ. 8.7), საიდანაც ამოტუმბავენ წყალს.



ნახ. 8.7 გრუნტის ელექტრული გამოშრობის სქემა

1. ნემსაფილტრები – კათოდები; 2. ლითონის ღეროები – ანოდები;
3. კოლექტორი; 4. ელექტრული სადენები; 5. მოქნილი შლანგები;
6. ტუმბოები; 7. წყალამრიდი; 8. გენერატორი; 9. დეპრესიის მრუდი

ელექტროსმოსის გამოყენების დროს გრუნტი საკმაოდ სწრაფად მკვერივდება, რის შედეგადაც უმჯობესდება მისი სამშენებლო თვისებები.

§8.3 გრუნტების შემაგრება

ცემენტაციას (მაღალი წნევით ცემენტის ხსნარის შეტანა) მიმართავენ ისეთი გრუნტების გასამაგრებლად, რომელთაც ახასიათებთ მაღალი წყალკონადობა (დაბზარული

კლდოვანი გრუნტები, ღორღი და მსხვილი ქვიშა). გრუნტების ცემენტაციას მიმართავენ მათი წყალუონადობის შესამცირებლად, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში მათი სიმტკიცის გაზრდის მიზნით. გრუნტების ცემენტაციისათვის უმრავლეს შემთხვევაში იყენებენ სუფთა ცემენტის ხსნარს, ე.ი. ცემენტის ნარევს წყალთან, ზოგიერთ შემთხვევაში ხსნარში შეურევენ წვრილ ქვიშას. ცემენტაციას მიმართავენ აგრეთვე თვით საძირკვლის წყალუონადობის შესამცირებლად და მისი მასალის სიმტკიცის გაზრდის მიზნით.

ქიმიური ხსნარები ადვილად აღწევენ ქვიშების და სხვა გრუნტების ფორებში. ამუამად სამშენებლო პრაქტიკაში გამოიყენება გრუნტების სილიკატიზაციის ორი მეთოდი: ორხსნარიანი და ერთხსნარიანი.

სილიკატიზაციის ორხსნარიან მეთოდს იყენებენ მსხვილი და საშუალო სიმსხოს ქვიშების შესამაგრებლად. ამ მეთოდის შემთხვევაში გრუნტში თანმიმდევრობით ჩაყურსავენ ნატრიუმის სილიკატს და ქლოროვანი კალციუმის ხსნარებს (Na_2OSiO_2 და $CaCl_2$).

ორხსნარიანი მეთოდის დროს ქვიშაში ჩაყურსავენ ინექტორს, რომლის მეშვეობით გრუნტში თავდაპირველად ჩაუშვებენ ნატრიუმის სილიკატის ხსნარს. იმ შემთხვევაში, როდესაც შესამაგრებელი გრუნტის სისქე აღემატება 1 მ-ს, ინექტორს ხსნარის მიწოდების შემდეგ ისევ ჩაუშვებენ 1 მ სიღრმეზე და მასში ისევ ჩაყურსავენ ნატრიუმის სილიკატის ხსნარს, მანამ სანამ ინექტორის ქვედა ბოლო არ მიაღწევს იმ სიღრმეს, რომელზეც საჭიროა გრუნტის შემაგრება. შემდეგ ამავე ინექტორით გრუნტში აწოდებენ ქლოროვანი კალციუმის ხსნარს.

განალაგებენ რა ინექტორებს ჭადრაკისებურად, გრუნტს ამაგრებენ საჭირო მოცულობის საზღვრებში (ნახ. 8.8).

სილიკატიზაციის ერთხსნარიან მეთოდს მიმართავენ ისეთ გრუნტებში, რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტი მეტია 0,1-0,2 მ/დღე-ღამეში.

თერმულ მეთოდს მიმართავენ ლიოსისებრი გრუნტების

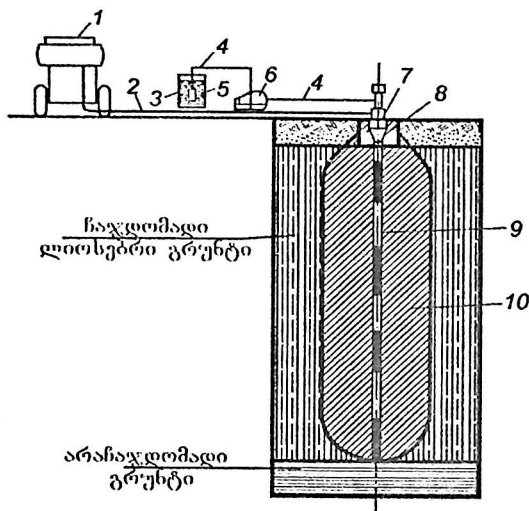
ნაჯდომადობის თავიდან აცილების მიზნით და მათი სიმტკიცისა და წყალმდგრადობის გაზრდის მიზნით. უფრო ხშირად მას იყენებენ მაშინ, თუ ფუძეების დასველების შემთხვევაში ნაგებობა იძენს არათანაბარ ჯდომებს.

თერმული შემაგრების არსი მდგომარეობს გრუნტის სტრუქტურული კავშირების სიმტკიცის გაზრდაში მაღალი ტემპერატურების გავლენით. გრუნტის გამოწვის მიზნით გაბურღულ ჭაურებში (დიამეტრით 200 მმ) წვავენ სათბობს (გაზისებური, თხევადი, ან მყარი), რომლის მიზნით ჩვეულებრივ იყენებენ ბუნებრივ გაზს, დიზელს, მაზუთს და სხვა. წვის პროცესის შენარჩუნების მიზნით, ჭაურებში აწოდებენ ჰაერს 0,015-დან 0,05 მპა წნევით (ნახ. 8.8).

გრუნტის გამოწვა გრძელდება 5-10 დღე. 80-100 კგ თხევადი საწვავის დახარჯვის შემთხვევაში ჭაურის 1 მ სიგრძეზე მის გარშემო წარმოიქმნება შემაგრებული გრუნტი დიამეტრით 1,5-3 მ სიმტკიცით 1-3 მპა.

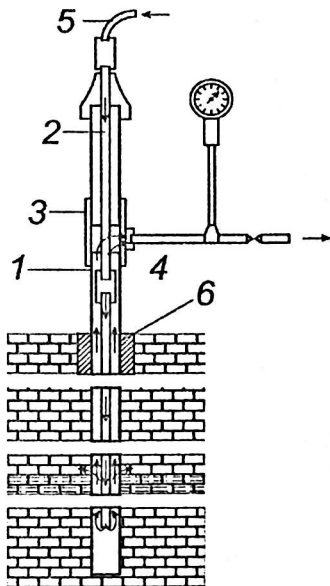
გრუნტების გამოწვით შემაგრების ღირებულება ბევრად ნაკლებია სილიკატიზაციის და ელექტრიქიმიური შემაგრებით ღირებულებაზე.

ბიტუმიზაციას იყენებენ დაბზარული კლდოვანი გრუნტების წყალჟონადობის შესამცირებლად. ამის შედეგად ქვიშების ფილტრაციის კოეფიციენტი რამდენიმეჯერ მცირდება.



ნახ. 8.8 გრუნტის თერმული გამაგრების დანადგარის სქემა
 1. კომპრესორი; 2. ჰაერის მიწოდება წვის კამერაში; 3. ჭურჭელი
 საწვავით; 4. საწვავის მილი; 5. საწვავის გამწმენდი ფილტრი; 6.
 საწვავის ჭაურში მიმწოდებელი ტუმბო. 7. სამკაპი; 8. წვის კამერა;
 9. ჭაური; 10. გრუნტის თერმული შემაგრების ზონა.

ცემენტაციას მიმართავენ დაბზარული კლდეების მსხვილი და საშუალო სიმსხოს ქვიშების შესამაგრებლად. დასაცემენტებელ გრუნტებში დაამუშავებენ 65 მმ დიამეტრიან ღრმულს, რომელშიც დგამენ დასერეტილკედლებიან მილს, სადაც წნევით ჩააწოდებენ ცემენტის ხსნარს (ნახ. 8.9).



ნახ. 89 ცემენტაციის ტექნოლოგიური სქემა:

1. გარე მილი; 2. მკვებაგი მილი; 3. სამკაპი; 4. ხსნარის უკანდასაბრუნებელი მილი; 5. ხსნარის მიმწოდებელი რეზინის შლანგი; 6. ბეტონის რგოლისებრი ტამპონი.

თავი 9. ღრმა ჩაშვების საძირკვლები

§ 9.1 ზოგადი დებულებები

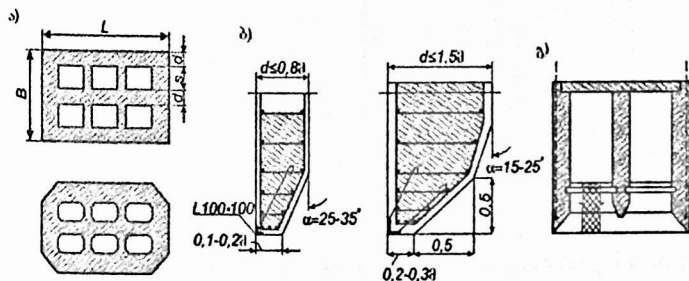
თანამედროვე სამშენებლო პრაქტიკაში იყენებენ აგრეთვე ღრმა ჩაშვების საძირკვლებს, თუმცა ხიმინჯოვან და ღია ქვაბულებში მოსაწყობ საძირკვლებთან შედარებით მათი გამოყენების არე შეზღუდულია. ძირითადად ამ სახის საძირკვლებს იყენებენ უნიკალური ნაგებობების აგების დროს – როდესაც ფუძეებს გადაეცემა მნიშვნელოვანი დატვირთვები, აგრეთვე ნაგებობათა მიწისქვეშა კონსტრუქციების მშენებლობის დროს, ჰიდროტექნიკურ და სახიდო მშენებლობაში.

ღრმა ჩაშვების საძირკვლები სხვა ტიპის საძირკვლებისგან განსხვავდებიან შემდეგი სპეციფიკური თვისებებით. ჯერ ერთი – არ საჭიროებენ ქვაბულების წინასწარ დამუშავებას, მეორე – ამ შემთხვევაში გამორიცხულია გრუნტის გამოზურცვა მიწის ზედაპირზე, მესამე – ღრმა ჩაშვების საძირკვლების მუშაობის თავისებურებები საშუალებას იძლევა, რომ მათ გადაეცეს მნიშვნელოვანი პორიზონტალური დატვირთვები და მომენტები. მეოთხე – ასეთი საძირკვლების მზიდუნარიანობა მნიშვნელოვნად უფრო მაღალია, ვინაიდან ნაგებობიდან გადაცემულ ვერტიკალურ დატვირთვებს თავის თავზე ღებულობს არა მხოლოდ საძირკვლის ძირის ქვემოთ მდებარე გრუნტი, არამედ საძირკვლის გვერდით ზედაპირზე განვითარებული ხახუნის ძალებიც.

ამჟამად, იყენებენ შემდეგი ტიპის ღრმა ჩაშვების საძირკვლებს: ჩასაშვები ჭები, კესონები, გარსები, საძირკვლები აგებული წესით “კედელი გრუნტში”.

§9.2 ჩასაშვები ჭები, გარსები და კესონები

ღრმა ჩაშვების საძირკვლების ყველაზე ტიპური წარმომადგენლებია ჩასაშვები ჭები, გარსები და კესონები.



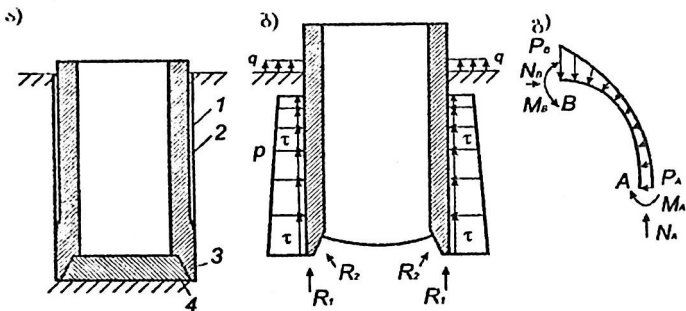
ნახ. 9.1 ჩასაშვები ჭების დეტალები

- ა) ჭის ფორმა გეგმაში; ბ) კონსოლების და დანების კონსტრუქცია; გ) კედლების ფორმა.

ჩასაშვები ჭა წარმოადგენს ანაკრებ ან მონოლითურ რკინაბეტონის კონსტრუქციას, რომელსაც გეგმაში შეიძლება ჰქონდეს სწორკუთხა ან რგოლისებრი ფორმა. მიმომასიურ ჩასაშვებ ჭებს, როგორც წესი აკეთებენ მონოლითურს, ხოლო შემსუბუქებულს – ანაკრები ხიმინჯი-გარსების სახით.

მასიური ჩასაშვები ჭა ეშვება გრუნტში შემდეგნაირად: ფუძის ზედაპირზე დგამენ საძირკვლის ცარიელ ქვედა ნაწილს, შემდეგ იყენებენ რა მიწისმთხრელ მექანიზმებს იღებენ ჭიდან გრუნტს. ჭა საკუთარი წონის გავლენით თანდათან ეშვება გრუნტში. საპროექტო ნიშნულის მიღწევის შემდეგ ჭის ქვედა ნაწილს აბეტონებენ. ჭის ჩასაშვებად გრუნტში მის ქვედა ნაწილს ამზადებენ ფოლადისაგან დანისებური ფორმის, ხოლო ხახუნის ძალების შემცირების მიზნით ჭის ჩაშვებისას გრუნტში, გარეთა მხრიდან აკეთებენ

ნაშევრს და წარმოქმნილ სიცარიელეს ავსებენ ბეტონისებური თიხის ხსნარით.



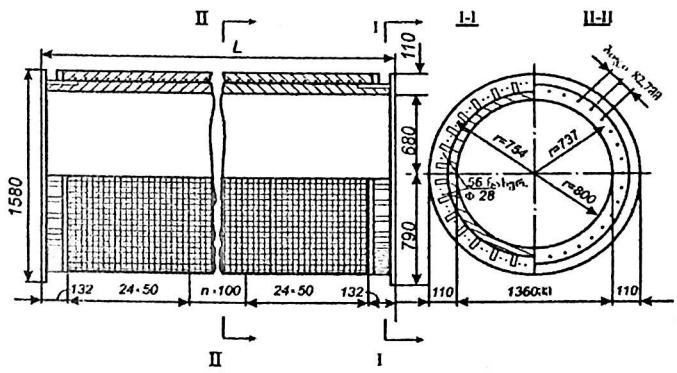
ნახ. 9.2 კონსტრუქციული დეტალები და დატვირთვები, რომლებიც მოქმედებენ ჭაზე:

- ა) ანაკრები ჩასაშვები ჭა; ბ) დატვირთვები, რომლებიც მოქმედებენ ჭაზე მისი ჩაშვებისას გრუნტში; გ) გრუნტის არათანაბარი წნევის ეპიურები გვერდით ზედაპირზე, არათანაბარი ჩაშვებისას.
 1. თავისუფალი არე, რომელიც ივსება თიხის ხსნარით; 2. ბეტონის კედელი; 3. ფოლადის დანა; 4. რკინაბეტონის ჭა.

ანაკრებ გარსებს აქვთ უმნიშვნელო საკუთარი წონა მასიურ ჩასაშვებ ჭებთან შედარებით, ამიტომ მათ გრუნტში ჩაუშვებენ იძულებით – ვიბრო ჩამძირავების და ვიბროურების საშუალებით. სამშენებლო პრაქტიკაში იყენებენ გარსებს დიამეტრით 1-დან 3-მდე კედლის სისქით 12 სმ.

გარსებს უშვებენ გრუნტში 30 მ და მეტ სიღრმეზე. ამ საძირკვლების უპირატესობაა ძალიან მაღალი მზიდუნარიანობა, ხოლო ნაკლია დიდი რხევების წარმოქმნა საძირკვლის ჩასობიდან მნიშვნელოვან მანძილზე, რის გამოც ისინი არაა რეკომენდებული გამოყენებული იქნან ქალაქების დასახლებულ რაიონებში. გარსების სექციები სიგრძით 6 ÷ 10 მ არმირდება გრძივი მუშა არმატურით დიამეტრით 16 ÷ 25 მმ. განივ არმატურად გამოიყენება სპირალი $\Phi 8 \div 10$

მმ. გარსებში გამოიყენება ბეტონი მარკით არანაკლები $B - 40$, ხოლო შესავსებად $B - 15$.



ნახ. 9.3 ჭა-გარსების არმირება

ჩასაშვები ჭების ჩაშვებისას აუცილებელია უზრუნველყოფილი იქნას მისი ვერტიკალური მდებარეობა. ჭის გადახრა ვერტიკალური მდგომარეობიდან შეიძლება აღმოფხვრილი იქნას გრუნტის დამატებითი დამუშავებით იმ ნაწილში, სადაც ჯდომა ნაკლებია.

ჩასაშვები ჭების ანგარიშს აწარმოებენ იმ დატვირთვებზე, რომლებიც წარმოიშობა როგორც ჭის ჩაშვების პროცესში, ასევე ექსპლუატაციის პერიოდში. ჩაშვების პროცესში ჭები განიცდიან შემდეგი დატვირთვების ზემოქმედებას: ჭის საკუთარი წონა, გრუნტის წნევა ჭის კედლებზე, გრუნტის რეაქტიული წნევა მოქმედი დანაზე და გვერდით ზედაპირზე მოქმედი ხახუნის ძალები (ნახ. 9.2).

ერთგვაროვანი გრუნტის შემთხვევაში ცილინდრული ჭის გვერდითი ზედაპირი განიცდის თანაბარ კუმშვას, რომლის ინტენსივობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma = 2R^2P(R^2 - r^2) \quad (9.1)$$

სადაც R ჭის გარეთა რადიუსია, P - გრუნტის წნევა იქ, სადაც განისაზღვრება ძაბვა; r - ჭის შიგნითა რადიუსია.

σ - მნიშვნელობა ნაპოვნი (9.1) ფორმულით არ უნდა აღემატებოდეს იმ საანგარიშო ძალვას, რომელიც შეუძლია აიტანოს რკინაბეტონის კედელმა.

ჭის კედლის სისქეს ამოწმებენ ფორმულით:

$$\sigma = R - r = r \left(\sqrt{\frac{\sigma}{\sigma - 2p}} - 1 \right) \quad (9.2)$$

სამშენებლო მოედანზე არაერთგვაროვანი გრუნტების არსებობის შემთხვევაში, არათანაბარი დატვირთვის შედეგად ჭის დახრის ან გრუნტის არათანაბარი ამოღების შემთხვევაში დატვირთვა ჭაზე შეიძლება გახდეს არათანაბარი, რაც აუცილებლად გამოიწვევს ჭის ღუნვას (ნახ. 9.2 გ).

ამ შემთხვევაში საანგარიშო ძაღვები, რომლებიც წარმოიქმნება ჭის განიეკვეთში განისაზღვრება ფორმულებით:

$$\begin{aligned} M_A &= -0,1488p_A \cdot r^2(k-1) \\ M_B &= 0,1366p_A \cdot r^2(k-1) \\ N_A &= p_A \cdot r[1 + 0,7854(k-1)] \\ N_B &= p_A \cdot r[1 + 0,5(k-1)] \end{aligned} \quad (9.3)$$

სადაც კოეფიციენტი: $k = p_B/p_A$

ამ დამოკიდებულებებით შეიძლება ვისარგებლოთ იმ შემთხვევაში, თუ რკინაბეტონის ჭისათვის სრულდება პირობა:

$$1,12 \leq \frac{R-r}{r} \leq 1,5 \quad (9.4)$$

p_A და p_B განსაზღვრავენ, როგორც წნევებს საყრდენ კედელზე.

გეგმაში სწორკუთხა ჭებს ანგარიშობენ ჰორიზონტალურ სიბრტყეში, როგორც სტატიკურად ურკვევ რკინაბეტონის ჩარჩოებს იმავე დატვირთვებზე, როგორც ცილინდრული ჭების შემთხვევაში. ჭის ჩაშვების შესაძლებლობას გამოწვეულს საკუთარი წონით განსაზღვრავენ უტოლობით:

$$G \geq (1,15 - 1,25)T \quad (9.5)$$

სადაც T ხახუნის ძალების ჯამია ჭების გვერდით ზედაპირზე.

ჭის ფსკერს ჩვეულებრივად ამზადებენ მონოლითური რკინაბეტონისაგან და ანგარიშობენ როგორც ფილოვან კონსტრუქციას, რომელზეც მოქმედებენ გრუნტის რეაქცია და წყლის ჰიდროსტატიკური წნევა. ძირითადად უხერხულობას ჭის ჩაშვების დროს წარმოადგენს გრუნტის დამუშავების მიწისქვეშა მეთოდი. ამან გამოიწვია საძირკვლების მოწყობის კესონური ხერხის გამოყენება.

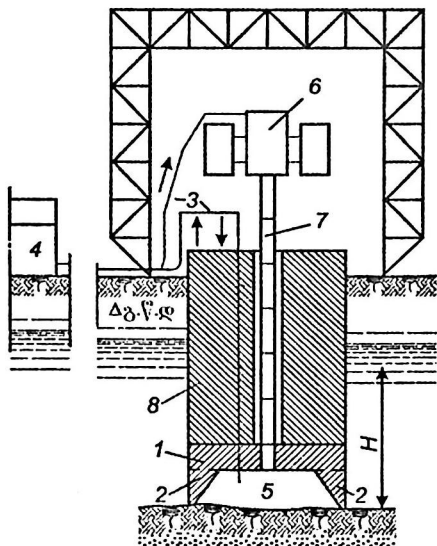
საძირკვლების აგების კესონური ხერხი ეფუძნება მიწის-ქვეშა წყლების ამოტუმბვას დასამუშავებელი გრუნტის ზონიდან ჭარბი შეკუმშული ჰაერის მიწოდების საშუალებით. ეს ხერხი განხორციელებული იყო XIX საუკუნეში. იმასთან დაკავშირებით, რომ ეს მეთოდი დაკავშირებულია ადამიანების ყოფნასთან მანვე გარემოში და ამ მეთოდის დროს გამოიყენება ძვირადღირებული მოწყობილობები, ამჟამად ამ მეთოდს იყენებენ შედარებით იშვიათად, განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, როდესაც ხიმინჯოვანი საძირკვლების და ჩასაშვები ჭების გამოყენება არ ხერხდება.

კესონი წარმოადგენს ქვემოდან ღია ყუთს (ნახ. 9.4), რომელსაც აქვს სახურავი 1 და გვერდითი კედლური კონსოლები 2. მუშა კამერაში 5 უშვებენ შეკუმშულ ჰაერს 3 მიღებით. ადამიანების გასასვლელად მუშა კამერაში, აგრეთვე მოწყობილობების და დანადგარების მისაწოდებლად შახტურ მილზე 4 ათავსებენ შლიუზისებრ აპარატს 6. გრუნტის დამუშავებას ხშირად აწარმოებენ ჰიდრომონიტო-

რით 7. ერთდროულად გრუნტის დამუშავებასთან მიმდინარეობს კესონის თავზე ბეტონის წყობა 8.

გრუნტის დამუშავებასთან ერთად, კესონი საკუთარი წონითა და მის სახურავზე წყობის გავლენით ეშვება გრუნტში (ნახ. 9.4). საპროექტო ნიშნულის მიღწევის შემდეგ შახტურ მიღებს და შლიუზისებრ აპარატს აშორებენ, ხოლო მუშა კამერას ავსებენ წყობით ან ბეტონით.

კესონებს ამზადებენ მონოლითური ან ანაკრები რკინაბეტონისაგან და ანგარიშობენ იმავე დატვირთვებზე რაზეც ჩასაშვებ ჭებს დამატებითი დატვირთვების გათვალისწინებით: წყობისაგან და მუშა კამერაზე დამატებითი წნევისაგან.



ნახ. 9.4 ღრმა ჩაშვების საძირკვლის აგება კესონური წესით

§9.3 მიწისქვეშა ნაგებობათა დაპროექტება ხერხით – "კედელი გრუნტში"

"კედელი გრუნტში" – წარმოადგენს მიწისქვეშა ნაგებობების განსაკუთრებულ სახეობას, რომელიც გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულების სამრეწველო და სამოქალაქო ნაგებობებში. "კედელი გრუნტში" შეიძლება გამოყენებული იქნას, როგორ მზიდი და შემომფარგველი კონსტრუქცია, ფილტრაციის საწინააღმდეგო ფარდა და ა. შ.

"კედელი გრუნტში" – ამ ხერხის გამოყენება დაუშვებელია ისეთ სამშენებლო მოედნებზე, რომლებსაც ახასიათებთ არამდგრადი გეოლოგიური პირობები (კარსტული მოვლენები, მეწყერი და სხვა), მსხვილნამტკრევ გრუნტებში. გრუნტში ნაწილებს შორის შეუვსებელი სიცარიელებით, ღამებში.

"კედელი გრუნტში" – ამ ხერხის გამოყენება რეკომენდებულია შემდეგ ნაგებობათა დაპროექტების დროს:

ა) სამრეწველო და სამოქალაქო ნაგებობებში (მიწისქვეშა სართულები, მიწისქვეშა ტექნოლოგიური გალერეები და სხვა).

ბ) სატრანსპორტო ნაგებობები (მიწისქვეშა გადასასვლელები, მცირე ჩაღრმავების მეტროპოლიტენის სადგურები და გვირაბები, მიწისქვეშა მაგისტრალები).

გ) ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებში (კაშხლის ფიტრაციის საწინააღმდეგო ფარდები, დამბები, შლუზები, ნაპირმისაღვომი კედლები და სხვა).

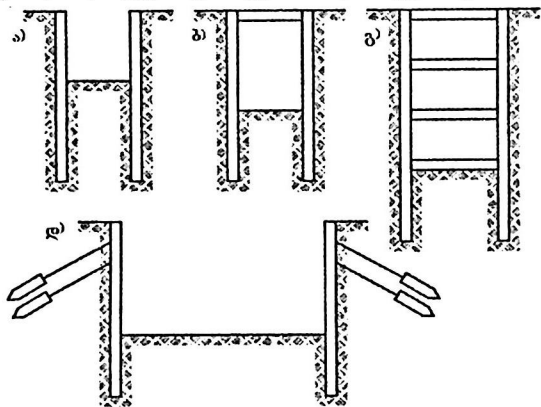
დ) ქვაბულების დასაცველად მიწისქვეშა წყლების მოდინებისაგან.

"კედლის გრუნტში" მასალად გამოიყენება ბეტონი – მონოლითური კედლის დასამზადებლად მარკით $\geq B20$, ხოლო ასაწყობი რკინაბეტონის შემთხვევაში $\geq B30$, გრუნტი (თიხა) და სხვა. როგორც წესი ნაგებობის დაპროექტებისას, რომელიც უნდა აიგოს ხერხით "კედელი გრუნტში" სპეციალური ჰიდროიზოლაცია არ არის გათვალისწინებული.

ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში ნაგებობათა მიწისზედა ნაწილები, რომლებიც ეყრდნობიან მიწისქვეშა ნაწილებს, აგებულს ხერხით "კედელი გრუნტში", უნდა იყოს გამოყოფილი სადეფორმაციო ნაკერებით იმ კონსტრუქციებისაგან, რომელთა საძირკვლებს შეიძლება ჰქონდეთ სხვა ჯდომა.

სამშენებლო პრაქტიკაში ყველაზე უფრო გავრცელებულია ორი ტიპი კონსტრუქციისა "კედელი გრუნტში" – ხიმინჯოვანი რომლებიც აიგება ერთმანეთის გადაკვეთი ნაბურღი დანატენი ხიმინჯებისაგან და სატრანშეო.

მიწისქვეშა ნაგებობათა კედლების კონსტრუქციული სქემები შეირჩევა ნაგებობის ზომების, მისი გეგმაში ფორმის, საანგარიშო დატვირთვების ხასიათისა და სიდიდის მიხედვით და სხვა ფაქტორებით. კონსტრუქციული სქემები ნაგებობებისა, რომლებსაც გეგმაში აქვთ სწორკუთხა ფორმა (პარალელური კედლებით (ნახ. 9.5) გამოიყენება სატრანსპორტო გვირაბების, მიწისქვეშა გარაჟებისა და ნაგებობებისათვის.



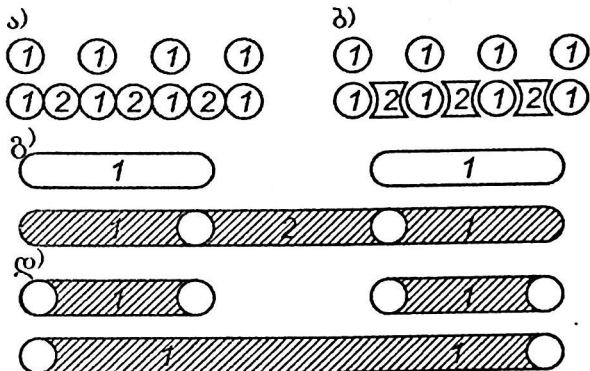
ნახ. 9.5 ა) კონსოლიანი კედლები ქვედა ნაწილის გრუნტში ჩამაგრებით. ბ) კედლები ერთ და მრვაღსართულიანი ჩამაგრებით სიმაღლეზე გამბრჯენებით. გ) კედლები ანკერული ჩამაგრებით.

წყალსაწნევი სადგურები, რეზერვუარები და ა. შ. როგორც წესი პროექტდება გეგმაში წრიული მოხაზულობის.

თუ ნაგებობათა კედლების მდგრადობა არ არის უზრუნველყოფილი მათი გრუნტში ჩამაგრებით, მაშინ პროექტით უნდა უზრუნველყოფილი იქნას საანკერო კონსტრუქციებით მიწისქვეშა სათავსოების ზომები, მათი იატაკის ნიშნული გადახურების განლაგება მიიღება დაპროექტების დავალებით. კედლების საერთო სიღრმე განისაზღვრება ნაგებობის სიღრმეს პლუს კედლის ჩაღრმავება გრუნტში ქვაბულის დონის ქვემოთ.

ა) კედელი მონოლითური რკინაბეტონისაგან.

მზიდი მონოლითური კედლის სისქე განსაზღვრება გაანგარიშებით სიმტკიცეზე. ამასთან მხედველობაში მიიღება მოწყობილობა, რომელიც გამოიყენება ტრანშეის მოსაწყობად. იმ მოწყობილობის მიხედვით, რომელიც გამოიყენება მიწის დასამუშავებლად, მზიდი მონოლითური კედლის სისქე შეიძლება იყოს 40, 60, 80 და 100 სმ.

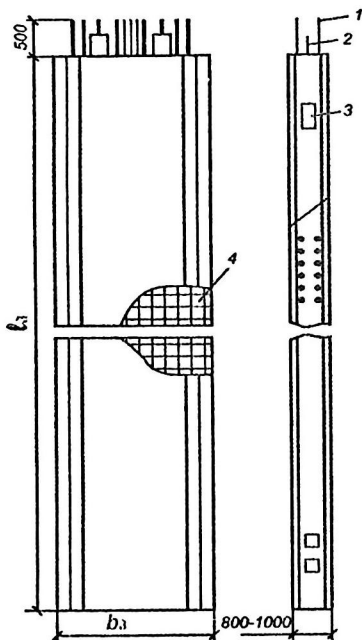


ნახ. 9.6 მონოლითური კედლის მოწყობის სქემა

- ა) გადამკვეთი ხიმინჯები; ბ) შეერთებული ხიმინჯები;
 გ) გადამკვეთი ქვაბულები; დ) ურთიერთგადამკვეთი ქვაბულები.

მონოლითური კედლის არმატურის კარკასი მზადდება პერიოდული პროფილის არმატურისაგან (არმატურა ეწყობა საჭიროების შემთხვევაში).

ბ) კედელი შესაძლებელია დამზადებული იქნას ასაწყობი რკინაბეტონისაგან. ასაწყობი კედლები უნდა იქნას დაპროექტებული დაანკერებისათვის.



ნახ. 9.7 ბრტყელი კედლური პანელი.

1 არმატურის ნაშვერები; 2. სამონტაჟო პეტლები; 3. ჩასატანებელი დეტალები; 4. მუშა არმატურა; 1.1 – პანელის სიგრძე; b – პანელის სიგანე.

ანაკრები კედლები მზადდება ბრტყელი ღრუებიანი და წიბოვანი პანელებისაგან.

ანაკრები რკინაბეტონის გამოყენებას მიწისქვეშა ნაგებობების მშენებლობისას "კედელი გრუნტში" დამზადების წესით აქვს რიგი უპირატესობები მონოლითურთან შედარებით:

ა) მაღალი ხარისხი და ბეტონის მცირე წყალკონაღობა ანაკრები პანელების.

ბ) შესაძლებლობა იმისა, რომ ქარხნული წესით დამზადებისას პანელების ზედაპირს მიეცეს საჭირო მოპირკეთება.

გ) ჩასატანებელი ელემენტების განლაგების სიადვილე.

დ) კედლის ჩაღრმავების შემთხვევაში 10-12 მ კედლის სისქის შემცირების შესაძლებლობა 15-30 სმ-მდე.

§9.4 ღრმა ჩაშვების საძირკვლების გაანგარიშების საფუძვლები

ღრმა ჩაშვების საძირკვლების გამოყენების დროს საძირკვლის ჯდომის წნევაზე დამოკიდებულების გრაფიკს აქვს მკვეთრად გამოხატული არაწრფივი ხასიათი (მრუდი 3, ნახ. 9.8). ამასთან, ეს დამოკიდებულება ხასიათდება გარდატეხის წერტილის a -ს არსებობით, რომლითაც ხასიათდება მცირე ჩაღრმავების საძირკვლები (მრუდი 1) და დასასობი ხახუნის ხიმინჯები (მრუდი 2). შემდეგი განმასხვავებელი ღრმა ჩაშვების საძირკვლების მუშაობისა სხვა საძირკვლებთან შედარებით არის გაცილებით ნაკლები აბსოლუტური ჯდომა. ეს აიხსნება იმით, რომ ღრმა საძირკვლების ძირის ქვემოთ განლაგებულია უფრო მკვერივი გრუნტები და გამორიცხულია გრუნტის გამობურცვა ზედაპირზე.

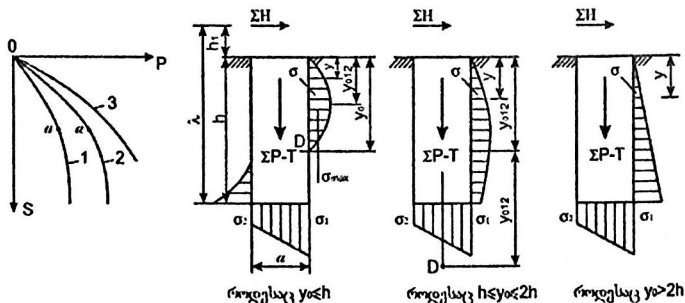
ღრმა ჩაშვების საძირკვლების გაანგარიშება წარმოებს

ზღვრულ მდგომარეობათა I და II ჯგუფით, მაგრამ ამასთან აუცილებელია გამოყენებული იქნას არაწრფივი გრუნტების მექანიკის მეთოდები, რომლებიც მნიშვნელოვნად ართულებენ ანგარიშს.

იმ შემთხვევაში, როდესაც სამშენებლო ნორმებით და წესებით დასაშვებია ანგარიში ვაწარმოთ გრუნტის წინაღობის მიხედვით, იგი წარმოებს ჯდომების განსაზღვრის ცნობილი მეთოდებით, ამასთან, მხედველობაში მიიღება ხახუნის ძალები, რომლებიც წარმოიშობა საძირკვლის გვერდით ზედაპირზე. ამ შემთხვევაში საძირკვლის ძირზე საშუალო წნევა,

$$\sigma = \frac{\Sigma P - T}{A}$$

(9.6)



ნახ. 9.8 ღრმა საძირკვლის გრუნტში მუშაობის სქემა:

- 1 - აგებული საძირკვლებისათვის 2 - იგივე ხიმნჯებისათვის 3 - იგივე ღრმა ჩაშვების საძირკვლებისათვის

სადაც P - ვერტიკალური დატვირთვების ჯამია საძირკვლის ძირის დონეზე, A - საძირკვლის ძირის ფართობი, T - ხახუნის ძალა საძირკვლის გვერდით ზედაპირზე.

$$T = \tau \cdot u \cdot (h - 2,5)$$

(9.7)

სადაც τ - ხახუნის საშუალო კუთრი ძალა 1 მ^2 გვერდით ზედაპირზე (ჩვეულებრივ მიიღება $\tau = 20 \dots 30 \text{ კნ/მ}^2$); U - საძირკვლის ჰორიზონტალური განივკვეთის პერიმეტრია; h - საძირკვლის ჩაღრმავებაა. ზოგად შემთხვევაში ღრმა ჩაშვების საძირკველზე იმოქმედებენ ვერტიკალური, ჰორიზონტალური ძალები და მომენტი. ამ ძალების მოქმედებით საძირკველი შეიძლება მობრუნდეს რომელიღაც D წერტილის მიმართ (ნახ. 9.8), საძირკვლის მობრუნებას ეწინააღმდეგება გრუნტის წინაღობა არა მხოლოდ საძირკვლის ძირზე, არამედ მის გვერდით ზედაპირზე. საანგარიშო სქემაზე ყველა ვერტიკალური დატვირთვები იწვევენ ტოლქმედს $\Sigma P - T$, რომელიც ცენტრალურადაა მოდებული საძირკვლის ძირზე, ხოლო ჰორიზონტალური ძალები და მომენტი იწვევენ ჰორიზონტალურ ძალის ტოლქმედს ΣH , რომელიც საძირკვლის ძირიდან დაშორებულია λ მანძილზე.

წერტილის განლაგება შეიძლება იყოს სხვადასხვანაირი. იმ შემთხვევაში, როდესაც ჰორიზონტალური ძალების ტოლქმედი ΣH განლაგებულია შედარებით მაღლა, რხევის ტოლქმედი განლაგებული იქნება საძირკვლის ქვემო ნაწილში. როდესაც ეს ძალა მოქმედებს შუა ნაწილში D წერტილი განლაგებული იქნება საძირკვლის ქვემოთ.

საძირკვლის მობრუნების შედეგად საძირკვლის გვერდით ზედაპირზე წარმოიშობა რეაქტიული წნევები, რომლის ეპიურები ნაჩვენებია (ნახ. 9.8), ჰორიზონტალური მიმართულებით გრუნტის მახასიათებელია კოეფიციენტი C_γ , რომელიც სიღრმესთან ერთად წრფივად იზრდება:

$$C_\gamma = m\gamma \quad (9.8)$$

სადაც m -საგების კოეფიციენტია ჰორიზონტალური მიმართულებით.

საანგარიშო სქემის არჩევა სისტემისა საძირკველი-გრუნ-

ტი დამოკიდებულია საძირკვლისა და ფუძის სიხისტეების ფარდობაზე, რომელიც ხასიათდება დეფორმაციის კოეფიციენტით α :

$$\alpha = \sqrt[5]{m \cdot b/EI} \quad (9.9)$$

სადაც b - საძირკვლის სიგანეა, EI - საძირკვლის სიხისტე. როდესაც $\alpha \cdot h \leq 2,5$ ითვლება, რომ საძირკველს აქვს დიდი სიხისტე.

პორიზონტალური რეაქტიული წნევა, რომელიც წარმოიშობა, ხისტე საძირკვლის გვერდით ზედაპირზე განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma_y = \frac{6 \sum H}{A \cdot h} y(y_0 - y) \quad (9.10)$$

$$\text{სადაც } y_0 = \frac{\beta h^2 b(4\lambda - h) + 6aW}{2\beta h(3\lambda - h)} \quad (9.11)$$

$$A = \frac{\beta b h^3 + 18aW}{2\beta(3\lambda - h)} \quad (9.12)$$

$\beta = \frac{mh}{c}$ - ფარდობა საგების კოეფიციენტისა პორიზონტალური მიმართულებით საგების კოეფიციენტთან, ვერტიკალური მიმართულებით.

W - საძირკვლის ძირის წინაღობის მომენტი.

საძირკვლის ძირზე საკუთხო წნევები იანგარიშება ფორმულით:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sum P - T}{A} \pm \frac{3a \sum H}{A\beta} \quad (9.13)$$

მღუნავი მომენტი საძირკვლის კვეთში y სიღრმეზე:

$$M_y = \sum H \left\{ \lambda - h + y \left[1 - \frac{by^2}{2Ah} (2y_0 - y) \right] \right\} \quad (9.14)$$

ხისტი საძირკვლის მობრუნების (დახრის) კუთხე:

$$\omega = \frac{\epsilon \sum H^\sigma}{Amh} \quad (9.15)$$

მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშებისაგან განსხვავებით რეაქტიული წნევების და მობრუნების კუთხეების განსაზღვრისათვის მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული თვითონ საძირკვლის მღუნავი დეფორმაციები.

თავი 10. საძირკვლები სტრუქტურულად არამდგრად გრუნტებზე

§10.1 ზოგადი დებულებები

სტრუქტურულად არამდგრად გრუნტებზე სამოქალაქო ნაგებობების მშენებლობის და ექსპლუატაციის დროს გარკვეული საინჟინრო გეოლოგიური პირობების არსებობისას დაფიქსირებულია არათანაბარი ჯდომების მრავალი შემთხვევა, რომელსაც ხშირად მიყვავართ ნაგებობების მთლიან რღვევამდე. სტრუქტურულად არამდგრად გრუნტებს მიეკუთვნება ლიოსები, ფხვიერი ქვიშები, ლამები, მარადმზრალი გრუნტები, მტვროვან-თიხოვანი ჯირჯვადი გრუნტები.

მნიშვნელოვანი არათანაბარი ჯდომების განვითარება სტრუქტურულად არამდგრად გრუნტებში გამოწვეულია მათი ბუნებრივი სტრუქტურის დარღვევით. რომელიც თავის მხრივ გამოწვეულია მექანიკური ან ფიზიკური ზემოქმედებით. მექანიკური ზემოქმედება განპირობებულია გარე სტატიკური და დინამიური დატვირთვებით. მექანიკური დატვირთვებისადმი განსაკუთრებით მგრძობიარენი არიან სუსტი წყლით გაჟღენთილი მტვროვან-თიხოვანი გრუნტები, ლამები, დატორფილი გრუნტები, ფხვიერი ქვიშები და სხვა.

ფიზიკური ზემოქმედება, რომლის დროსაც ადგილი აქვს გრუნტის სტრუქტურულ რღვევას, განპირობებულია დამატებითი დასველებით, რომელმაც შეიძლება უარყოფითად იმოქმედოს ლიოსებზე და ჯირჯვად გრუნტებზე, მარადმზრალი გრუნტების გაღვლით, აგრეთვე ქიმიური და მექანიკური სუფფოზიით. ასეთ ზემოქმედებას მიყვავართ გრუნტის დეფორმირებადობის ზრდამდე სტრუქტურული კავშირების რღვევის გამო.

ნაგებობათა მშენებლობა და ექსპლუატაცია სტრუქტურულად არამდგრად გრუნტებზე საკმაოდ გართულებულია, ამიტომ დაპროექტებისას მხედველობაში უნდა იქნას მირე-

ბული პირობები, რომლის დროსაც შეიძლება დარღვეული იქნას მათი ბუნებრივი სტრუქტურა, განვითარდეს ჯდომები და მიღებული იქნას ზომები მათ აღმოსაფხვრელად.

§10.2 საძირკვლების მოწყობა სუსტ გრუნტებზე

სუსტად ითვლება წყლით გაჯენილი ძლიერშეკუმშვადი გრუნტები, რომლებიც გარე დატვირთვების მოდების შემდეგ კარგავენ სიმტკიცეს. ასეთ გრუნტებს მიეკუთვნება ფოროვან მტვროვან-თიხოვანი გრუნტები დენად ან დენად-პლასტიკურ მდგომარეობაში, ლამები, ქვიშები ფხვიერ მდგომარეობაში და დატორფილი გრუნტები. გრუნტების მდგომარეობა ფასდება მგრძობიარობის კოეფიციენტის მიხედვით.

$$I_F = \tau_1/\tau_2 \quad (10.1)$$

სადაც τ_1 და τ_2 შესაბამისად გრუნტის ზღვრული წინაღობაა ძვრაზე დაურღვეველი და დარღვეული სტრუქტურის შემთხვევაში.

გარე დატვირთვის მოდების შედეგად ლამებზე, წნევა ვრცელდება როგორც გრუნტის ჩონჩხზე, ასევე ფორულ წყალზე, რომლის გადაადგილების შედეგად წარმოიქმნება ჰიდროსტატიკური წნევა, რომელიც ამცირებს გრუნტების მდგრადობას, რაც, თავის მხრივ, იწვევს ძვრების ზონების წარმოქმნას, სტრუქტურის რღვევას, გრუნტის დეფორმირებადობის ზრდას.

ამგვარად დეფორმირდება დატორფილი გრუნტებიც. საძირკვლების მოწყობა დაკავშირებულია დიდ სირთულეებთან, ამიტომ ასეთ შემთხვევებში იყენებენ ხიმინჯოვან ან ღრმა ჩაშვების საძირკვლებს, რომლებიც მთლიანად გადაჭრიან სუსტ გრუნტებს. შედარებით მსუბუქი ნაგებობების

მშენებლობის დროს მიმართავენ უფრო ეკონომიურ გადაწყვეტას — ქვიშის ბალიშებს, რომლებიც არა მარტო ამცირებენ რეაქტიულ წნევებს, არამედ თანაბრად ანაწილებენ მას, ამცირებენ ძვრის ზონების წარმოქმნის შესაძლებლობას.

არათანაბარი ჯდომების შემცირების მიზნით, მიმართავენ საძირკვლებს გაგანიერებული ძირით ან ფილოვან საძირკვლებს. იმ შენობებისა და ნაგებობების ექსპლუატაციის დროს, რომლებიც აგებულია სუსტ ფუძეზე, უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს უსაფრთხო დაძაბული მდგომარეობა. დაძაბული მდგომარეობის შეცვლას, რაც დაკავშირებულია არსებული ნაგებობების გვერდით ახალი შენობების აგებით, მიწისქვეშა წყლების დონის დაწვეით და ა. შ. მიყვავართ დამატებითი ჯდომების ზრდამდე.

დაძაბული მდგომარეობის ცვლადობამ შეიძლება უარყოფითად იმოქმედოს ხიმინჯოვან საძირკვლებზეც, რაც გამოწვეულია უარყოფითი ხახუნის წარმოშობით, რომელიც აგრეთვე იწვევს დამატებით ჯდომებს.

სუსტ გრუნტებს მიეკუთვნება აგრეთვე ფხვიერი ქვიშები. ისინი ჩვეულებრივ პირობებში კარგად ეწინააღმდეგებიან გარე დატვირთვებს, როდესაც ძაბვები გრუნტებში არ არიან მეტი საანგარიშო წინაღობაზე. დინამიური და სეისმური დატვირთვების მოქმედებისას გრუნტების ეს ტიპი განიცდის კუმშვად დეფორმაციებს, რასაც მიყვავართ შენობა-ნაგებობების კატასტროფულ ჯდომამდე.

არათანაბარი ჯდომების თავიდან აცილების მიზნით სუსტ გრუნტებზე მშენებლობისას მიმართავენ შემდეგ ღონისძიებებს:

1. აპროექტებენ ერთი და იგივე სიმაღლის შენობებს;
2. შენობა-ნაგებობებს გეგმაში აძლევენ მარტივ კონფიგურაციას (კვადრატული, მრგვალი, სწორკუთხა);
3. შენობაში შემყვან კომუნიკაციებზე განსაზღვრავენ სივარდილებებს, რათა დამჯდარმა კონსტრუქციებმა არ გამოიწვიონ დამატებითი წნევები მიღგაყვანილობებზე, ხოლო საკანალიზაციო არხებს აკეთებენ გაზრდილი

დახრებით, რომლებიც აღემატება მოსალოდნელ ჯდომებს.

4. კარკასულ შენობებში ითვალისწინებენ კოლონების აწევას დომკრატებით, ხოლო მაღლივ შენობებში საძირკვლების ქვემოთ ათავსებენ რეზინის პნევმატურ საგებებს, რომლებიც ათანაბრებენ დახრას ართანაბარი ჯდომების დროს.

§10.3 საძირკვლები ჩაჯდომად გრუნტებზე

ჩაჯდომადი გრუნტები ისეთი თიხოვანი გრუნტებია, რომლებსაც ბუნებრივ პირობებში გააჩნიათ საკმაოდ მაღალი სიმტკიცე, მაგრამ დასველების დროს სწრაფად კარგავენ სიმტკიცეს და მოკლე დროში იძლევიან დიდ ჯდომებს საკუთარი წონითაც კი.

ჩაჯდომად გრუნტებს მიეკუთვნება ლიოსისებრი თიხნარები და ლიოსები, რომლებიც ხასიათდებიან შემდეგი თავისებურებებით: შედარებით მაღალი ფორიანობით (დაახლოებით 50%) და მცირე ტენიანობით. საორიენტაციო ნიშნებად, რომლითაც შეიძლება ვიმსჯელოთ გრუნტების ჩაჯდომობაზე მიეკუთვნება:

ა) ტენიანობის ხარისხის მნიშვნელობა $S < 0,8$; ბ) ჩაჯდომადობის $\Pi < 0,1$ გრუნტებისათვის, რომელთა პლასტიკურობის რიცხვი I_p ; $0,01 \leq I_p \leq 0,1$; $\Pi < 0,17$ გრუნტებისათვის $0,1 \leq I_p \leq 0,14$; $\Pi < 0,24$; გრუნტებისათვის $0,1 \leq I_p \leq 0,14$; $\Pi < 0,24$; გრუნტებისათვის $0,14 \leq I_p \leq 0,22$; Π -ს განსაზღვრავენ ფორმულით:

$$\Pi = (\ell_L - \ell)(1 + \ell) \quad (10.2)$$

სადაც ℓ - ფორიანობის კოეფიციენტია ბუნებრივ პირობებში, ℓ_L - ფორიანობის კოეფიციენტია, რომელიც შეესა-

ბამება ტენიანობას დენადობის ზღვარზე

$$l_L = \omega_L \cdot \gamma_S / \gamma_\omega \quad (10.3)$$

ჩაჯდომადობის მაჩვენებლის მიხედვით, ჩაჯდომადი გრუნტები იყოფა ორ ტიპად:

I ტიპი – გრუნტული პირობები, რომელთა დროს შესაძლებელია ჩაჯდომა გარე დატვირთვებისაგან, ხოლო ჩაჯდომა გრუნტის საკუთარი წონისაგან არ წარმოიშევა ან არ აღემატება 5 სმ.

II ტიპი – გრუნტული პირობები, რომელთა დროს დაჯდომა წარმოიშევა გარე დატვირთვებისა ან საკუთარი წონისაგან, ამასთან, ამ უკანასკნელის სიდიდე მეტია 5 სმ.

თუ ფუძეს წარმოადგენენ ლიოსისებრი გრუნტები, მათი დეორმაციებზე ანგარიშის დროს საანგარიშო წინააღობას დებულობენ ჯდომების წნევის ტოლს – $R = P_{\Sigma}$.

ჩაჯდომადი გრუნტების ანგარიში დეფორმაციებზე წარმოებს შემდეგი პირობის მიხედვით:

$$S + S_{np} \leq S_u \quad (10.4)$$

სადაც S – ჯდომა მიღებული გაანგარიშებით, როგორც არაჩაჯდომად გრუნტებისათვის; S_{np} – ფუძის დეფორმაცია მიღებული ჩაჯდომის შედეგად. S_u – ჯდომის დასაშვები მნიშვნელობა.

ფუძის ჯდომას პოულობენ შემდეგნაირად:

$$S_{np} = \sum_{i=1}^n \delta_{np} \cdot h_i \cdot m \quad (10.5)$$

სადაც n ჩაჯდომადი შრეების რაოდენობაა. ფარდობითი ჩაჯდომადობის კოეფიციენტია $\delta_{np} \leq 0,1$; h_i – i -ური შრის სისქვა (არაუმეტესი 2 მ); m – მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია გრუნტის ბურცვა-

დობაზე საძირკველიდან.

საძირკველებისათვის, რომელთა სიგანე $b \geq 12$ მ, აგრეთვე იმ საძირკველებისათვის, რომელთა ჩაღრმავება $> 1,5b$, კოეფიციენტი $m = 1$, ლენტური საძირკველებისათვის, რომელთა სიგანე $b < 3$ მ, ხოლო სწორკუთხა საძირკველებისათვის სიგანით ≤ 5 მ, კოეფიციენტი m განისაზღვრება ფორმულით;

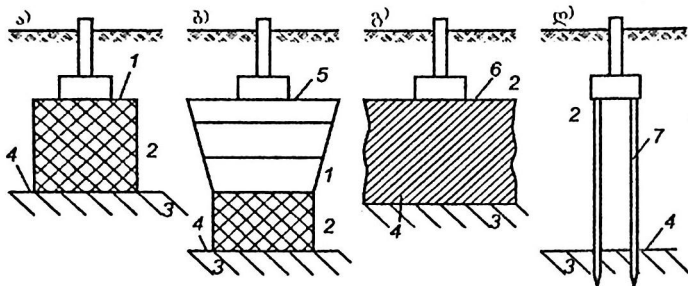
$$m = 0,5 + 1,5 \frac{P_{11} - P_{np}}{P_0} \quad (10.6)$$

სადაც P_{11} - საშუალო წნევაა საძირკველის ძირზე, როდესაც ანგარიში წარმოებს II ზღვრული მდგომარეობით. P_{np} - ჩაჯდომადი წნევების უმცირესი მნიშვნელობაა; P_0 - წნევა, რომელიც ტოლია 0,1 მპა. თუ (10.6) ფორმულით მიიღება მნიშვნელობა < 1 -ზე, მაშინ ღრებულობენ $m = 1$, ზედა ზღვარი m -სა მიიღება $m = 2$.

იმ შემთხვევაში როდესაც ფუძეს წარმოადგენენ ლიოსისებრი გრუნტების I ტიპი და მათი სიმძლავრე არ აღემატება 5-6 მ-ს, ჩაჯდომადობის თავიდან აცილების მიზნით მიმართავენ შემდეგ ხერხებს:

1) გრუნტების შემკვრივება მძიმე სატკეპნებით.

ვინაიდან საძირკველებს ჩვეულებრივ ჩააღრმავებენ 1,5-2 მ-ზე, ქვემოთ მდებარე ჩაჯდომადი გრუნტების სისქე არ აღემატება 3-4,5 მ-ს (ნახ. 10.1 ა). ასეთი ფენა შეიძლება შევამკვრივოთ მძიმე სატკეპნებით. სატკეპნის წონა არის 50-100 კნ-ის ფარგლებში.



ნახ. 10.1 საძირკვლების მოწყობის სხვადასხვა გადაწყვეტა, როდესაც ფუძეს წარმოადგენენ I ტიპის ჩაჯდომადი გრუნტები.

1. შემკვრივებული გრუნტი; 2. ჩაჯდომადი გრუნტი;
3. არაჩაჯდომადი გრუნტი; 4. ჩაჯდომადი გრუნტის ქვედა საზღვარი; 5. გრუნტის ბალიში შრეობრივად შემკვრივებული;
6. გრუნტი შემკვრივებული დასველებით და აფეთქებით;
7. ხიმინჯები.

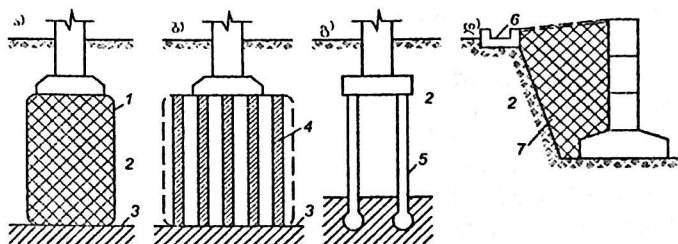
2) შემკვრივებული ბალიშის მოწყობა ადგილობრივი გრუნტისაგან.

ასეთ ბალიშს აწობენ თუ არაა შესაძლებელი შევამკვრივოთ ჩაჯდომადი გრუნტი.

3) შემკვრივება გრუნტების წინასწარი დასველებით წყალქვეშა აფეთქებების გამოყენებით.

4) რკინაბეტონის ხიმინჯების ჩასობა ჩაჯდომადი ფენების გაჭრით და წნეების გადაცემით არაჩაჯდომად გრუნტებზე.

გრუნტული პირობების II ტიპის მიხედვით ჩაჯდომადობის თვალსაზრისით იყენებენ მათი თავიდან აცილების შემდეგ ხერხებს:



ნახ. 10.2 საძირკვლების მოწყობის ვარიანტები, როცა ფუძეს წარმოადგენენ II ტიპის ლიოსები ჩაჯდომადობის მიხედვით.

1. შემკვრივების ზონა; 2. ჩაჯდომადი გრუნტი; 3. არაჩაჯდომადი გრუნტი; 4. ქვიშის ხიმინჯი; 5. ნაბურღი ხიმინჯი გაგანიერებული ბოლოთი; 6. წყლის გამყვანი ღარი; 7. წყალგაუმტარი ფენა.

1) ხიმინჯოვანი საძირკვლების მოწყობა ჩაჯდომადი გრუნტის გაჭრით (ნახ. 10.2გ);

2) გრუნტების შემკვრივება (ნახ. 10.2ა)

3) გრუნტების შემკვრივება გრუნტის ხიმინჯებით. (ნახ. 10.2ბ);

4) ხიმინჯოვანი საძირკვლების მოწყობა დანატენი ხიმინჯების გაგანიერებული ბოლოებით (ნახ. 10.2გ);

5) გრუნტების შემკვრივება წინასწარი დასველებით და აფეთქებით.

ზემოთ ჩამოთვლილი ღონისძიებების გამოყენება ჩაჯდომადობის თაყიდან ასაცილებლად დაკავშირებულია მნიშვნელოვან დამატებით მატერიალურ დანახარჯებთან, ამიტომ შედარებით მსუბუქი შენობა-ნაგებობების მშენებლობის დროს მიზანშეწონილია კონტრუქციული ღონისძიებების ჩატარება, რომლებიც არ დაუშვებენ ჩაჯდომადი ფუძის დასველებას. მათ მიეკუთვნება საძირკვლების გარშემო გრუნტის დატკეპნა და მოასფალტება, სპეციალური წყალამრიდების და წყლის გამყვანი ღარების და არხების მოწყობა და სხვა (ნახ. 10.2დ).

§10.4 საძირკვლები ჯირჯვად და ნაყარ გრუნტებზე

ჯირჯვადად იწოდებიან მტვროვან-თისოვანი გრუნტები, რომლებიც დასველებისას მატულობენ მოცულობაში.

გაჯირჯვება და ნაჯდომა სამშენებლო მოედანზე შესაძლებელია შემდეგი ფაქტორების შედეგად:

1) მიწისქვეშა წყლების დონის აწევის შემთხვევაში, 2) წყლის დაგროვების შედეგად შეზღუდულ ზონებში ნაგებობების ქვემოთ, 3) წყლიან-სითბური რეჟიმის დარღვევის შედეგად აერაციის ზედა ზონაში, 4) გამოშრობის შედეგად სითბოს გამოყოფა დანადგარების ზემოქმედების შედეგად.

ფუძე-საძირკვლების დაპროექტების შედეგად ჯირჯვად გრუნტებზე იყენებენ რაოდენობრივ მახასიათებელს, რომელსაც უწოდებენ ფარდობით გაჯირჯვებას, რომლის მნიშვნელობას პოულობენ შემდეგნაირად:

$$\varepsilon_{sw} = (h_{snt} - h_n)h_n \quad (10.7)$$

სადაც h_{snt} - გრუნტის ნიმუშის სიმაღლეა დასველების შემდეგ სრულ წყლით გაუდენტვამდე გვერდითი გაგანიერების გარეშე, h_n - იმავე ნიმუშის სიმაღლეა ბუნებრივ პირობებში. გრუნტი ითვლება ჯირჯვადად თუ $\varepsilon_{sw} \geq 0,04$. ფუძის აწევა გაჯირჯვების შედეგად განისაზღვრება ფორმულით:

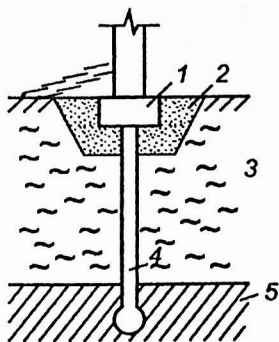
$$h_{sw} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sw,i} \cdot h_i \cdot k_{sw,i} \quad (10.8)$$

სადაც n გაჯირჯვების ზონაში გრუნტის ფენების რაოდენობაა, $\varepsilon_{sw,i}$ - i -გრუნტის i -რი შრის ფარდობითი გაჯირჯვებაა, h_i - i -რი შრის სიმაღლეა, $k_{sw,i}$ - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ჯამურ ვერტიკალურ ძაბვაზე განსახილველ წერტილში (როცა $\sigma = 0,5$ მპა $k_{sw} = 0,8$, როცა $\sigma = 0,3$ $k_{sw} = 0,6$. შუალედური მნიშვნელობებისათვის

k_{sw} პოულობენ ინტერპოლაციით). არასასურველი ზემოქმედების ჯდომასზე და გაჯირჯევაზე გამორიცხვა შეიძლება ჯირჯვადი ან ნაჯდომადი გრუნტის მთლიანად ან ნაწილობრივ შეცვლით.

ხიმინჯოვანი საძირკვლების გამოყენება ჯირჯვადი ფენების მთლიანი გაჭრით მნიშვნელოვნად ამცირებს გაჯირჯევის მავნე ზემოქმედებას, მაგრამ არ გამორიცხავს მის ზემოქმედებას იატაკებზე და უშუალოდ გრუნტის ზედაპირზე მდებარე კონსტრუქციებზე. ხიმინჯებით ჯირჯვადი გრუნტების გაჭრის შემთხვევაში საჭიროა მხედველობაში იქნეს მიღებული ხახუნის ძალების გავლენა მის გვერდით ზედაპირზე. თუ ეს ძალები აღმოჩნდება ხიმინჯებზე მოსულ დატვირთვებზე მეტი, მაშინ საძირკველი შეიძლება აიწიოს, რაც გამოიწვევს ნაგებობის დეფორმაციას.

გრუნტის ზედაპირზე სეზონური ვერტიკალური ხახუნის გავლენის მთლიანად გამორიცხვის მიზნით ხშირად ამზადებენ საძირკვლებს გაგანიერებული ბოლოთი (ნახ. 10.3). ხიმინჯის გაგანიერებული ბოლოს არაჯირჯვად გრუნტში ჩასობა ამცირებს ხახუნის უარყოფით გავლენას ხიმინჯის გვერდით ზედაპირზე.



ნახ. 10.3 1. როსტვერკი; 2. ქვიშა; 3. ჯირჯვადი გრუნტი; 4. ხიმინჯი გაგანიერებით; 5. არაჯირჯვადი გრუნტი.

ნაყარი გრუნტისაგან შედგენილი ფუძეები უნდა იქნენ გაანგარიშებული მათი არათანაბარი შემკვრივების გათვალისწინებით, თვითშემკვრივებით – განსაკუთრებით დინამიური ზემოქმედების დროს, ჰიდროგეოლოგიური პირობების ცვლილებით და სხვა.

ნაყარი გრუნტებისაგან გამოწვეული ფუძის მთლიანი ჯდომა წარმოადგენს ალგებრულ ჯამს გარე დატვირთვების დეფორმაციების, ფუძის თვითშემკვრივების და ორგანული ნაერთების გახრწნის, აგრეთვე ქვემდებარე გრუნტების ჯდომებს გამოწვეულს ნაყარი გრუნტების წონისაგან და დატვირთვებისაგან საძირკველზე.

გარდა ზღვრულ მგომარეობათა II ჯგუფისა, ნაყარმა გრუნტებმა უნდა დააკმაყოფილონ ანგარიშის პირობები ზიდვის უნარზე (ზღვრულ მდგომარეობათა I ჯგუფი).

გაჯირჯვების დროს გრუნტის მექანიკური მახასიათებლები: საერთო დეფორმაციის მოდული E_0 , კუთრი შეჭიდულობის ძალა c და შიგა ხახუნის კუთხე φ მკვეთრად ეცემა.

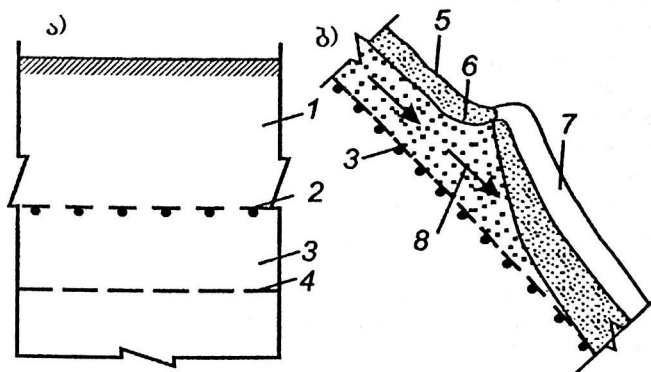
იმ შემთხვევაში, როდესაც ზიდვის უნარი არასაკმარისია, ან დეფორმაციები მეტია ზღვრულზე, აუცილებელია შემდეგი ღონისძიებების ჩატარება:

1. ფუძის ზედაპირული შემკვრივება ვიბრატორებით, საგორავებით და მძიმე სატკეპნებით;
2. სიღრმითი შემკვრივება გრუნტული ან ქვიშის ხიმინჯებით;
3. ქვიშის ან ხრეშის ბალიშების მოწყობა;
4. ნაყარი გრუნტების გაჭრა ხიმინჯებით ან ღრმა საძირკველების გამოყენება;
5. ონსტრუქციული ღონისძიებების გამოყენება, რომლებიც ამცირებენ არათანაბარი ჯდომების არასასურველ ზეგავლენას.

§10.5 საძირკვლები მარადმზრალ გრუნტებზე

მარადმზრალი ეწოდება გრუნტებს, რომლებიც იმყოფებიან გაყინულ მდგომარეობაში 3 და მეტი წლის განმავლობაში. მარადმზრალი გრუნტები წარმოადგენენ მკვეთრად გამოხატულ სტრუქტურულად არამდგრად გრუნტებს, ვინაიდან მათი გაღვლილობის შედეგად წარმოებს გრუნტების ჩაჯდომა ბუნებრივი სტრუქტურის დარღვევის გამო.

გრუნტის გაღვლილობა და გაყინვა, როგორც წესი, წარმოებს ყოველწლიურად სეზონური გაღვლიობისა და გაყინვის ფენაში (მოქმედ ფენაში), რომელიც იმყოფება ფუძის ზედა ზონაში მარადმზრალი გრუნტების ზემოთ.



ნახ. 10.4 მარადმზრალი და მოქმედი ფენების სქემები.

1. მოქმედი ფენა; 2. გაღვლილობის საზღვარი; 3. მარადმზრალი გრუნტის ფენა; 4. ნულოვანი ამპლიტუდის საზღვარი ტემპერატურის სეზონური რხევების; 5. გრუნტის გაყინული ფენა; 6. გრუნტის გაუყინავი ფენა; 7. გრუნტული მინაყინი; 8. გრუნტის წყლების მიმართულება.

საძირკვლების დაპროექტება მარადმზრალი გრუნტების გავრცელების რაიონებში წარმოადგენს მეტად რთულ ამო-

ცანას, რომლის გადაწყვეტა შესაძლებელია მხოლოდ იმ პროცესების გათვალისწინებით, რომლებიც წარმოებს მარადმზრალ და მოქმედ ფენებში.

გრუნტის მოქმედ ფენაში წარმოებს შემდეგი პროცესები: ცვლილებები ფენის საზღვრებში, რომლებიც ფიქსირდება სისტემატური გაზომვების შედეგად გარკვეულ სიღრმეზე გაურბეში. ყველაზე უფრო ამ ცვლილებებს განიცდის ზედა ფენები, რომელიც სიღრმეში თანდათანობით მცირდება და რომელიც საზღვრის ქვემოთ ტემპერატურა ფაქტიურად არ იცვლება. ამ საზღვარს უწოდებენ ნულოვანი ტემპერატურის სეზონურ ცვალებადობას (ნახ. 10.4ა).

2. იმ გრუნტის გაყინვა და გაღებობა, რომლებიც მდებარეობენ გაღებობის საზღვრის ზემოთ (ნახ. 10.4ა). იმ შემთხვევაში, თუ გაყინვის შედეგად მოქმედი ფენა უერთდება გაყინულ გრუნტს, მაშინ გაყინვა წარმოებს ერთდროულად ზემოდან ქვემოთ, წინააღმდეგ შემთხვევაში გაყინვა წარმოებს ქვემოდან ზემოთ და არსებობს გაუყინავი გრუნტის ფენა, რომელიც მოთავსებულია მარადმზრალ გრუნტსა და გაყინულ გრუნტს შორის.

3. გრუნტის ბურცვადობა წარმოებს ტენიან მტვროვან-თიხოვან გრუნტებში და ფხვიერ ქვიშებში. გაყინვის შედეგად ბურცვადობა შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი და გამოიწვიოს საძირკვლების დეფორმაციები, რომლებიც არასაკმარისად არიან ჩაშვებული გრუნტში.

4. გრუნტის გაყინვა წარმოებს დახრილ ზედაპირზე, მაშინ როდესაც წყლები, რომლებიც გადაადგილდებიან ფერდობზე იწყებენ დაგროვებას გაყინულ გრუნტს 5 და მარადმზრალ გრუნტს 3 შორის, რაც თავის მხრივ იწვევს დაწვევის გაზრდას გრუნტის გაღებობილ ფენაში.

5. წარმოიქმნება ყინულოვანი ბზარები ტემპერატურის დაწვევისას მოცულობის შემცირების შედეგად. მოცულობის შემცირება იწვევს გრუნტის ზედაპირის დაწვევას და ჰორიზონტალური ძალების წარმოქმნას.

6. გრუნტის თანდათანობითი ჩამოცურება ფერდობზე

წარმოებს ნაწილაკების გადანაცვლების შედეგად ზემოთ ბურცვადობის გავლენით გაყინვისას და ქვემოთ – საკუთარი წონის გავლენით გაღვობისას.

ამჟამად, შენობა-ნაგებობების დაპროექტებისას და მშენებლობის დროს მარადმზრალ გრუნტებზე არსებობს მათი ფუძეებად გამოყენების ორი პრინციპი:

I პრინციპი – გრუნტის მარადმზრალ მდგომარეობას ინარჩუნებენ შენობა-ნაგებობების მშენებლობის მთელი პერიოდის განმავლობაში.

II პრინციპი – მარადმზრალ გრუნტებს გამოიყენებენ გამლღვალ მდგომარეობაში საანგარიშო სიღრმეზე მშენებლობის დაწყებამდე ან შენობის ექსპლუატაციის პროცესში.

I პრინციპს გამოიყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც გრუნტებს შეიძლება შეეუნარჩუნოთ მარადმზრალი მდგომარეობა ეკონომიკურად მიზანშეწონილი დანახარჯების შემთხვევაში.

I პრინციპით ფუძე-საძირკვლების მშენებლობის დროს აუცილებელია გამოყენებული იქნას ღონისძიებები, რომლებიც გამორიცხავენ სითბოს შედწევას გრუნტში და უზრუნველყოფენ გრუნტის ზედაპირის ნაგებობის ქვემოთ ან მასთან ახლოს გაცივებას.

როგორც წესი, I პრინციპის მიხედვით საძირკვლების აგებისას მიმართავენ ხიმინჯოვან საძირკვლებს, დასაშვებია, აგრეთვე, მონოლითური ბეტონის და სვეტისებრი რკინაბეტონის საძირკვლების გამოყენება.

II პრინციპს იყენებენ მარადმზრალი გრუნტების არსებობისას, რომელთა დეფორმაციები გაღვობისას არ აღემატება ზღვრულს, აგრეთვე მაშინ, როცა მარადმზრალი გრუნტები არ არიან მთელ სიღრმეზე თანაბრად განლაგებული და მაშინ, როცა II პრინციპი ეკონომიურად უფრო გამართლებულია.

II პრინციპით საძირკვლების მოწყობა დასაშვებად თვლის გრუნტის გაღვობას, ამიტომ შენობა-ნაგებობების ექსპლუატაციის დროს საჭიროა მხედველობაში იქნას

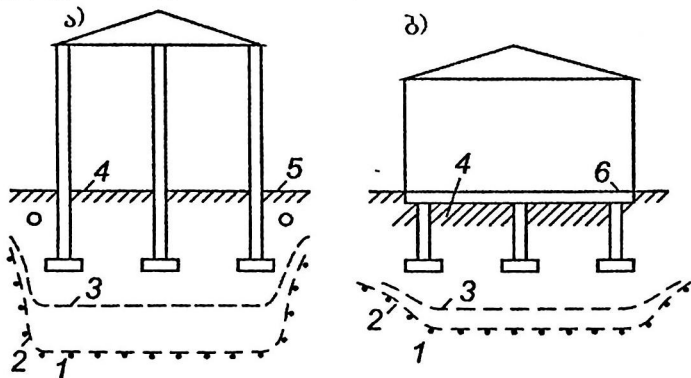
მიღებული არათანაბარი ჯდომების წარმოშობის შესაძლებლობა, რაც აუცილებელს ხდის გამოყენებული იქნეს ღონისძიებები ამ დეფორმაციების შესამცირებლად. ღონისძიებებს ფუძის დეფორმაციების შესამცირებლად მიეკუთვნება:

ა) წინასწარი გაღლობა მარადმზრალი გრუნტის გარკვეულ სიღრმეზე, შენობის აგებამდე, გაღლობილი გრუნტის შემდგომი შემკვრივებით (თუ არსებობს ამის აუცილებლობა);

ბ) ყინულშემცველი გრუნტის მთლიანი შეცვლა ქვიშოვანი ან ხრეშოვანი გრუნტით;

გ) საძირკვლის ჩაღრმავების გაზრდა;

დ) შენობის ექსპლუატაციის პროცესში გრუნტის გაღობის სიღრმის რეგულირება. ეს ხორციელდება გრუნტის თბოიზოლაციით და საძირკვლებთან გასათბობი მილგაყვანილობის მოწყობით (ნახ. 10.5ა), აგრეთვე კონსოლებზე გარე კედლების მოწყობით ნახ. 10.5ბ)



ნახ. 10.5 ნაგებობის ქვემოთ გრუნტის გაღობის პროცესის რეგულირების სქემები.

1. მარადმზრალი გრუნტი; 2. მარადმზრალი გრუნტის ზედა საზღვარი; 3. იგივე შუალედური მდგომარეობისათვის; 4. გაღლობილი გრუნტი; 5. გამთბობი მილსადენი; 6. კონსოლი.

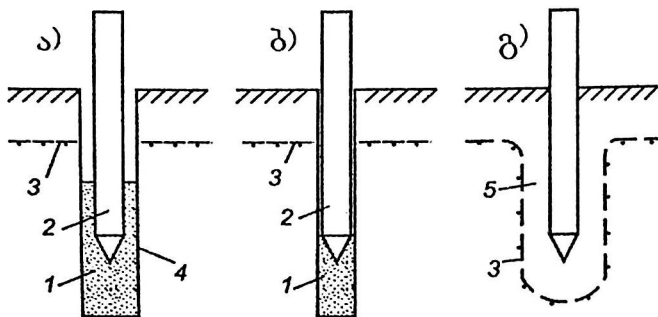
შენობის კონსტრუქციების დამატებითი ჯდომებისადმი შეგუების ღონისძიებები იყოფა ორ ძირითად ეტაპად:

ა) შენობა-ნაგებობის საერთო სივრცითი სიხისტის და სიმტკიცის გაზრდა, რკინა-ბეტონის სარტყლების მოწყობით. კონსტრუქციების, საძირკვლების და სარდაფის მზიდი კონსტრუქციების არმირების გაზრდა, გადახურვის ანაკრები ელემენტების დამონოლითება, მონოლითური და ასაწყობ-მონოლითური, ფილოვანი და გადაჯვარედინებული ლენტურ-რი საძირკვლების გამოყენება, შენობების დამატებითი გაჭრა ცალკეულ მონაკვეთებად დეფორმაციული ნაკერებით; ხიმინჯოვანი საძირკვლების, ღრმა საძირკვლების გამოყენება და ა. შ.

ბ) შენობის მოქნილობის გაზრდა. მოქნილი კონსტრუქციების გამოყენება.

I პრინციპით საძირკვლების დაპროექტებისა და მშენებლობის დროს მიზანშეწონილია მათი მაქსიმალური შესაძლო ჩაღრმავება. ეს აიხსნება გრუნტის ზედა ფენების შესაძლო გაღვლილობით. I პრინციპით მშენებლობის დროს საძირკვლების ძირითად ტიპად ითვლება ხიმინჯოვანი საძირკველი. მარადმზრად გრუნტებში ჩაშვების მიხედვით ხიმინჯები იყოფა:

ნაბურღი ჩასაშვები (ნახ. 10.6ა) ხიმინჯები, რომელთა მოსაწყობად ბურღავენ ჭაურებს, რომლის დიამეტრიც 5 სმ-ით მეტია ხიმინჯის მაქსიმალურ განივკვეთზე. ჩაშვების წინ ჭის ერთ მესამედს ავსებენ გრუნტით (წვრილი ან მტვროვანი ქვიშა), რომლებიც ჩაშვების შემდეგ ავსებენ მთელ სიღრუეს ხიმინჯსა და გაყინულ გრუნტს შორის.



ნახ. 10.6 ხიმინჯის მარადმზრალ გრუნტებში ჩაშვების მეთოდები.

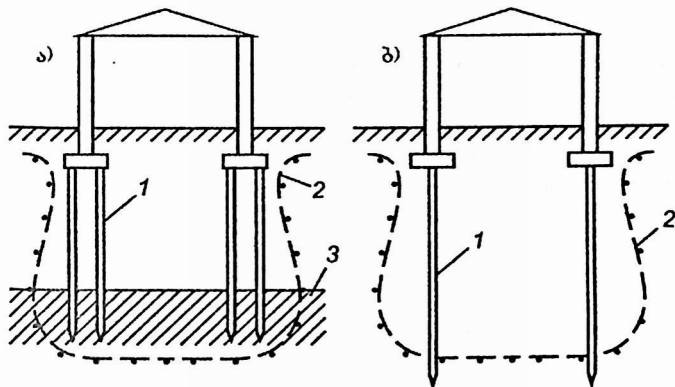
1. ჭაური; 2. ხიმინჯი; 3. მარადმზრალი გრუნტის საზღვარი;
4. გრუნტის ხსნარი; 5. გაღლობილი გრუნტი.

ნაბურღი დასასობი (ნახ. 10.6ბ) ხიმინჯები, რომლებსაც იყენებენ პლასტიკურმარადმზრალ გრუნტებში;

ჩაასაშვები (ნახ. 10.6გ), რომლებსაც ჩაუშვებენ წინასწარ გაღლობილ გრუნტში დასობით.

მარადმზრალ გრუნტებზე დიდი დატვირთვების გადაცემის შემთხვევაში იყენებენ სვეტისებრ საძირკვლებს. მათ აწყობენ წინასწარგაბურღულ ჭაურებში დიამეტრით 0,8.....1,2 მ და მეტი, რომელშიც ჩაუშვებენ ბეტონის ნარევს გათბობით, რომელიც უზრუნველყოფს გამყარებას საჭირო სიმტკიცემდე. გათბობის რეჟიმს დანიშნავენ ისეთს, რომ უზრუნველყონ მინიმალური გაღლობა გრუნტების საძირკვლის გარშემო.

ამჟამად, შენობა-ნაგებობების საძირკვლებს მარადმზრალ გრუნტებზე ხშირად აწყობენ II პრინციპის მიხედვით. ხიმინჯოვანი საძირკვლების გამოყენება შეიძლება იყოს მიზანშეწონილი იმ შემთხვევაში, თუ ხიმინჯები ჭრიან გაღლობილი გრუნტის ფენას და ეყრდნობიან მკვირვ გრუნტებს (ნახ. 10.7ა)



ნახ 10.7 ხიმინჯოვანი საძირკვლები საძირკვლების მოწყობისას II პრინციპის მიხედვით:

1. ხიმინჯი; 2. მარადმზრალი გრუნტის საზღვარი; 3. მკვრივი გრუნტის არაჩაჯდომადი ფენა.

ზოგიერთ შემთხვევაში გრძელი ხიმინჯები გამოიყენება წნევის გადასაცემად მარადმზრალ გრუნტებზე, რომლებიც განლაგებული არიან გაღლობის ზონის ქვემოთ, (ნახ. 10.7ბ). სხვა ტიპის საძირკვლების გამოყენების დროს, მათ შორის, საძირკვლების ღია ქვაბულებში, საჭიროა მხედველობაში იქნას მიღებული გაღლობილი გრუნტის დაბალი სიმტკიცე და მაღალი დეფორმირებადობა. საძირკვლების დაპროექტება და მოწყობა ასეთ შემთხვევაში განხორციელდება როგორც საძირკვლების მარადმზრალ პირობებში.

საძირკვლების ჩაღრმავება გრუნტების მარადმზრალი მდგომარეობის შენარჩუნებით (I პრინციპის მიხედვით) უნდა იყოს დანიშნული არანაკლები სეზონური გაღლობისა, რომელსაც გამოთვლიან ფორმულით:

$$d_{ft} = k_{ht} d_{fnt} \quad (10.9)$$

სადაც k_{ht} - შენობის სითბური რეჟიმის გავლენის კოეფიციენტი მოცემულია ცხრილებში; d_{fnt} - სეზონური გაღვლილობის ნორმატიული სიღრმეა.

II პრინციპით საძირკვლების მოწყობის დროს საძირკვლის ჩაღრმავება უნდა იყოს დანიშნული არანაკლები გაყინვის საანგარიშო მნიშვნელობისა, რომელიც მოცემულია ნორმებით, ამასთან, მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული გრუნტის წყლების სიღრმე. მყარნაყინ გრუნტებისათვის (დეფორმაციის მოდულით $E \geq 100$ მპა) საჭიროა ანგარიში ვაწარმოოთ ზღვრულ მდგომარეობათა II ჯგუფითაც.

კიდული ხიმიწილის და სვეტისებრი საძირკვლის მზიდუნარიანობას პოულობენ ფორმულით:

$$F_u = \gamma_c (R \cdot A + \sum_{i=1}^n R_{CMI} \cdot A_{CMI}) \quad (10.10)$$

სადაც γ_c - გრუნტის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი საძირკვლის ჩაღრმავებისას მარადმზრალ გრუნტში I მ და მეტ სიღრმეზე. (ბურღვით ჩასაშვებ და ჩასაშვები ხიმიწებისათვის $\gamma_c = 1,1$, ბურღვით დასასობ ხიმიწებისათვის $\gamma_c = 1,2$; ლენტური საძირკვლებისათვის საშუალო წლიური ტემპერატურით მარადმზრალი გრუნტის $t = -2^\circ\text{C}$ და ქვემოთ, $\gamma_c = 1,2$, ხოლო როცა $t = -2^\circ\text{C}$ და უფრო მაღლა $\gamma_c = 1,1$).

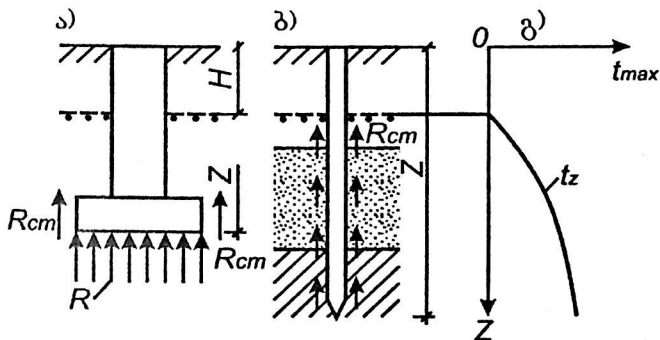
R - მარადმზრალი გრუნტის საანგარიშო წინაღობაა ხიმიწის წვეროზე ან სვეტისებრი საძირკვლის ძირის ქვემოთ;

A - ხიმიწის განიკვეთის ან სვეტისებრი საძირკვლის ძირის ფართობი;

R_{CMI} - მზრალი გრუნტის საანგარიშო წინაღობაა ძვეროზე, რომელიც განისაზღვრება მარადმზრალი გრუნტის I-ლი შრისათვის;

A_{CMI} - გაყინვის ზედაპირის ფართობი მარადმზრალი

გრუნტის i -რი შრისათვის ხიმინჯის გვერდით ზედაპირთან ერთად, n - მარადმზრალი გრუნტების ფენების რაოდენობაა. ერთგვაროვანი გრუნტებისათვის $n = 1$.



ნახ. 10.8 საანგარიშო სქემები

ა) ცალკეული სვეტისებრი საძირკვლის; ბ) ხიმინჯოვანი საძირკვლის; გ) ტემპერატურის ცვლილება სიღრმეში.

მახასიათებლები R და R_{CM} დამოკიდებული არიან გრუნტის ტემპერატურაზე სიღრმეში t_z . იმასთან დაკავშირებით, რომ შესაძლებელია ტემპერატურის სეზონურმა რხევებმა მარადმზრალი გრუნტის ფარგლებში გამოიწვიონ R და R_{CMi} ცვალებადობა მშენებლობის და ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში, ამიტომ იმისათვის, რომ მხედველობაში იქნას მიღებული არათანაბარი სიმტკიცე სიღრმის მიხედვით პოულობენ ექვივალენტურ ტემპერატურას t_3 , რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს R_{CM} საშუალო მნიშვნელობა და გამოვიყენოთ (10.10) ფორმულა.

გრუნტის ხანგრძლივი სიმტკიცეიდან გამომდინარე t_z , t_3 და t_M მნიშვნელობებს დანიშნავენ სითბურტექნიკური გაანგარიშებიდან გამომდინარე ნაგებობის ტიპის, მარადმზრალი გრუნტების ზედა ფენების საშუალო წლიური ტემპერატუ-

რიდან, სეზონური რხევების ნულოვანი ამპლიტუდების ტემპერატურიდან, აგრეთვე გრუნტის განსხვავებული სითბოგამტარობით, საძირკვლის მასალიდან და სხვა ფაქტორებიდან.

ხიმინჯზე დასაშვები საანგარიშო დატვირთვა დატვირთვების ყველაზე არასახარბიელო თანწყობიდან არ უნდა აღემატებოდეს

$$N \leq F_u / \gamma_n \quad (10.11)$$

სადაც F_u ხიმინჯის მზიდუნარიანობა, γ_n – საიმედოობის კოეფიციენტი, შენობა-ნაგებობების დანიშნულების მიხედვით. $\gamma_n \geq 1,2$.

ზოგიერთ შემთხვევაში ხიმინჯების მზიდუნარიანობას განსაზღვრავენ სტატიკური დატვირთვებით დატვირთვის შედეგების მიხედვით:

$$F_u = kF \quad (10.12)$$

სადაც k არის კოეფიციენტი, რომელიც საშუალებას იძლევა მხედველობაში იქნეს მიღებული განსხვავება მუშაობაში გამოსაცდელი ხიმინჯისა.

$$k = F_U^{np} / F_U^{on} \quad (10.13)$$

სადაც F_U^{np} და F_U^{on} – შესაბამისად მზიდუნარიანობაა გამოსაცდელი და დასაპროექტებელი ხიმინჯისა. F – ხიმინჯის საანგარიშო წინაღობაა გამოწვეული სტატიკური ზემოქმედებით.

$$F = F_n / \gamma_g \quad (10.14)$$

F_n ხიმინჯის ზღვრული ნორმატიული წინაღობაა სტატი-

კური დატვირთვისადმი, რომლის დროსაც ხდება ჯდომის ნაქრობა დროში; $\gamma_g = 1,1$ - უსაფრთხოების კოეფიციენტი გრუნტის მიხედვით.

მარადმზრალი გრუნტების ანგარიში II ზღვრული მდგომარეობით წარმოებს $N \leq N_{ზღვრ}$ პირობის მიხედვით, ამასთან, გამოიყენება ან ხაზოვნად-დეფორმირებადი ნახევარსივრცის სქემა, ან შეზღუდული სისქის ხაზოვნად-დეფორმირებადი სივრცის სქემა. დეფორმაციის მოდულს ჯდომებზე ანგარიშის დროს განსაზღვრავენ საველე ან ლაბორატორიული გამოცდების შედეგების მიხედვით. გარე დატვირთვების ტოლქმედის მოდების ექსცენტრესიტეტების მნიშვნელობები სწორკუთხა საძირკვლისათვის b და ℓ გვერდებით განისაზღვრება ფორმულებით:

$$\ell_b = (M_b - M_{CM})/N; \quad \ell_b = (M_\ell - M_{CM})/N \quad (10.15)$$

სადაც M_b და M_ℓ - გარე ძალების მომენტებია საძირკვლის ძირის მთავარი ინერციის ღერძების მიმართ; N - საანგარიშო ვერტიკალური დატვირთვაა; M_{CM} - გარე ძალების მომენტის ნაწილია:

$$M_{CM} = \gamma_c \cdot R_{CM} \cdot h_g \cdot \ell \cdot b \quad (10.16)$$

სადაც γ_c - იგივეა, რაც (10.10) ფორმულაში;

R_{CM} - მარადმზრალი გრუნტების საანგარიშო წინაღობაა ძვრაზე;

h_g - საძირკვლის გვერდითი ზღვარის სიმაღლეა;

ℓ - საძირკვლის ძირის ზომაა;

b - საძირკვლის ძირის ზომაა მომენტის მოქმედების სიბრტყეში.

თუ დატვირთვის ექსცენტრესიტეტი საძირკვლის ერთ-ერთი ღერძის მიმართ $\ell_\ell = 0$, მაშინ M_{CM} შეიძლება განი-

საზღვროს ფორმულით:

$$M_{CM} = \gamma_c \cdot R_{CM} \cdot h_b \cdot b(\ell + 0,5b) \quad (10.17)$$

განასხვავებენ ფუძეების ორ ტიპს გრუნტების წინასწარი ლღობის მიხედვით:

1) როდესაც ლღობა მიმდინარეობს მთელ სიღრმეზე; 2) როდესაც გაღლობილი ზონა არის მხოლოდ ზედა ნაწილში, ხოლო მისი დანარჩენი ნაწილი ლღვება ექსპლუატაციის პერიოდში მშენებლობის დამთავრების შემდეგ.

პირველ შემთხვევაში ფუძეებს მთლიანად გაღლობილი გრუნტებით აწყობენ არამზრალი გრუნტების ფუძეების დაპროექტების კანონების ზღვრულ მდგომარეობათა პირველი და მეორე ჯგუფების მიხედვით. ამასთან ჯდომებს განსაზღვრავენ, როგორც დატვირთვებზე, გადაცემულს საძირკველზე, ასევე გაღლობილი გრუნტის საკუთარი წონისაგან.

იმ ფუძეებისათვის, რომლებსთვისაც გრუნტები ლღვებიან მხოლოდ ფუძეების ზედა ზონაში ქვემდებარე ფენების შემდგომი გაღლობით ექსპლუატაციის პერიოდში ანგარიშს აწარმოებენ ზღვრულ მდგომარეობათა I ჯგუფით, როგორც არამზრალი გრუნტებისათვის და II ჯგუფით ქვემდებარე გრუნტების დეფორმაციების გათვალისწინებით გაღლობის პროცესში.

გრუნტის ექსპლუატაციის პროცესში ფუძის ჯდომებს განსაზღვრავენ ხაზოუნად-დეფორმირებადი ფენის სიმძლავრით H საანგარიშო სქემით.

$$S = bpM \sum_{i=0}^n m_{vi} (k_i - k_{i-1})(1 - \mu_{ci}) + \sum_{i=0}^n [(A_i + m_{vi}p_{\delta i})(1 - \mu_{ci}) + k_{\mu} \mu_{ci}] \cdot h_i \quad (10.18)$$

სადაც b – საძირკველის ძირის სიგანეა; P – საშუალო დამატებითი წნევა გრუნტზე საძირკველის ძირზე; M – უგანზომილებო კოეფიციენტი, რომელიც აიღება ცხრილებიდან ნორმების მიხედვით H/b ფარდობის მიხედვით (H –

მანძილია საძირკველის ძირიდან ნაკლებკუმშვადი გრუნტის საზღვრამდე ან მარადმზრალ გრუნტამდე). n - იმ ფენების რაოდენობაა, რომელზეც გადაისხმება გალღობილი გრუნტი; m_{vi} - i -რი ფენის კუმშვადობის კოეფიციენტი; k_i ; k_{i-1} - უგანზომილებო კოეფიციენტებია, განისაზღვრებიან ცხრილიდან; Π_{ci} - სხვაობაა i -რი შრის ჯამური ყინვადობისა და იმ გრუნტის ნიმუშის ყინვადობას შორის, რომელიც აღებულია ამ ფენიდან; A_i - i -რი შრის გაღღობის კოეფიციენტი, რომელიც ახასიათებს გრუნტის დეფორმაციას გაღღობის დროს; $p_{\delta i}$ - გრუნტის საკუთრი წონისაგან გამოწვეული წნევაა i -რი შრის შუაში.

$$p_{\delta i} = \gamma[d + 0,5(z_i + z_{i-1})] \quad (10.19)$$

γ - გრუნტის კუთრი წონაა; d - საძირკველის ძირის ჩაღრმავებაა; z_i და z_{i-1} - მანძილია საძირკველის ძირიდან i -რი შრის ძირამდე; $k_{\Pi i}$ (10.18) ფორმულაში - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მიკროფორების არასასურველ დახურვას გრუნტის გაღღობის შედეგად და რომელიც მიიღება ყინულოვანი შენაერთების საშუალო სისქის მიხედვით.

კუმშვადობის და გაღღობის კოეფიციენტებს დანიშნავენ გრუნტის ნიმუშის ლაბორატორიული გამოცდის შედეგად ან მარადმზრალ გრუნტების საველე გამოცდების შედეგად.

გაღღობილ გრუნტში საძირკველის ჯდომა განისაზღვრება ფორმულით:

$$S = S_n + S_{\text{დამ}} \quad (10.20)$$

სადაც S_n - გრუნტის შრის ჯდომაა, რომელიც წინასწარ არის გაღღობილი h სიღრმეზე.

$S_{\text{დამ}}$ - დამატებითი ჯდომაა ქვემდებარე გრუნტის ფენის, რომელიც გაღღობილია ნაგებობის ექსპლუატაციის პრო-

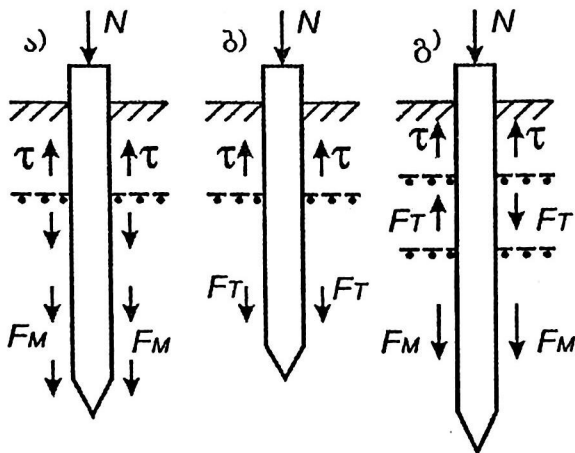
ცესში.

საძირკვლის დახრა, რომელიც გამოწვეულია გარე არა-ცენტრალური დატვირთვის მოქმედებით, გრუნტების არაერთგვაროვნებით, არათანაბარი გაღვობით, იანგარიშება ფორმულით:

$$i = (S_1 - S_2)/b \quad (10.21)$$

სადაც S_1 და S_2 – საძირკვლის გარე წიბოების ჯდომაა, b – საძირკვლის ზომა დახრის მიმართულებით.

ბურცვადსაშიშ გრუნტებში საძირკვლების მოწყობის დროს საძირკვლების გვერდით ზედაპირზე იმოქმედებენ ბურცვადობის მხები ძალები, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიონ არასასურველი ვერტიკალური დეფორმაციები (ნახ. 10.9)



ნახ. 10.9 ბურცვადობის მოქმედების სქემები

საძირკვლების ანგარიში ყინვადი ბურცვადობის ძალების მოქმედებაზე აუცილებელია შესრულდეს იმისდა მიხედვით, თუ მარადმზრალი გრუნტების რა პრინციპი გამოიყენება ნაგებობათა ფუძეებში.

საძირკვლების მდგრადობას (ნახ. 10.9ა) ყინვადი ბურცვადობის მხები ძალების მოქმედებისას ამოწმებენ პირობით:

$$\tau A \cdot N \leq \gamma_c F / \gamma_g \quad (10.22)$$

სადაც τ – მხები ბურცვადობის ძალის საანგარიშო მნიშვნელობაა, რომელიც აიღება ნორმების მიხედვით ან საველე გამოცდების შედეგად, A – საძირკვლის გვერდითი ზედაპირის ფართია სეზონური გაყინვის ფენის ფარგლებში;

N – მუდმივი დატვირთვაა მოქმედი საძირკველზე, რომელიც გამოითვლება საიმედოობის კოეფიციენტით $\gamma_f = 0,9$; $\gamma_c = 1$ – მუშაობის პირობების კოეფიციენტი; F – იმ ძალის საანგარიშო მნიშვნელობაა, რომელიც ეწინააღმდეგება საძირკვლის გამობურცვას; $\gamma_g = 1,1$ საიმედოობის კოეფიციენტი გრუნტის მიხედვით.

I პრინციპის მიხედვით გრუნტის გამოყენების შემთხვევაში იმ ძალის საანგარიშო მნიშვნელობა, რომელიც იკავებს საძირკველს გამობურცვისაგან $F = F_M$ (ნახ. 10.9ა) განისაზღვრება ფორმულით:

$$F_M = \sum_{i=0}^n R_{CMI} \cdot A_{CMI} \quad (10.23)$$

სადაც n – იმ ფენების რაოდენობაა, რომელზეც იყოფა მარადმზრალი გრუნტის ფენა; R_{CMI} – მზრალი გრუნტის i -რი შრის საანგარიშო წინალობაა; A_{CMI} – i -რი შრის გაყინვის ვერტიკალური ზედაპირის ფართია.

II პრინციპის მიხედვით გრუნტის გამოყენების შემთხვევაში, ძალას, რომელიც იკავებს საძირკველს გამობურცვისაგან, წარმოადგენს საძირკვლის ზედაპირის ხახუნის ძალა (ნახ. 10.11ბ).

$$F_T = \sum_{i=0}^n f_{Ti} \cdot A_{Ti} \quad (10.24)$$

სადაც f_{Ti} - გრუნტის i -რი შრის საანარიშო წინაღობაა ძვრაზე; A_{Ti} - i -რ შრეში ძვრის ზედაპირის ფართობი.

I პრინციპის მიხედვით გრუნტის გამოყენების შემთხვევაში საძირკველის ნაწილი აღმოჩნდება გამღვალი გრუნტის ფარგლებში, ამიტომ ამ შემთხვევაში ძალა, რომელიც შეიკავებს საძირკველს გამობირცვისაგან ტოლი იქნება:

$$F = F_M + F_T \quad (10.25)$$

ყინვადი ამობურცვის ძალების მოქმედების შემთხვევაში საძირკველები ვერტიკალური მიმართულებით მუშაობენ გაჭიმვაზე, ამიტომ ის უნდა იქნეს არმირებული ვერტიკალური ღეროებით, რომლებიც გამოითვლება პირობით:

$$F = \tau AN \quad (10.26)$$

სვეტისებრი საძირკველის მარადმზრად გრუნტში უმნიშვნელო ჩაღრმავების შემთხვევაში მისი მდგრადობა ამობურცვის ძალებზე ხშირად არ კმაყოფილდება, ამიტომ ასეთ საძირკველებს აწყობენ ანკერული ფილებით, რომელიც ზრდის საძირკველის წინაღობას ამომგლეჯ ძალებზე.

თავი 11. ქვაბულების დავროეობა და საძირკვლების ჰიდროიზოლაცია

§11.1 ქვაბულების კედლების მდგრადობის უზრუნველყოფა

საძირკვლების მოწყობისას ღია ქვაბულებში სამუშაოთა წარმოების პროექტით გათვალისწინებულია შემდეგი ღონისძიებები: ქვაბულის ამოთხრა, ქვაბულის კედლების გამაგრება, მისი ამოშრობა, ფუძის მომზადება, საძირკვლის მოწყობა, გრუნტის უკუჩაყრა და შემკვრივება.

ქვაბულის დაპროექტებას იწყებენ ქვაბულის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიბმით სამშენებლო ადგილთან, გეგმებზე და ჭრილებზე ძირითადი ღერძების, ზომების, ყველა ჩაღრმავების აბსოლუტური ნიშნულების ჩვენებით. პროექტი ითვალისწინებს, აგრეთვე, ღონისძიებებს, რომლებიც მიმართულია ქვაბულების დასაცავად ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლებისგან და საძირკვლების ჰიდროიზოლაციას.

ღიდი მნიშვნელობა აქვს საძირკვლების მოწყობას მინიმალურ ვადებში, განსაკუთრებით, ზამთრის ან წვიმიან პერიოდში, რითაც მცირდება ქვაბულების ამოსაშრობად გაწეული ხარჯები და გრუნტებს უნარჩუნდება ბუნებრივი სტრუქტურა.

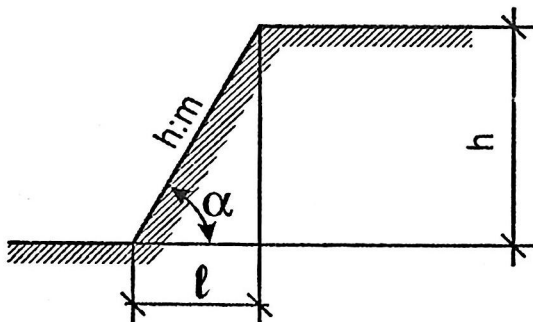
ფუძის ბუნებრივი სტრუქტურის შენარჩუნება ხორციელდება გრუნტის დამცველი ფენის საშუალებით, რომელსაც აშორებენ ქვაბულს უშუალოდ საძირკვლის მოწყობის წინ. ამ ფენის სისქე ადინიშნება პროექტში.

ატმოსფერული ნალექების მოშორება ქვაბულიდან ხორციელდება ღია ღარების საშუალებით. საძირკვლის მოწყობის ნორმალური მსვლელობისთვის აუცილებელია უზრუნველყოფილი იქნას ქვაბულების მდგრადობა. ქვაბულების კედლების მდგრადობის მისაღწევად კედლებს აძლევენ გარ-

კვეულ დაფერდება ან გამოიყენებენ სპეციალურ სამაგრ საშუალებებს: კედლების დაფერდება და სამაგრი საშუალებების ამა თუ იმ ტიპის გამოყენება დამოკიდებულია ქვაბულის სიღრმეზე, გრუნტის ცალკეული ფენების თვისებებზე, მიწისქვეშა წყლების დონეზე, სამუშაოთა წარმოების ხერხზე და არსებულ შენობა-ნაგებობებამდე მანძილზე.

გრუნტების ზოგიერთ სახეობას, განსაკუთრებით, შეჭიდულს აქვთ უნარი შეინარჩუნონ ფერდის დახრილობა გარკვეულ სიღრმეზე, ამიტომ ზოგ შემთხვევაში დასაშვებია ქვაბულების კედლებს ჰქონდეთ ვერტიკალური დახრილობა.

ღრმა ქვაბულების შემთხვევაში (3...5 მ-ის ფარგლებში) ბუნებრივი ტენიანობის გრუნტში კედლები დასაშვებია არ გამაგრდეს, მაგრამ მათ უნდა ჰქონდეთ გარკვეული დამრეცილობა (ნახ. 11.1)



ნახ. 11.1 ქვაბულის ფერდობის დამრეცილობის გასაანგარიშებელი სქემა

ქვაბულების ფერდის დამრეცილობის მონაცემები გრუნტების სახეობების მიხედვით ქვაბულის სიღრმის მიხედვით მოცემულია ცხრილში:

ფერდის მაქსიმალური დასაშვები დამრეცილობა

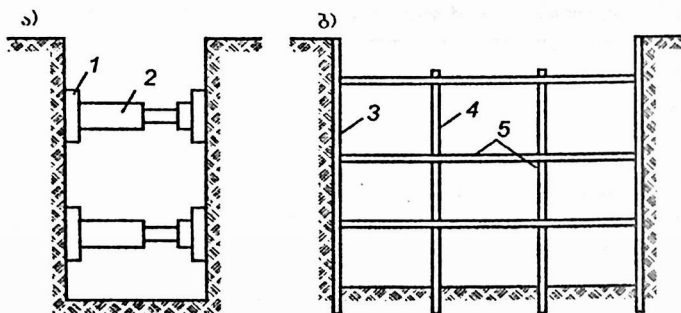
№	გრუნტის სახეობა	ჩაღრმავება, მ					
		1,5		3		5	
		α გრად	h:ℓ	გრად	h:ℓ	გრად	h:ℓ
1.	ქვიშოვანი და ხრეშოვანი	63	1 : 0,5	45	1 : 1	45	1 : 1
2.	ქვიშნარი	76	1 : 0,25	56	1 : 0,67	50	1 : 0,85
3.	თიხნარი	90	1 : 0	63	1 : 0,5	53	1 : 0,75
4.	თიხა	90	1 : 0	76	1 : 0,25	63	1 : 0,5

ღრმა ქვაბულების შემთხვევაში საჭიროა ჩატარდეს დიდი მოცულობის სამუშაოები გრუნტების უკუჩაყრისათვის. მდგრადობის პირობების დასაცავად ამ შემთხვევაში საჭიროა უკუჩაყრილი გრუნტების შემკვრივება.

ამ შრომატევადი სამუშაოების თავიდან აცილება შეიძლება გამბრჯენების გამოყენებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ ქვაბულის კედლების მდგრადობას (ნახ. 11.2 ა). ფართო ქვაბულების გამოყენების შემთხვევაში (ნახ. 11.2 ბ) საჭირო ხდება რთული სიერციითი კონსტრუქციის გამოყენება, რომელიც შედგება გამბრჯენებისაგან და დგარებისაგან.

ღრმა ქვაბულების დამუშავების დროს მიწისქვეშა წყლების დონის დაბლა რთულ გეოლოგიურ პირობებში ქვაბულების კედლების გამაგრებას ახორციელებენ შპუნტური კედლების დახმარებით.

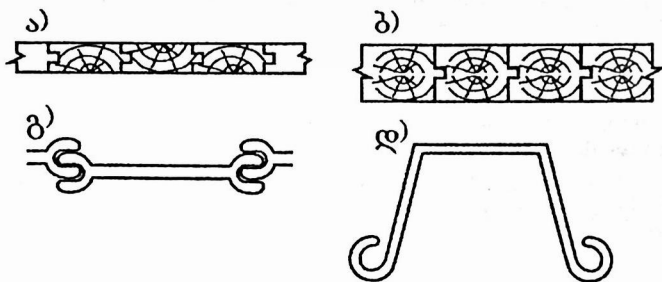
შპუნტურმა კედლებმა უნდა უზრუნველყონ, აგრეთვე, ქვაბულის ძირის დაცვა მიწისქვეშა წყლების შეღწევისგან. ამისთვის შპუნტურ შემოზღუდვებს ჩაუშვებენ წყალუქონადი გრუნტის ფენამდე.



ნახ. 112 გამბრჯენი სამაგრები

1. დაფა; 2. ინვენტარული გამბრჯენი; 3. კედლის მთლიანი გამაგრება; 4,5 გამბრჯენი.

შპუნტურ კედლებს ჩვეულებრივ ამზადებენ ლითონისგან ან ხისგან. ხის შპუნტებს (ნახ. 113 ა, ბ) იყენებენ არაღრმა ქვაბულების შემთხვევაში (5 მ-ე), ხოლო უფრო ღრმა ქვაბულების შემთხვევაში იყენებენ ლითონის შპუნტურ კედლებს, რომლებიც შეიძლება იყოს როგორც ბრტყელი, ასევე კონდეთ რთული ფორმა (ნახ. 113 გ, დ).



ნახ. 113 შპუნტების სქემები

§112. ანკერული გამაგრებები და ქვებულების დაცვა მიწისქვეშა წყლებისგან

შპუნტური კედლების ჰორიზონტალური გადაადგილების შემცირებისა და მათი სიხისტის გაზრდის მიზნით გამოიყენება ანკერული სამაგრები, რომლებსაც ცალკეულ შემთხვევაში იყენებენ, აგრეთვე, ნაგებობათა მიწისქვეშა ნაწილების დასამაგრებლად.

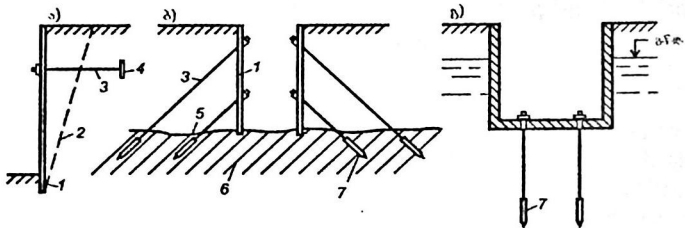
განასხვავებენ ჰორიზონტალურ, დახრილ და ვერტიკალურ ანკერებს.

ჰორიზონტალურ ანკერებს (ნახ. 114 ა) იყენებენ არაღრმა ქვებულების დგარების დასამაგრებლად.

დახრილ ანკერებს ძირითადად იყენებენ ღრმა ქვებულების კედლების ვერტიკალური ზღუდარების დასამაგრებლად. მათი სიგრძე დამოკიდებულია შედარებით მტკიცე გრუნტების ფენების განლაგებაზე (ნახ. 114 ბ), რომელშიც ისინი მაგრდება, ან ჩამონგრევის პრიზმის ზომებზე, რომელთა გარეთაც უნდა იყვნენ ისინი დამაგრებული.

ვერტიკალურ ანკერებს ძირითადად იყენებენ როგორც საძირკვლების ნაწილებს, რომლებიც მუშაობენ ამოგლეჯაზე (ნახ. 114 გ). საძირკვლების აგებისას, როდესაც მათი ჩაღრმავება მოითხოვს ქვებულების დამუშავებას მიწისქვეშა წყლების დონის დაბლა, ამ უკანასკნელთ აქვთ საშუალება შეაღწიონ ქვებულში, რითაც შეფერხდება სამშენებლო სამუშაოები.

ამ შემთხვევაში საჭიროა ქვებულის დაცვა მიწისქვეშა წყლებისგან წყლის დონის დაწევით ან ფილტრაციის საწინააღმდეგო ფარდების მოწყობით, შპუნტური ზღუდარების ან კედლების გამოყენებით, რომლებსაც ჩაუშვებენ წყალუჯონად ფენებში. ამ უკანასკნელი ხერხის გამოყენება ეკონომიურად ყოველთვის არაა მიზანშეწონილი თავისი სიძვირისა და შრომატევადობის გამო.



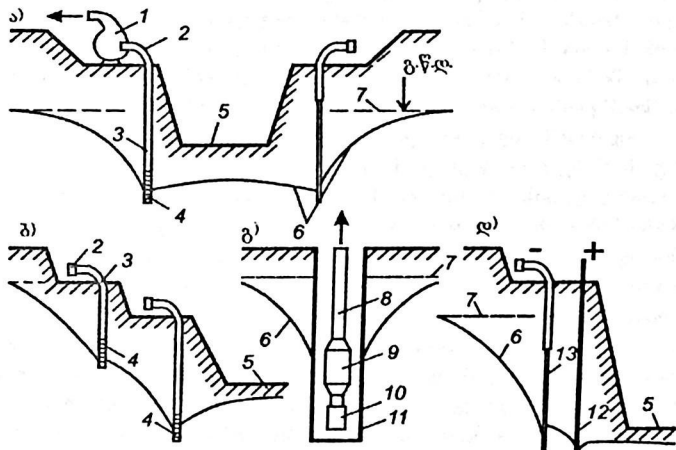
ნახ. 114. ანკერების სახეობები

1. შპუნტური კედელი; 2. ჩამონგრევის პრიზმა; 3. საანკერო მჭიმი;
4. საანკერო ფილა; 5. სუსტი გრუნტი; 6. მკვრივი გრუნტი;
7. ცილინდრული ანკერი.

ღია წესით წყლის მოშორებას მიმართავენ არაღრმა ქვაბულებში მიწისქვეშა წყლების მცირე მოდინების შემთხვევაში.

თუ სამშენებლო სამუშაოების ხასიათი მოითხოვს, რომ მთლიანად იქნეს გამორიცხული წყლის შეღწევა ქვაბულებში მისი ძირიდან და კედლებიდან, მიმართავენ ხელოვნურ წყლის დონის დაწევას მსუბუქი ნემსაფილტრების საშუალებით. ამ შემთხვევაში ნემსაფილტრებს განალაგებენ შენობის პერიმეტრზე ერთმანეთისაგან 0.8.....1.5 მ-ის ბიჯით. წყლის ამოქაჩვას ნემსაფილტრებიდან აწარმოებენ ტუმბოს საშუალებით შემწოვი კოლექტორისაგან. ამასთან, ყოველ ნემსაფილტრთან წარმოიქმნება დეპრესიული ფილტრები, რომლებიც ერთდებიან და იწვევენ გრუნტის წყლების დაწევას ქვაბულში. (ნახ. 115 ა). წყლის დონის მაქსიმალური დაწევა ნემსაფილტრების საშუალებით არის დაახლოებით 4.....5 მ. თუ საჭიროა უფრო დიდ სიღრმეზე გრუნტის წყლის დონის დაწევა, მიმართავენ მრავალიარუსიან მსუბუქ ნემსაფილტრების დანადგარებს (ორ იარუსიანი დანადგარების სქემა მოცემულია ნახ. 115ბ), რომლებიც, როგორც წესი მოითხოვენ ქვაბულების გაღრმავებას და მიწის სამუშაოების მოცულობის გაზრდას, ამიტომ ღრმა ქვაბულებში მიზანშეწონი-

ლია ეექტორული ნემსაფილტრების ან სიდრმითი ტუმბოების გამოყენება, რომლებიც ამოტუმბავენ წყალს ჭაურებიდან (ნახ. 115გ).



ნახ. 115 წყლის დონის ხელოვნურად დაწევის სქემები

1. ტუმბო; 2. ანაკრები კოლექტორი; 3. ნემსაფილტრი; 4. ნემსაფილტრის ბადე; 5. ქვაბულის ფსკერი; 6. დეპრესიული მრუდი;
7. მიწისქვეშა წყლის დონე; 8. მიღგაყვანილობა; 9. ტუმბო;
10. ელექტროძრავი; 11. გაბურღული ჭაური; 12. ლითონის ღერძი – ანოდი; 13. ნემსაფილტრი – კათოდი.

იმასთან დაკავშირებით, რომ წყლის ხელოვნურად დაწევის თვითღირებულება პირდაპირ დამოკიდებულია გამოშვებული მექანიზმების მუშაობის ხანგრძლივობასთან, ღირებულების შემცირებას შეიძლება მივაღწიოთ სამშენებლო სამუშაოების მაქსიმალური შემცირებით.

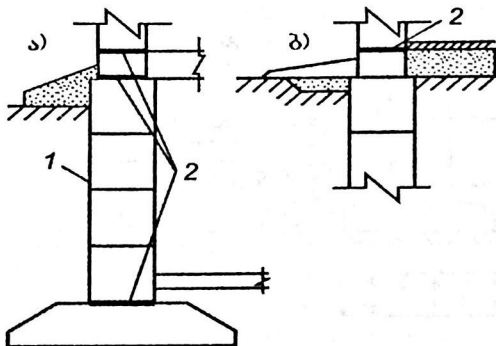
§11.3 საძირკვლების ჰიდროიზოლაცია

შენობებისა და ნაგებობების მოწყობის დროს, განსაკუთრებით კი სარდაფიანი შენობების არსებობისას, აუცილებელი ხდება საიმედო ჰიდროიზოლაციის განხორციელება ტენისა და მიწისქვეშა წყლების შეღწევის თავიდან აცილების მიზნით, რომლებმაც აწვევის შემთხვევაში შეიძლება გამოიწვიონ სარდაფიანი შენობის დატბორვა.

ჰიდროიზოლაციის კონსტრუქცია დაინიშნება გამომდინარე მიწისქვეშა წყლების დონიდან, სარდაფის სიღრმიდან, საძირკვლების ტიპიდან, სამშენებლო მოედნის გრუნტული პირობებიდან, სარდაფში დასაშვები სინოტივისგან და საძირკვლების მოწყობის მეთოდებიდან. ჰიდროიზოლაციას აპროექტებენ და აწყობენ საძირკვლების მოწყობასთან ერთად.

იმ შემთხვევაში, როდესაც მიწისქვეშა წყლების დონე სარდაფის იატაკის დონეზე დაბალია, შესაძლებელია შენობაში ტენის შეღწევა გრუნტში არსებული კაპილარებით. ამ შემთხვევაში სარდაფის გარე კედლებს წაუსვამენ ერთჯერ ან ორჯერ ბიტუმს ან ჰიდროსაიზოლაციო მასტიკას და ათავსებენ რულონურ ჰიდროიზოლაციას კედელში სარდაფის იატაკის დონეზე და მიწის ზედაპირის მოშანდაკების დონეზე სარდაფის კედელსა და თვითონ შენობას შორის (ნახ. 11.6ა) ამ უკანასკნელს აწყობენ პირველ სართულზე ტენის შეღწევის თავიდან აცილების მიზნით.

უსარდაფო შენობებში (ნახ. 11.6ბ) შენობის სინოტივისაგან დაცვის მიზნით აწყობენ რულონურ ჰიდროიზოლაციას პირველ სართულზე იატაკის დონეზე.

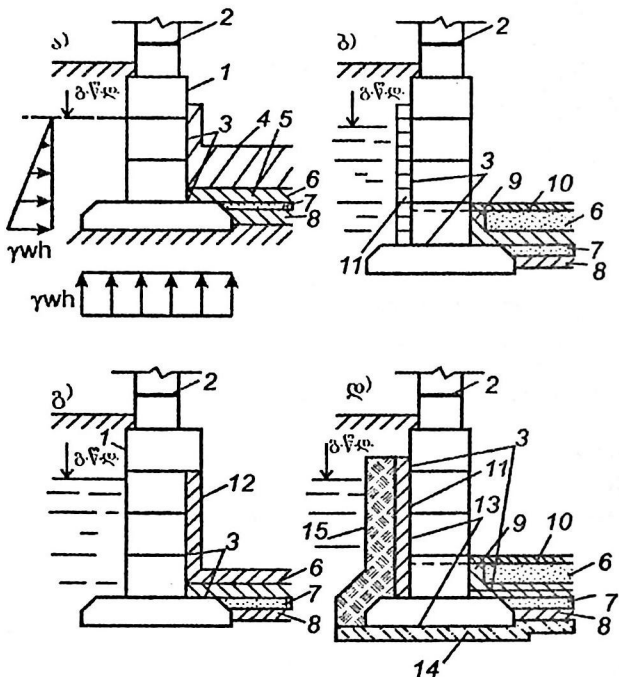


ნახ. 11.6 შენობის დაცვა სინოტივისაგან
1. ბიტუმის წასმა; 2. რულონური ჰიდროიზოლაცია.

მიწისქვეშა წყლები აწარმოებენ ჰიდროსტატიკურ დაწნევას ჰიდროიზოლაციაზე, კედლებზე და იატაკზე. ჰიდროსტატიკური წნევის ეპიურის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 11.7ა-ზე.

იმ შემთხვევაში, როდესაც მიწისქვეშა წყლების დონე სარდაფის იატაკის დონეს აღემატება არაუმეტეს 0,5 მ-ზე, მაშინ ჰიდროიზოლაცია უნდა შედგებოდეს ხელოვნური მასალის სამი და მეტი ფენისაგან და სპეციალური კონსტრუქციისაგან, რომელიც იცავს მას აგლეჯისაგან და იკავებს მას საპროექტო მდგომარეობაში ჰიდროსტატიკური წნევის მოქმედების შემთხვევაში. (ნახ. 11.7ა) ბეტონის ფენის წონა, რომელიც მოდის ერთეულ ფართზე, უნდა იყოს არანაკლები ჰიდროსტატიკურ წნევაზე.

თუ მიწისქვეშა წყლების დონე აღემატება სარდაფის იატაკის დონეს 0,5 მ-ზე მეტად, მაშინ ჰიდროიზოლაცია უნდა შედგებოდეს ხელოვნური მასალის სამი და მეტი ფენისაგან და სპეციალური კონსტრუქციისაგან, რომელიც, მუშაობს რა ღუნვაზე, თავის თავზე იღებს ჰიდროსტატიკურ დაწნევას. ამ კონსტრუქციის ტიპის მიხედვით განასხვავებენ გარეგან და შინაგან ჰიდროიზოლაციას.



ნახ. 11.7 მიწისქვეშა სათავსოების პიდროიზოლაცია

1. ბიტუმის და პიდროიზოლაციის მასტიკის წასმა; 2. პიდროიზოლაცია კედელსა და საძირკველს შორის; 3. რულონური პიდროიზოლაცია; 4. ბეტონის ფენა; 5. სადეფორმაციო კომპენსატორი; 6. ცემენტის ან ასფალტის დამცველი ფენა; 7. ცემენტით მოჭიმვა; 8. ბეტონის მომზადება; 9. რკინაბეტონის წიბოვანი გადახურვა; 10. სარდაფის იატაკი; 11. დამცველი კედელი; 12. რკინაბეტონის კესონი; 13 ბიტუმის ან პიდროსაიზოლაციო მასტიკით 3 ფენად წასმა; 14. ღორღოვანი ან ხრეშოვანი მომზადება ბიტუმზე; 15. გადაზელილი თიხა.

გარეგან პიდროიზოლაციას აწებებენ წინასწარგასწო-

რებული კედლების ზედაპირზე და იცავენ მექანიკური დაზიანებისაგან, აგურისაგან, ბეტონისაგან დამზადებული დამცველი კედლის საშუალებით (ნახ. 11.7).

გარეგან ჰიდროიზოლაციას ხშირად იყენებენ მთლიანი საძირკვლის ფილების და გარსოვანი საძირკვლების გამოყენებისას.

შინაგან ჰიდროიზოლაციას აკეთებენ საძირკვლების მოწყობის შემდეგ. მას აწყობენ კედლების შიგნითა ზედაპირზე და ამაგრებენ სპეციალური რკინაბეტონის ფილით, რომელსაც აქვს კედლები (კესონები), რომლებიც თავის თავზე ღებულობენ ჰიდროსტიკურ წნევას (ნახ. 11.8).

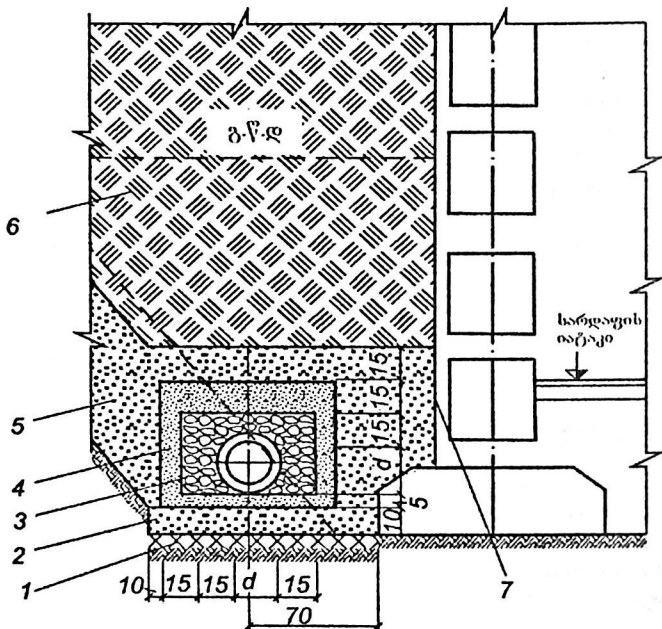
არათანაბარი ჯდომებით გამოწვეული ძალების თავის თავზე მიღების მიზნით, კესონები უნდა იქნენ გაანგარიშებული ღუნვაზე გამოწვეული გრუნტის რეაქციული წნევის და ჰიდროსტატიკური წნევის ერთობლივი მოქმედებით. შიგნითა ჰიდროიზოლაცია უფრო ნაკლებად საიმედოა, ვიდრე გარეთა, ვინაიდან აქვს გაღუნვისა და გადატეხის უბნების დიდი რაოდენობა. ჰიდროიზოლაცია უნდა იქნეს განხორციელებული მშრალ ქვაბულში, ამიტომ ამ სამუშაოების ჩატარების პერიოდში უნდა იქნეს გათვალისწინებული ღონისძიებები წყლის დონის ხელოვნურად დასაწევად.

ზოგ შემთხვევაში გარკვეული პირობების დროს მიწისქვეშა წყლებმა შეიძლება წარმოშვან აგრესიული გარემო ბეტონის მიმართ. აგრესიული მიწისქვეშა წყლები წარმოიშვება ძირითადად ქიმიური მრეწველობის საწარმოებში. აგრესიული წყლების შემოქმედების შედეგად საძირკვლის ბეტონი იშლება, რასაც მიუყავართ არმატურის კოროზიამდე.

მაწვე ზეგავლენის თავიდან აცილება შეიძლება მკვრივი და ქიმურად მდგრადი ბეტონის და ბზარმდეგი კონსტრუქციების გამოყენებით. თუ ზემოთ ჩამოთვლილი ღონისძიებები არ იძლევიან საკმარის ეფექტს, მიმართავენ საძირკვლების იზოლაციას აგრესიული წყლებისაგან, გადაზედილი თიხის საშუალებით (ნახ. 11.7დ). ზოგიერთ შემთხვევაში

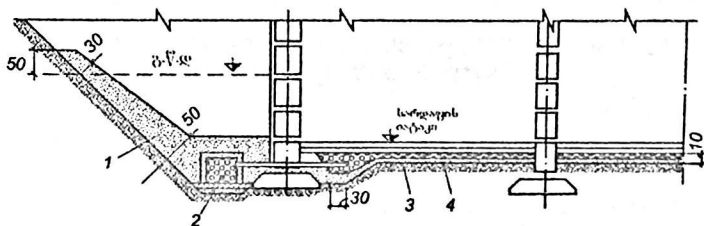
მიწისქვეშა წყლებთან ბრძოლას აწარმოებენ დრენაჟების საშუალებით. ეკონომიური გადაწყვეტის მიღების მიზნით, სადრენაჟო სისტემას აწყობენ არა ერთი შენობისათვის, არამედ მთელი კომპლექსისათვის.

გამოიყენება დრენაჟების ორი ტიპი ცალკეული შენობებისათვის ან ნაგებობისათვის:



ნახ. 118 კედლური დრენაჟის სქემები.

1. გრუნტში ჩატკეპნილი ხრეში; 2. თიხაბეტონი; 3. წვრილი ხრეში ან ღორდი; 4. მსხვილი ქვიშა; 5. საშუალო სიმსხოს ქვიშა; 6. ადგილობრივი გრუნტი; 7. ბიტუმის ორ ფენად წასმა.



ნახ. 119 შრეობრივი დრენაჟის სქემა.

1. საშუალო სიმსხოს ქვიშა; 2. კედლური დრენაჟი;
3. მსხვილი ქვიშა; 4. ხრეში ან ღორღი.

I – კედლური დრენაჟი (ნახ. 11.8) გამოიყენება იმ შემთხვევაში, თუ წყალუქონადი გრუნტი არაა დიდ სიღრმეზე განლაგებული. დრენაჟს ამ შემთხვევაში განალაგებენ საძირკვლის გარე მხრიდან. II – შრეობრივი დრენაჟი გამოიყენება ჩვეულებრივ იმ შემთხვევაში, როცა გრუნტები ცუდად ფილტრირებულია (ნახ. 11.9), ხშირად ამ ორ დრენაჟს უთავსებენ ერთმანეთს. შეერთებას აწარმოებენ მიღების საშუალებით. აუცილებელია მხედველობაში იქნეს მიღებული, რომ დრენაჟების მოწყობა დაკავშირებულია დამატებით ხარჯებთან მათი ექსპლუატაციის და რემონტის დროს.

თავი 12. საძირკვლები დინამიური ლაბვირთვების დროს და ფაქ-საძირკვლების გაუგრობის მეთოდები

§12.1 საძირკვლების დინამიურ ზემოქმედებაზე ანგარიშის მეთოდები

საძირკვლების და მისი გარემომცველი გრუნტის რხევების ძირითადი გამომწვევე მიზეზებია: სტაციონარულად დამონტაჟებული სამრეწველო ან სამეურნეო დანადგარების მანქანების და მექანიზმების მუშაობა; სხვადასხვა ტიპის ტრანსპორტის მოძრაობა, ზოგიერთი სამშენებლო სამუშაოების შესრულება; აფეთქების სამუშაოები; სეისმური ზემოქმედება და სხვა.

დინამიური დატვირთვების ზოგიერთი გამომწვევე მიზეზი ხასიათდება დარტყმითი ზემოქმედებით. ერთჯერადი დარტყმითი იმპულსი იწვევს თავისუფალ რხევას სისტემისა – საძირკველი გრუნტი, განსხვავებით იძულებითი რხევებისაგან, რომელსაც იწვევს პერიოდულად ცვლადი გარე დატვირთვები.

სამრეწველო დანადგარების სახით გამოყენებული მანქანები შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად კატეგორიად: პერიოდული და არაპერიოდული მოქმედების.

პერიოდული მოქმედების მანქანები იყოფა სამ ტიპად: თანაბარბრუნვითი (ტურბოგენერატორები, როტორები, ელექტროძრავები და სხვა). თანაბარბრუნვითი, დაკავშირებული შექცევით წინსვლით მოძრაობასთან; შექცევითბრუნვითი მოძრაობა დაკავშირებული ერთიმეორეს მიყოლებით დარტყმებთან.

არაპერიოდული მოქმედებების მანქანები იყოფიან: არათანაბარ ბრუნვით ან შექცევით წინსვლითი მოძრაობა, რომლებიც გადასცემენ საძირკველს შემთხვევით დატვირთვებს.

სამრეწველო და სამეურნეო დანადგარების ქვემოთ სა-

ძირკვლებს წაეყენებათ შემდეგი მოთხოვნები; მანქანის საიმედო დამაგრება; დაშვებული დეფორმაციების, ჯდომების და ვიბრაციების გამორიცხვა, რომლებიც არღვევენ დანადგარების ნორმალურ ექსპლუატაციას და მოსამსახურე პერსონალის მუშაობას; საძირკველის ელემენტების სიმტკიცის, მდგრადობის და გამძლეობის უზრუნველყოფა; მნიშვნელოვანი რხევების გადაცემის დაუშვებლობა ფუძე-გრუნტებზე ნაგებობის ნორმალური ექსპლუატაციის ვარგისიანობის დარღვევის დაუშვებლობის მიზნით. აგრეთვე მეზობელ შენობა-ნაგებობებზე, რაც გამოიხატება საძირკვლების არათანაბარ ჯდომებში და ვიბრაციებში, რასაც ზოგიერთ შემთხვევაში მიყვავართ მზიდი და შემომზღუდავი კონსტრუქციების რღვევამდე.

სამრეწველო და სამეურნეო დანადგარების მანქანების ქვემოთ ფუძე-საძირკვლების ანგარიში შედგება შემდეგი ეტაპებისაგან:

1. საძირკვლების რხევების ამპლიტუდის განსაზღვრა და მათი შედარება დასაშვებ მნიშვნელობებთან პირობით:

$$A \leq A_{\text{დღვ}}$$

$$(12.1)$$

სადაც A - საძირკვლების რხევების ამპლიტუდაა, მიღებული გაანგარიშების საფუძველზე; $A_{\text{დღვ}}$ - რხევების მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობა, რომელიც აიღება ნორმებიდან:

2. საშუალო წნევა საძირკველის ძირზე შემოწმდება პირობით:

$$P \leq \gamma_c \gamma_g R$$

$$(12.2)$$

სადაც γ_c - მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მანქანების პასუხისმგებლობის ხარისხს და დინამიური დატვირთვების სპეციფიკას;

γ_g - საიმედოობის კოეფიციენტი გრუნტის მიხედვით. R - გრუნტის საანგარიშო წინაღობაა, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით.

3. საძირკვლის კონსტრუქციების ელემენტების ანგარიში სიმტკიცეზე, რომელიც წარმოებს რკინაბეტონის და სხვა კონსტრუქციების ნორმების მიხედვით.

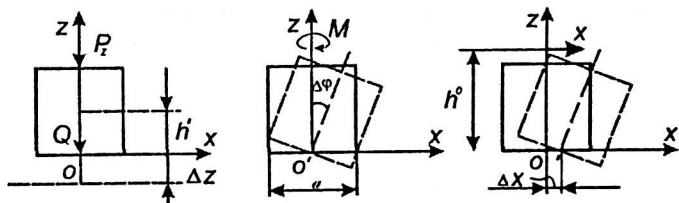
ფუძე-საძირკვლების დინამიური გაანგარიშებისათვის აუცილებელია ვიცოდეთ ბრუნვითი ფუძის ძირითადი დრეკადი თანაბარი კუმშვის კოეფიციენტი C_z , რომელსაც როგორც წესი განსაზღვრავენ ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგების მიხედვით. თუ ექსპერიმენტალური მონაცემები არ არსებობს, მაშინ C_z განისაზღვრება ფორმულით:

$$C_z = b_0 \cdot E \left(1 + \sqrt{\frac{A_0}{A}} \right) \quad (12.3)$$

სადაც b_0 - კოეფიციენტი (ქვიშებისათვის $b_0 = 1$ ქვიშნარებისათვის და თიხნარებისათვის $b_0 = 1,2$ თიხებისათვის $b_0 = 1,5$); E - გრუნტის დეფორმაციის მოდული; A_0 - მიიღება 10 მ²; A - საძირკვლის ძირის ფართობი.

თუ საძირკვლის ძირის ფართი მეტია 200 მ², მაშინ C_z -ის მნიშვნელობა მიიღება როგორც საძირკვლისათვის, რომლისთვისაც $A = 200$ მ². დრეკადი თანაბარი კუმშვის კოეფიციენტი C_z აფასებს ფუძის დრეკად თვისებებს ვერტიკალური რხევების დროს. (ნახ. 12.1) ჰორიზონტალური რხევების დროს, ფუძის დრეკად თვისებებს აფასებენ თანაბარი კუმშვის კოეფიციენტით ჰორიზონტალური მიმართულებით.

$$C_x = 0,7C_z$$



ნახ. 12.1 საძირკვლის შესაძლო გადაადგილების სქემები დატვირთვების სხვადასხვანაირი მოქმედების დროს

იმ შემთხვევაში, როდესაც ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დინამიური დატვირთვა მოდებულია ექსცენტრულად, გარდა გადაადგილებისა ვერტიკალური (Z) და ჰორიზონტალური (X) მიმართულებით, წარმოიშევა ბრუნვითი რხევებიც, რომლებიც ხასიათდება მობრუნების კუთხეებით ჰორიზონტალური მიმართულებით, რომლებიც პერპენდიკულარულია რხევების სიბრტყის (φ).

მობრუნების φ კუთხე ხასიათდება არათანაბარი დრეკადი კუმშვის (მობრუნების) კოეფიციენტით:

$$C_{\varphi} = 2C_z \quad (12.4)$$

საძირკვლები ბრუნვითი და შექცევითი წინსვლით მოძრაობების მქონე მანქანების ქვემოთ უნდა იყვნენ დაპროექტებული და შესრულებული:

ჩარჩოიანი, რომელიც შედგება რამდენიმე განივი და გრძივი ჩარჩოსაგან, რომლებიც ეყრდნობა ქვედა საყრდენ ფილას ან როსტვერკს და გაერთიანებულია ზემოთ კოჭებით ან ფილებით საძირკვლისათვის მეტი სიხისტის მინიჭების მიზნით;

კედლური, რომლებიც წარმოადგენენ განივი ან გრძივი კედლების სისტემას, რომლებიც ეყრდნობიან საყრდენ ფილას და ზემოდან გაერთიანებული არიან კოჭებით ან

ფილებით; მასიური, რომელიც წაროდგენს მთლიან ხისტ კონსტრუქციას, რომელიც როგორც წესი, ხორციელდება მონოლითურ ვარიანტში. ბუნებრივი მოძრაობის მანქანებისათვის (12.2) პირობის შემოწმების დროს კოეფიციენტი γ_c მიღება 0,8; წვრილი და მტვროვანი ქვიშებისათვის და მტვროვან-თიხოვანი გრუნტებისათვის დენად მდგომარეობაში $\gamma_g = 0,7$; სხვა შემთხვევაში $\gamma_g = 1$.

მასიური საძირკვლის ვერტიკალური რხევების ამპლიტუდის მნიშვნელობა იანგარიშება ფორმულით:

$$A_z = \frac{P_z}{K_z - m_n \omega^2} \quad (12.5)$$

სადაც P_z არის შემრყევი ძალის ვერტიკალური მდგენელი.

ω - მანქანის ბრუნვის კუთხური სიხშირეა თუ მანქანის ბრუნვის სიჩქარეს აღენიშნავთ n -ით, $\omega = \frac{2\pi}{60} \cdot n = 105n$. m_n - მთლიანი დანადგარის მასაა. K_z - ფუძის სიხისტის კოეფიციენტია კნ/მ, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_z = C_z \cdot F \quad (12.6)$$

სადაც F - საძირკვლის ძირის ფართობია.

დარტყმითი მოქმედების მანქანის საძირკვლის გაანგარიშება ძირითადად მდგომარეობს რხევის ვერტიკალური ამპლიტუდის შემოწმებაში $A_z \leq A_{ზღვრ}$ სადაც

$$A_z = 0,2 \frac{(1+\varepsilon) \cdot Q_0 \cdot V}{\sqrt{C_z \cdot F \cdot Q}} \quad (12.7)$$

სადაც Q_0 არის უროს დამრტყმელის წონა:

Q - საძირკვლის, უროს სადგარისა და გრდემლის საერთო წონაა. ε - სიჩქარის აღდგენის კოეფიციენტი,

რომელიც სატყედი უროებისთვის აიღება 0,25; სატვირთო უროებისთვის - 0,5; დანარჩენ შემთხვევაში იგი უდრის 0,1.

V - უროს დამრტყმელის ვარდნის სინქარვა დარტყმის მომენტში, რომელიც ერთმაგი მოქმედების უროებისათვის იანგარიშება ფორმულით:

$$V = 0,9\sqrt{2gh} \quad (12.8)$$

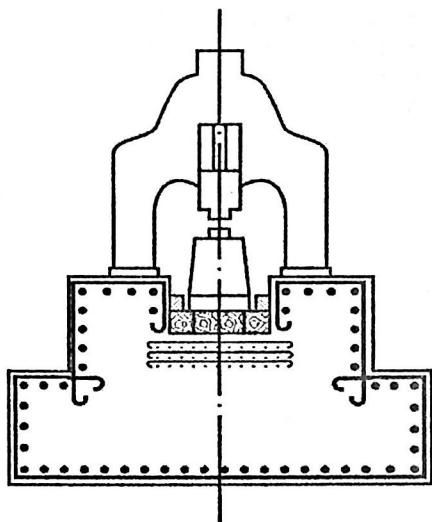
სადაც g - სიმძიმის ძალის აჩქარებაა, h - უროს დამრტყმელის ვარდნის სიმაღლე. საძირკვლის ძირის ფართობი იანგარიშება ფორმულით:

$$F = \frac{20(1+\varepsilon)}{R} \cdot Q_0 \cdot V \quad (12.9)$$

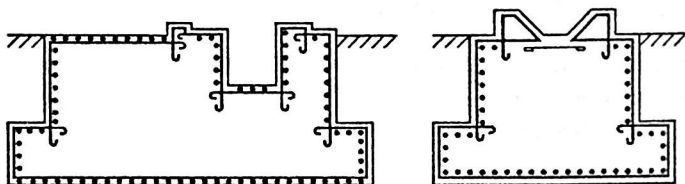
$$Q = 8(1 + \varepsilon) \cdot Q_0 \cdot V - Q_1 \quad (12.10)$$

სადაც Q_1 არის უროს, გრდემლისა და სადგარის წონა, კნ.

დანადგარების ზოგიერთი რაოდენობა, რომელებიც გამოიყენება თანამედროვე წარმოებაში ხასიათდება მუშაობით დარტყმით რეჟიმში. ასეთ შემთხვევაში არ არის მიზანშეწონილი რომ მნიშვნელოვანი რხევები გადაეცეს უშუალოდ გრუნტს, ვინაიდან ვიბრაციებმა, რომელებიც წარმოიშვება გარემომცველ კონსტრუქციებში და მეზობელ შენობებში შეიძლება გამოიწვიონ ამ უკანასკნელთა საექსპლუატაციო უვარგისობა. ამასთან დაკავშირებით საძირკვლებს აქვთ განსაკუთრებული კონსტრუქცია (ნახ. 12.2).



ნახ. 12.2 საჭედი უროს საძირკველი მონოლითური არმირებული ბეტონისაგან



ნახ. 12.3 საძირკველი დიზელ-გენერატორის ქვემოთ

საძირკველის რხევების ამპლიტუდას მაქსიმალური მნიშვნელობა $A_d = 1,2$ მმ, ხოლო მანქანების საძირკველების

მოწყობის დროს დარტყმითი დატვირთვებით წვრილ, მტვროვან, მცირეტენიან და ყველა წყალნაჯერ ქვიშებზე – 0,8 მმ.

საძირკვლების ექსპლუატაციის დროს დინამიური დატვირთვებით განსაკუთრებით საშიშ მოვლენას წარმოადგენს რეზონანსული რხევები, რომლის დროსაც ამძრავი ძალის სიხშირე ემთხვევა საძირკვლის საკუთარი რხევების სიხშირეს. ამ შემთხვევაში რხევების ამპლიტუდა იზრდება რამოდენიმეჯერ. იგი შეიძლება იყოს საშიში ცალკეული კონსტრუქციებისათვის და მთლიანად საძირკვლისათვის. იმასთან დაკავშირებით, რომ საძირკვლების დაპროექტების დროს შეიძლება დაშვებული იყოს უზუსტობანი გაანგარიშების დროს და გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების განსაზღვრის დროს, ამიტომ საძირკვლების ექსპლუატაციის დაწყების შემდეგ შეიძლება წარმოიშვას რეზონანსის მოვლენა. ამ მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით ჩვეულებრივ ითვალისწინებენ საკუთარი რხევების შესაძლებელ ცვლილებას საძირკვლების მოწყობის შემდეგ. ეს შესაძლებელია განხორციელდეს საძირკვლის ძირის ზომების გაზრდით. ზოგჯერ მიმართავენ ნაბურღ დანატენ ხიმინჯებს, რომლებსაც აწყობენ წინასწარ გაბურღულ ჭაურებში. ზოგიერთ შემთხვევაში რხევების ამპლიტუდის შემცირების მიზნით იყენებენ სპეციალურ ვიბროჩამქრობებს ან მიმართავენ მოწყობილობის დაყრდნობას საძირკველზე ვიბროიზოლატორების საშუალებით.

§12.2 საძირკვლები სეისმური დატვირთვის დროს

სეისმურ მოვლენად ან მიწისძვრად იწოდებიან დედამიწის ქერქის რხევითი მოძრაობები დედამიწის შიგა ძალების გამოვლენის შედეგად, მიწისძვრები იწვევენ შენობა-ნაგებობის რხევებს და ინერციის ძალების გაჩენას. რხევებს და ინერციის ძალებს უწოდებენ სეისმურ ზემოქმედებას.

სეისმური ზემოქმედების შედეგია ცალკეული კონსტრუქციების დეფორმაციები და გადაადგილებები, აგრეთვე შენობების ნაწილობრივი ან მთლიანი რხევა: სეისმური ზემოქმედება გაითვალისწინება 7...9 ბალის შემთხვევაში სპეციალური დასაბუთებით. 10 ბალის შემთხვევაში მშენებლობა დასაშვებია განსაკუთრებულ შემთხვევაში სპეციალური დასაბუთებით.

სეისმურობის ბალი მოცემული ტიპის ნგებობებისათვის დადგინდება მშენებლობის რაიონის მიხედვით დამატებითი მიკროდარაიონების მიხედვით, რომელიც სრულდება სამშენებლო მოედანზე საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების სპეციფიკის საფუძველზე.

სამშენებლო მოედნის გრუნტული პირობები იყოფა სამ კატეგორიად:

I - კარგი გრუნტები (კლდოვანი, მსხვილნატვრევი და ქვიშოვანი, მკვრივი მცირეტენიანი და მარადმზრალი მტკიცე);

II - საშუალო ხარისხის გრუნტები (კლდოვანი, მსხვილნამტვრევი, ქვიშოვანი, ტენიანი, მტვროვან-თიხოვანი დენადობის მაჩვენებლით $I_L < 0,5$ და ზოგიერთი მარადმზრალი);

III - დაბალი ხარისხის გრუნტები (ფხვიერი ქვიშები, წყალნაჯერი სუსტი მტვროვან-თიხოვანი და გაღლილი მარადმზრალი გრუნტები); I კატეგორიის გრუნტებისათვის დასაშვებია რაიონის სეისმურობა შემცირდეს I ბალით.

საძირკვლის კონსტრუქციების და მათი ფუძეების გაანგარიშება წარმოებს დატვირთვების ძირითად და განსაკუთრებულ თანაწყობაზე, ამასთან ამ უკანასკნელში აუცილებლად ჩართავენ სეისმურ დატვირთვებს. საანგარიშოდ სეისმური დატვირთვებისათვის დებულობენ მთელ შენობას დინამიური გაანგარიშების შედეგად მიღებულ რხევებზე.

დინამიური გაანგარიშების დროს მხედველობაში მიიღება შენობის ცალკეული ელემენტების მასა, რაიონის სეისმურობა, საკუთარი რხევების ფორმები, ნაგებობის რხევების თავისებურებები, გრუნტული პირობების ტიპი, ნაგებობის

კონსტრუქციული გადაწყვეტა და დასაშვები დეფექტების და დაზიანების ხასიათი.

სეისმური დატვირთვების მიღების შემდეგ დალამბერის პრინციპის საფუძველზე წარმოებს შენობის კონსტრუქციების სტატიკური გაანგარიშება სეისმური და სტატიკური დატვირთვის ერთობლივი მოქმედების გათვალისწინებით.

დამატებითი ჰორიზონტალური ნორმალური და მხები ძაბვები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ფუძეში სეისმური ტალღების გავლის შედეგად განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma_r = \pm \frac{1}{2\pi} k_c \cdot \gamma \cdot C_p \cdot T_0 \quad (12.11)$$

$$\tau_r = \pm \frac{1}{2\pi} k_c \cdot \gamma \cdot C_s \cdot T_0 \quad (12.12)$$

სადაც K_c - სეისმურობის კოეფიციენტი (7 ბალის შემთხვევაში $K_c = 0,025$; 8 ბალის შემთხვევაში - $0,05$, ხოლო 9 ბალის შემთხვევაში - $0,1$); γ - გრუნტის კუთრი წონა; C_p და C_s შესაბამისად გრძივი და განივი სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარეებია; $T_0 = 0,5$ - სეისმური მერყეობის სიჩქარე.

სეისმური ინერციული დატვირთვები, რომლებიც მოქმედებენ საძირკველზე მიწისძვრის დროს განისაზღვრება ფორმულით:

$$S_{ik} = G_k \cdot \gamma_n \cdot k_c \cdot \beta_i^\circ \cdot \eta_{ix} \quad (12.13)$$

სადაც G_k - შენობის ელემენტის წონა K წერტილის მიმართ; γ_n - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია შენობის კლასზე (მიიღება საზღვრებში $1, \dots, 1,5$) β_i° - დინამიურობის კოეფიციენტი; η_{ix} - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს რხევების ფორმას.

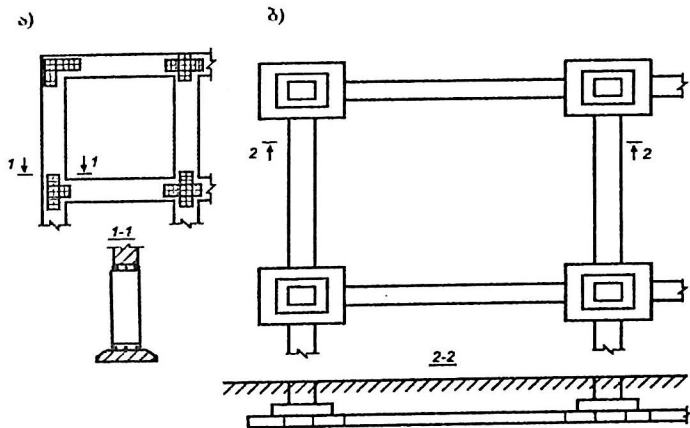
სეისმურ რაიონებში დაპროექტების და მშენებლობის დროს I და II კატეგორიის გრუნტებში საძირკვლის ჩაღრ-

მაგებას ნიშნავენ როგორც არასეისმური რაიონებისთვის, მაგრამ არანაკლებ 1 მ; III კატეგორიის გრუნტები ითხოვენ წინასწარ ხელოვნურ გაუმჯობესებას. შენობების და მათი ცალკეული ნაწილების საძირკვლები რეკომენდირებულია, რომ მოეწყოს ერთსა და იმავე ნიშნულზე საკუთარი რხევების ცვალებადობის თავიდან აცილების მიზნით. მაღლივ შენობებში საჭიროა გაიზარდოს საძირკვლების ჩაღრმავება, მიწისქვეშა დამატებითი საძირკვლების მოწყობის გზით.

თანახმად სამშენებლო ნორმების და წესების, ფუძის მდგრადობა მოწმდება პირობით:

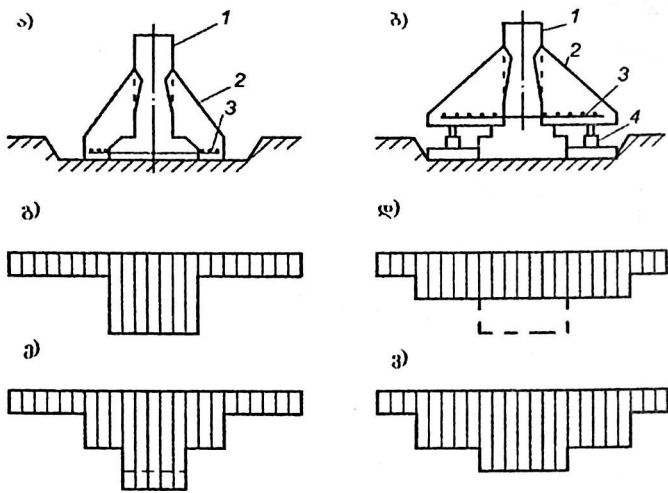
$$N = \frac{m_c}{K_H} \cdot \Phi \quad (12.14)$$

Φ – ფუძის ზიდვის უნარია, რომელიც განისაზღვრება სეისმური ზეგავლენის აღრიცხვით; K_H – საიმედოობის კოეფიციენტია $K_H \geq 1.5$. m_c – მუშაობის პირობების სეისმური კოეფიციენტია და აიღება ფარგლებში: $m_c = 0,7 \div 1,2$ გრუნტის სახეობის და ფიზიკური მდგომარეობის მიხედვით. სეისმური ტალღების გავრცელების შედეგად გრუნტის ზედაპირი შეიძლება განიცდიდეს გაჭიმვას ან კუმშვას სხვადასხვა მიმართულებებით, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს საძირკვლების დაცილება ერთმანეთის მიმართ, ამიტომ ამის თავიდან აცილების და საძირკვლების მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით მიზანშეწონილია ფილოვანი ან გადაჯვარედინებული საძირკვლების მოწყობა (ნახ. 12.4ა), რომლებსაც აწყობენ მონოლითურ ვარიანტში. სეისმურობის 9 ბალის შემთხვევაში აარმირებენ სარდაფის ყველა ურთიერთგადამკვეთ კედლებს. კარკასული შენობების საძირკვლები დასაშვებია დადგმულ იქნეს საძირკვლებზე, რომლებიც ერთმანეთს უერთდებიან რკინაბეტონის სადგებებით (ნახ. 12.4). კედლების ჰიდროიზოლაციის მოწყობა ბიტუმიით დაუშვებელია.



ნახ. 12.4 საძირკვლების სქემები სეისმურ რაიონებში

ხიმინჯოვანი საძირკვლების მოწყობის დროს აუცილებელია ხიმინჯის ხისტი ჩამაგრება როსტვერკში იმ ჰორიზონტალური ძალების თავის თავზე მისაღებად, რომლებიც წარმოიქმნებიან მიწისძვრების დროს, ამასთან ხიმინჯები თავიანთი ბოლოთი უნდა ეყრდნობოდნენ მკვირვ გრუნტებს. სეისმური ზეოქმედების გავლენას ხიმინჯების მუშაობაზე ითვალისწინებენ მუშაობის პირობების შემამცირებელი კოეფიციენტით ფუძის მზიდუნარიანობის განსაზღვრისას ხიმინჯის ბოლოზე და მის გვერდით ზედაპირზე.



ნახ. 12.5 საძირკველის ძირის გაგანიერება:

- ა) გრუნტის შეკუმშვის გარეშე; ბ) გრუნტის შეკუმშვით; გ) წნევის ეპიურა გაძლიერებამდე; დ) იგივე, გრუნტის შეკუმშვის შემდეგ დომკრატებით (ეპიურა გაძლიერებამდე ნაჩვენებია პუნქტირით); ე. ვ) იგივე საძირკველების გაძლიერებისა და დატვირთვის შემდეგ; 1. გასაძლიერებელი საძირკველი; 2. გაგანიერების კონსტრუქცია; 3. არმატურა; 4. დომკრატი.

ყველაზე არახელსაყრელ ფუძეებად ითვლებიან წყალნაჯერი ქვიშები, რომლებმაც მიწისძვრის შედეგად შეიძლება გამოიწვიონ შენობების დამანგრეველი ჯდომები, ამიტომ მათი ფუძეებად გამოყენება შეიძლება მხოლოდ შემკვრივებით ვიბრირებით, ქვიშის ხიმინჯებით ან რომელიმე სხვა ხერხით.

საძირკველების დაპროექტება და მოწყობა სეისმური ზემოქმედების გათვალისწინებით გარანტიას იძლევა ნაგებობის უსაფრთხოებაზე იმ პირობით, თუ ნაგებობის მიწისზედა ნაწილი აგებულია ამ ზემოქმედების გათვალისწინებით.

§12.3 ფუძე-საძირკვლების გაძლიერების მეთოდები შენობების რეკონსტრუქციის დროს

სამოქალაქო ნაგებობის რემონტის, შენობების რეკონსტრუქციის, ახალი მიწისქვეშა კომუნიკაციების გაყვანის, არსებულ ნაგებობებთან ახალი ნაგებობების აგების, აგრეთვე დროში ჩაუქრობადი და განვითარებადი დამატებითი ჯდომების გამო საჭიროა შეფასდეს არსებული საძირკვლებით შენობების და ნაგებობის ნორმალრი ექსპლუატაცია, ხოლო საჭიროების შემთხვევაში მათი გაძლიერება და რეკონსტრუქცია.

საძირკვლების გაძლიერება აუცილებელია განხორციელდეს შემდეგ შემთხვევებში: საძირკვლებზე დატვირთვის გაზრდის შემთხვევაში, რაც შესაძლებელია რეკონსტრუქციის, კაპიტალური რემონტის და შენობებზე დაშენების დროს;

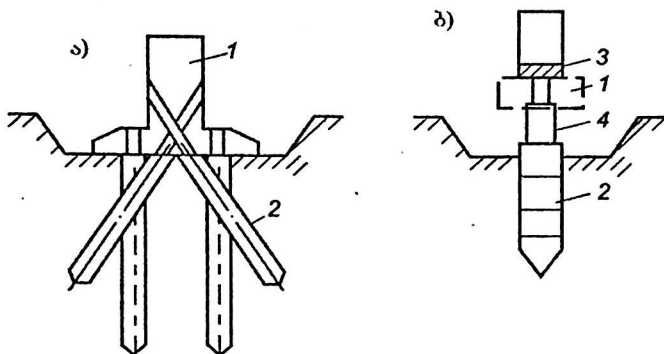
საძირკვლის კონსტრუქციის დარღვევისას თუ ის მოთავსებულია აგრესიულ გარემოში; დეფორმაციების გაზრდის და ფუძეების მდგრადობის გაუარესებისას დამატებითი დასველების შედეგად მექანიკური ან ქიმიური სუფოზიის ზემოქმედების შედეგად მუშაობის პირობების გაუარესებით; დაუშვებელი დეფორმაციების განვითარებისას, რომლებიც შედეგია იმ შეცდომების, რომლებიც დაშვებულია დაპროექტებისას ფუძეების მზიდუნარიანობის და დეფორმირებადობის არასწორად შეფასებით ან მშენებლობის დროს დაშვებული შეცდომებით, რამაც გამოიწვია გრუნტის ბუნებრივი სტრუქტურის დარღვევა.

ამჟამად, თანამედროვე საქალაქო მშენებლობის პრაქტიკაში იყენებენ ფუძე-საძირკვლების გაძლიერების შემდეგ მეთოდებს: საძირკვლის ძირიდან ფუძე-გრუნტებზე წნევების გადაცემის პირობების შეცვლა; საძირკვლის კონსტრუქციის სიმტკიცის გაზრდა; ფუძე-გრუნტების მზიდუნარიანობის გაზრდა.

საძირკვლის ძირიდან ფუძე-გრუნტებზე წნევების გადაცემის პირობების შეცვლა ხორციელდება საძირკვლის ძირის ორმხრივი ან ცალმხრივი გაზრდით, საძირკვლის ჩაღრ-

მაგების გაზრდით ან საძირკვლების გადატანით ხიმინჯებზე.

საძირკვლის ძირის ზომების გაზრდას აწარმოებენ წნე-
ვების გადასაცემად ფუძის უფრო დიდ ფართობზე. გაფარ-
თობას ახორციელებენ ორი ხერხით: ფუძე-გრუნტის შე-
კუმშვის გარეშე (ნახ. 12.5ა) და ფუძის წინასწარი შეკუმშვით
დომკრატების საშუალებით. (ნახ. 12.5ბ) გაფართოებისას
გრუნტის შეკუმშვის გარეშე საძირკვლის გაფართოებული
ნაწილი მუშაობაში ჩაერთვება გარე დატვირთვის მნიშვნე-
ლოვანი გაზრდის შემდეგ, როდესაც ჩნდებიან დამატებითი
ჯდომები. ამასთან, გაფართოებული ნაწილი თავის მხრივ
აიღებს დამატებითი დატვირთვების მხოლოდ ნაწილს, მისი
მნიშვნელოვანი ნაწილი კი ისევ გადაიცემა ძველი საძირ-
კვლის ძირით, რაც სავსებით დასაშვებია, ვინაიდან გრუნ-
ტის გამობურცვა ძველი საძირკვლის ძირიდან შეუძლებე-
ლია საძირკვლის გაფართოებული ნაწილებით ფუძის დატ-
ვირთვის გამო.



ნახ. 12.6 საძირკვლების ხიმინჯებზე გადატანის სქემები:

ა) დანატენი; ბ) დასასობი ჯგუფურად; 1) გასაძლიერებელი
საძირკველი 2) ხიმინჯი; 3) დასაყრდენი ფილა; 4) დომკრატი.

დამატებითი ჯდომების შემცირების მიზნით, მიმართავენ
გრუნტების წინასწარ შეკუმშვას მომავალი გაფართოების
ქვემოთ დომკრატების საშუალებით, ამასთან, არეს გრუნტსა

და გაფართოებულ ნაწილებს შორის ავსებენ ბეტონით დომკრატების მოხსნამდე. ამ შემთხვევაში გაფართოებული ნაწილები თავის თავზე მიიღებენ დამატებითი დატვირთვების უფრო მეტ ნაწილს, ვიდრე წინა მეთოდების დროს.

საძირკვლის ძირის ჩაღრმავების გაზრდას მიმართავენ უფრო იშვიათად, ვინაიდან ეს მეთოდი გაცილებით უფრო შრომატევადია. თავდაპირველად შენობის გარკვეული ნაწილის ქვემოთ გამოიღებენ გრუნტს და ჩაღრმავებენ საძირკველს გრუნტის წინასწარი შემკვრივებით მის ქვემოთ დომკრატების საშუალებით, შემდეგ გადადიან სხვა ნაწილზე და ა. შ. მანამ, სანამ ჩაღრმავება არ იქება გაზრდილი მთელი შენობის ქვემოთ.

ამუამად, ყველაზე უფრო ხშირად იყენებენ საძირკვლების გაძლიერების მეთოდს მათი გადაყვანით ხიმინჯებზე. ამ შემთხვევაში საძირკვლის კონსტრუქციაში და ფუძე-გრუნტში ბურღავენ ჭაურებს დიამეტრით 10..20 სმ, რომლებშიც ჩაყურსავენ ბეტონის ნარევს შემდგომი დატკეპვით. ზოგიერთ შემთხვევაში იყენებენ გრუნტში დომკრატის საშუალებით თანმიმდევრობით ჩაყურსვად რკინაბეტონის ჯგუფებს. (ნახ. 12.6).

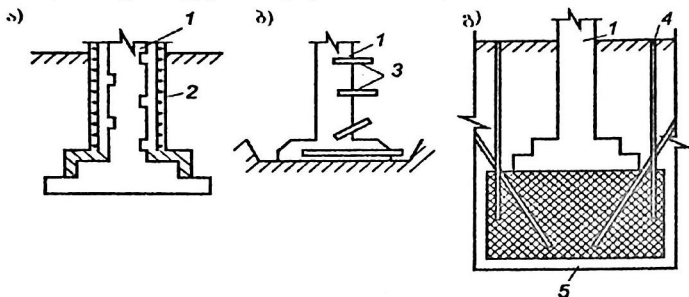
საძირკვლის კონსტრუქციის სიმტკიცის გაზრდას შეიძლება მივაღწიოთ რკინაბეტონის ან ლითონის გარსაკრით (ნახ. 12.7ა) ან საძირკვლის წყობაში ცემენტის ხსნარის ინექციებით, (ნახ. 12.7ბ) ზოგიერთ შემთხვევაში ორივე ხერხს იყენებენ ერთდროულად.

ფუძე-საძირკვლების მზიდუნარიანობის გაზრდას ახორციელებენ გრუნტების ზემოთ აღნიშნული შემაგრების მეთოდებით. ჩვეულებრივ გრუნტების შემაგრება ხორციელდება ინექტორების საშუალებით, როლებსაც ჩაუშვებენ გრუნტებში საძირკვლის ძირის ქვემოთ. (ნახ. 12.7გ).

იმასთან დაკავშირებით, რომ საძირკვლების გაძლიერების დროს საჭიროა უკუჩაყრილი გრუნტის მოხსნა საძირკვლის ძირის ნიშნულამდე, დატვირთვის შესამცირებლად ფუძეზე და არასასურველი ჯდომების გამოსარიცხავად აუცილებელია კონსტრუქციების გამოკიდვა დროებით საბრ-

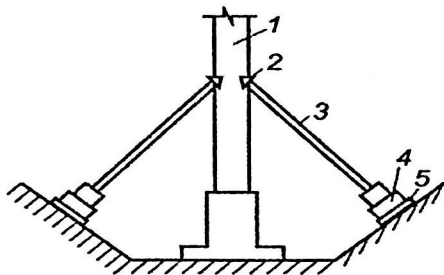
ჯენებზე (ნახ. 12.8), რომლებიც ფილების საშუალებით ეკრდნობიან გრუნტს.

არასასურველი ჯდომების გამორიცხვის მიზნით, ამ უკანასკნელს ათავსებენ დომკრატზე, რომელთა საშუალებით წარმოებს დეფორმაციების თანასწორობა.



ნახ. 12.7 ფუძე-საძირკველების სიმეტრიის გაზრდა.

- ა) გარსაკრის საშუალებით; ბ) ხსნარის ინექციით წყობაში; გ) გრუნტის შემადგრება საძირკველის ქვემოთ; 1. გასაძლიერებული საძირკველი; 2. რკინაბეტონის გარსაკრი; 3. მილები ინექციისათვის 4. ინექტორები; 5. შემადგრებული გრუნტი.



ნახ. 12.8 დროებითი დამაგრების კონსტრუქცია გრუნტის დამუშავების დროს საძირკველის გარშემო.

1. გამოკიდული კედელი; 2. გამანაწილებელი კოჭი; 3. გამბრჯენი; 4. დომკრატი; გამანაწილებელი ფილა.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Березанцев В. Г. Расчет оснований сооружений Л. Стройиздат, 1970;
2. Бартоломей А. А. Основы расчета ленточных свайных фундаментов по предельно допустимым осадкам. М., 1982 г.
3. Берлинов В. Н. Основания и фундаменты. М., Высшая школа, 1982 г.
4. Байков В. Н. Сингалов Э. Е. Железобетонные конструкции. М., Стройиздат, 1978 г.
5. Веселов В. А. Проектирование оснований и фундаментов М., Стройиздат, 1978 г.
6. Горбунов-Посадов М. Н. Расчет конструкции на упругом основании М., Стройиздат, 1973 г.
7. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты. М., Стройиздат, 1981 г.
8. Завриев К. С. Шпиро Г. С. Расчеты фундаментов мостовых опор глубокого заложения. М., 1970 г.
9. კერესელიძე დ. ი. გრუნტების მექანიკა და ფუძე-საძირკვლები, თბილისი, 1977 წ.
10. Костерин Э. В. Основания и фундаменты. М., 1978 г.
11. Рекомендации по возведению заглубленных сооружений и конструкций методом «стена в грунте». Киев, 1973 г.
12. Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений. М., Стройиздат, 1977 г.
13. Строительные нормы и правила. Основания зданий и сооружений. СНиП 2.02 01.83, М., 1985 г.
14. Рекомендации по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах. М., Стройиздат, 1978 г.
15. Симвлиди И. А. Расчет инженерных конструкций на упругом основании. М., 1978 г.
16. Силин К. С., Глотов Н. М., Завриев К. С. Проектирование фундаментов глубокого заложения. М., 1981 г.
17. Смородинов М. И., Федоров Б. И. Устройство фундаментов и конструкции способом «стена в грунте». М., Стройиздат, 1976 г.
18. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования Свайные фундаменты СНиП 2.02 03.85, М., 1986 г.

19. Цытович Н. А., Березенцев В. Г., Далматов Б. И., Абелов М. Ю. Основания и фундаменты, М., Высшая школа, 1970 г.
20. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования, Строительство в сейсмических районах СНиП 11-А. 12-69. 1977 г.
21. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования, основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах СНиП 11-18-76. М., Стройиздат 1974 г.
22. Сеницын А. П. Расчет балок и плит на упругом основании за пределами упругости М., Стройиздат, 1974 г.
23. Шукле Л. Реологические проблемы механики грунтов. Пер. с англ. Изд. 2-у, М., Стройиздат 1976 г.
24. Жемочкин Б. Н., Сеницын А. П. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании. М., Госстройиздат, 1962
25. Шехтер О. Я. Об определении осадок в грунтах с подстилающим слоем под фундаментом «Гидротехническое строительство». 1937 №10.
26. ქიქავა თ. "ფუძე-საძირკვლები", გამომცემლობა "აჭარა", ბათუმი, 2001 წ.
27. Atkinson G. The mechanics of soils and foundations. Taylor and Francis Group. London and New York. 2010
28. ფარცხალაძე გ., მშენიერაძე ი., ლითონის კონსტრუქციები. გამომცემლობა "შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი" ბათუმი 2009.
29. Цытович Н. А., Механика грунтов. М., 2008.

შესავალი	3
პირველი ნაწილი. გრუნტების მექანიკის საფუძვლები	
თავი 1. გრუნტების შედგენილობა და ფიზიკური თვისებები	6
— 1.1 ძირითადი ცნებები და განმარტებები	6
— 1.2 გრუნტების შედგენილობა და სტრუქტურა	7
— 1.3 გრუნტების ფიზიკური მახასიათებლები	12
1.4 გრუნტების კლასიფიკაცია	17
1.5 ზოგიერთი განსაკუთრებული თვისებების მქონე გრუნტები	20
თავი 2. გრუნტების მექანიკის ძირითადი კანონზომიერებანი	23
2.1 გრუნტების დეფორმაციების სახეობები	23
2.2 კუმშვადობა. კუმშვადობის კანონი	25
2.3 გრუნტების წყალქონადობა. დარსის კანონი	33
— 2.4 წინაღობა ძერაზე. კულონის კანონი	37
თავი 3. ძაბვების განსაზღვრა გრუნტებში	48
3.1 ძაბვების განაწილება ნაგებობათა საძირკვლის ძირზე (კონტაქტური ამოცანა)	48
3.2 ძაბვების განსაზღვრა ფუძის სიღრმეში სივრცითი ამოცანის შემთხვევაში	53
3.3 ძაბვების განაწილება ბრტყელი ამოცანის შემთხვევაში	62
3.4 გრუნტის საკუთარი წონით წარმოქმნილი წნევები	64
თავი 4. ფუძეების ზღვრული მდგომარეობების თეორია და მათი პრაქტიკული გამოყენება	67
4.1. ფუძეების ზღვრულ მდგომარეობათა სახეები	67
4.2 გრუნტების ზღვრული წონასწორობის პირობები	72
4.3 პირველი და მეორე კრიტიკული წნევების განსაზღვრა	76
4.4 ფერადობების მდგრადობის შემოწმება	86
4.5 გრუნტის წნევა საყრდენ კედლებზე	89
4.6 გრუნტის წნევა მიწისქვეშა მილსადენებზე	95
4.7 ნაგებობათა ჯდომა და მათი გამომწვევი მიზეზები	104
4.8 ნაგებობათა ფუძეების ჯდომების განსაზღვრა	106
4.9 ნაგებობათა არათანაბარი ჯდომების შემამცირებელი კონსტრუქციული ღონისძიებები	116
4.10 რეოლოგიური პროცესები გრუნტებში	122
4.11 ნაგებობათა ფუძეების კონსოლიდაციის პროცესი	124

მეორე ნაწილი. ფუძე-საძირკვლები	
თავი 5 მცირე ჩაღრმავების საძირკვლები	130
5.1 მცირე ჩაღრმავების საძირკვლების კლასიფიკაცია	130
— 5.2 მცირე ჩაღრმავების საძირკვლების კონსტრუქციები	134 —
5.3 საძირკვლების ჩაღრმავების დანიშვნა	140
5.4 ხისტი საძირკვლების ძირის ზომების დადგენა ცენტრალური დატვირთვის შემთხვევაში	151
5.5 ხისტი საძირკვლების ძირის ზომების განსაზღვრა არაცენტრალური დატვირთვის შემთხვევაში	156
თავი 6 მოუნძლი საძირკვლების გაანგარიშება	162
6.1 დრეკად ფუძეზე მდებარე კოჭების გაღუნვის თეორიების გამოყენების შესახებ მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშების დროს	162
6.2 ადგილობრივ დრეკად ფუძეზე მდებარე საძირკვლის კოჭების ანგარიში	167
6.3 წრფივად დეფორმირებად ნახევარსივრცეზე მდებარე საძირკვლის კოჭების და ფილების ანგარიში	175
6.4 შეზღუდული სიმძლავრის (სასრული სიღრმის) გრუნტზე მდებარე მოქნილი საძირკვლების გაანგარიშება	191
თავი 7 ხიმინჯოვანი საძირკვლები	200
7.1 ხიმინჯოვანი საძირკვლების ძირითადი სახეები	200
7.2 ხიმინჯოვანი საძირკვლების დაპროექტება და გაანგარიშება	212
თავი 8 ფუძეების სელოფონური გაუმჯობესება	229
8.1 გრუნტების მუშაობის გაუმჯობესების კონსტრუქციული მეთოდები	229
8.2 გრუნტების შემკერივება	232
8.3 გრუნტების შემაგრება	237
თავი 9 ღრმა ჩაშვების საძირკვლები	242
9.1 ზოგადი დებულებები	242
9.2 ჩასაშვები ჭები, გარსები და კესონები	243
9.3 მიწისქვეშა ნაგებობათა დაპროექტება ხერხით "კედელი გრუნტში"	249
9.4 ღრმა ჩაშვების საძირკვლების გაანგარიშების საფუძვლები	253

თავი 10. საძირკვლები სტრუქტურულად არამდგრად გრუნტებზე	258
10.1 ზოგადი დებულებები	258
10.2 საძირკვლების მოწყობა სუსტ გრუნტებზე	259
10.3 საძირკვლები ჩაჯდომად გრუნტებზე	261
10.4. საძირკვლები ჯირჯერად და ნაყარ გრუნტებზე	266
10.5 საძირკვლები მარადმზრალ გრუნტებზე	269
თავი 11. ქვაბულების დაპროექტება და საძირკვლების იდროიზოლაცია	285
11.1 ქვაბულების კედლების მდგრადობის უზრუნველყოფა	285
11.2 ანკერული გამაგრებები და ქვაბულების დაცვა მიწისქვეშა წყლებისაგან	289
11.3 საძირკვლების ჰიდროიზოლაცია	292
თავი 12. საძირკვლები დინამიური დატვირთვების დროს და ფუძე-საძირკვლებს გაუმჯობესების მეთოდები	298
12.1 საძირკვლების დინამიურ ზემოქმედებაზე ანგარიშის მეთოდები	298
12.2 საძირკვლები სეისმური დატვირთვის დროს	305
12.3 ფუძე-საძირკვლების გაძლიერების მეთოდები შენობების რეკონსტრუქციის დროს	311
გამოყენებული ლიტერატურა	315

