

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბაშარ მ.ამეენ აბდულლაჰ ალ-იმამ

საყრდენი კედლის გაძლიერება ჰორიზონტალური ინექციური
ხიმინჯებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: მშენებლობა

შიფრი 0732.1.1.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

2021 წელი

საავტორო უფლება © 2021წელი ბაშარ მ.ამეენ აბდულლაჰ ალ-იმამ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ. ქვემოთ ხელის მომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ბაშარ მ.ამეენ აბდულლაჰ ალ-იმამის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „საყრდენი კედლის გაძლიერება ჰორიზონტალური ინექციური ხიმინჯებით“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი:

2021წელი

ხელმძღვანელები:

პროფესორი გ. ჭოხონელიძე

პროფესორი. ო. მხეიძე

რეცენზენტი:

პროფესორი შახი ბაქანიძე

რეცენზენტი:

პროფესორი ზურაბ ორაგველიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2021 წელი

ავტორი: ბაშარ მ.ამეენ აბდულლაჰ ალ-იმამ

დასახელება: საყრდენი კედლის გაძლიერება ჰორიზონტალური ინექციური
ხიმინჯებით

სადოქტორო პროგრამა: მშენებლობა

აკადემიური ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: 2021 წელი

ინდივიდუალური პროექტების ან ინსტიტუტების მიერ
ზემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის
შემთხვევაში მისი არა კომერციული მიზნებით კოპირებისა და
გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ
უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

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

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

რეზიუმე

საქართველოში ჩატარდა მრავალი კვლევა მეწყრული პროცესების შესაფასებლად. საქართველო წარმოადგენს რთული გეომორფოლოგიურ მთაგორიან სისტემას სადაც წარმატებით ვითარდება ახალი მიწების ათვისება, სამრეწველო, ახალი მაგისტრალური სატრანსპორტო გზების, ახალი საცხოვრებელი კომპლექსების მშენებლობა და ასე შემდეგ.

მიწის ან ქანების გადაადგილების შედეგად ფერდობებზე ხშირად ხდება ბუნებრივი მეწყერები. ამიტომ მათი მდგრადობის უზრუნველსაყოფად საჭირო ხდება სხვადასხვა ტიპის შემაკავებელი საყრდენი კედლების გამოყენება და დამცავი კონსტრუქციული სისტემების მოწყობა.

ტერმინი „მეწყერი“ გამოიყენება მრავალფეროვანი პროცესების აღსაწერად, რაც იწვევს ნიადაგისა და კლდოვანი ფენის გადაადგილებას როდესაც ნიადაგისა და კლდოვანი ფენის ძვრის დეფორმაცია აჭარბებს სიმტკიცის ზღვარს.

ჩვენი კვლევის მეწყერი მდებარეობს მუხათგვერდში, რომელიც დიდი დიდიმის რაიონშია, რადგან მეწყრული სხეული ძირითადად თიხაფიქლებისგან არის წარმოდგენილი, მათი პლასტიკურობის რიცხვი 18-ზე მეტია, რაც სახსტანდარტის ნორმებით თიხებს მიეკუთვნება და თიხური ფრაქცია მონტმორილონიტით და ჰიდროქარსებითა არის წარმოდგენილი. ბუნებრივ პირობებში, ზედა ზოლში თიხაფიქლების გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებლები-შიგახახუნის კუთხე (φ) იცვლება $(17-18)^{\circ}$ ფარგლებში, ხოლო კუთრი შეჭიდულობა (C) შეადგენს $(0.26-0.30)$ კგ/სმ². ქვედა ზოლში კი აღნიშნული მაჩვენებლები ასეთია: $\varphi=(5-12)^{\circ}$, $C=(0.10-0.25)$ კგ/სმ². თიხაფიქლები ხასიათდება დეფორმაციის მოდულის დაბალი მნიშვნელობით და მაღალი კუმშვადობის კოეფიციენტით. ეს თვისებები ნათლად მიუთითებს, რომ სველი თიხაფიქლები საერთოდ თავისი თვისებებით მიეკუთვნება სუსტ გრუნტებს.

არსებობს ძირითადი ფაქტორები, რომელიც აკონტროლებს დედამიწის ზედაპირზე მომხდარი მეწყერის ტიპს, მაჩვენებელს ფერდობზე გრადიენტს, ფერდობების კონსოლიდაციას, წყალს, სიმაღლეს, მეწყრული მასალის შემადგენლობას, მოცურების მიმართულებას, და ასე შემდეგ.

მეწყერის წარმოშობა ყოველთვის დაკავშირებულია წყლის მოქმედებასთან. ჩვენ შემთხვევაშიც მეწყერის წარმოქმნა ძირითადად გამოწვეულია წყლის მოქმედებასთან. ცნობილია რომ მთაგორიან ქვეყნებში ფერდობის დაქანება ხელოვნურად იცვლება ადამიანის ზემოქმედების შედეგად. ჩვენს შემთხვევაში, როდესაც დათვალიერებული იქნა ფერდობი მთლიანად აშკარად შეიმჩნეოდა ზედაპირული წყლების გაზრდილი მოდინება. ამრიგად ფერდობის ქანობის გაზრდამ და ზედაპირული წყლების გააქტიურებამ გამოიწვია მუხათგვერდის მეწყერის წარმოქმნა.

საყრდენი კედლების დიდი რაოდენობით აგება ხდება მთაგორიან პირობებში გზებზე როგორც სარეგულაციო ნაგებობებისა, მეწყრული მასის,

მდინარის წარეცხვისაგან დასაცავად, ფერდობებიდან ჩამონაყარი ქვების, ასევე თოვლის ზვავების, ღვარცოფების, და ასე შემდეგ.

ახალი ტიპის საყრდენი კედელი. რკინაბეტონის თხელკედლიანი ასაწყობი საყრდენი კედლები, სადაც გრუნტის აქტიური მოქმედების ფაქტორი მაქსიმალურადაა გამოყენებული. ასეთი კუთხოვანი პროფილის ზედამხრის ან ქვედამხრის ასაწყობი საყრდენი კედლის საფეხუროვანი განლაგება, როგორც მეორე ვარიანტი შეიძლება გამოყენებული იქნას მუხათგვედის მეწყრის გასამაგრებლად.

ხიმინჯები წარმოადგენს ხის, ბეტონის და ფოლადის მოთავსებულ კონსტრუქციულ ელემენტს, რომელიც დატვირთვებს შენობიდან გრუნტში გადასცემს. ზოგჯერ ხიმინჯები გამოიყენება გრუნტის გადაადგილების შესაჩერებლად, მაგალითად მეწყერის შემთხვევაში. შეიძლება საყრდენი კედლის გაკეთება ჰორიზონტალურის ხიმინჯების გამოყენებით და იგი იმუშავებს როგორც კონტრფორსული კედელი. ამრიგად კონტრფორსი იცვლება ხიმინჯით.

მეწყრის საანგარიშოდ ჩვენ გამოვიყენეთ ჰორიზონტალური ძალების მეთოდი (Fp), მეწყრული სხეული დაყოფილია ხუთი ბლოკად, და ვიანგარიშეთ ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი და შედეგი იყო 0.77 ნაკლები 1.0-ზე, ეს ნიშნავს, რომ ფერდობის მდგრადობა არ არის უსაფრთხო, და იგი მოითხოვს მეწყრული მასის გამაგრებას.

როდესაც ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი 1.0-ზე ნაკლებია, ჩვენ გამოვიყენეთ ექვსი სხვადასხვა მოდელი ჰორიზონტალურის (კონტრფორსულის) ხიმინჯების საყრდენი კედლის, ზოგი მათგანი ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი და ზოგი საყრდენი კედლის ჰორიზონტალურის ხიმინჯების გამოყენებით. გამოვთვალეთ მათი მდგრადობა როგორც მოცურების შემთხვევაში ისე გადატრიალების შემთხვევაში. არსებობს მეწყრული ფერდობის გამაგრების სხვადასხვა ღონისძიებანი ჩვენ შემთხვევაში საყრდენი კედელი ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით. საყრდენი კედლის სიგრძე 20 მ, საყრდენი კედლის სიმაღლე (1.0, 2.0, 3.5, 4.0 და 5.0) მ მიწის დონიდან, სიგანე 0.17 მ ასაწყობის საყრდენი კედლის ბლოკისთვის, საყრდენი კედლის ჰორიზონტალურის ხიმინჯებს სიგანე არიან 0.5-0.7მ ზემოდან და 0.6-0.8 მ ქვემოდან. ჩვენ გამოვიყენეთ კვადრატული ჰორიზონტალური ხიმინჯების სიგრძე 5.0 მ სიგანე 0.6 მ, და წრიული ჰორიზონტალური ხიმინჯების სიგრძე 5.0 მ, დიამეტრით 0.6 მ, ხიმინჯებს შორის 5.0 მ, 4.0 მ, 3.0 მ და 2.5 მ ც - ც. მეწყერის მდგრადობის, კოეფიციენტი იზრდება 0.77 - დან 1.11, 1.32, 1.45, 1.60 - მდე, ეს ნიშნავს, რომ მეწყერის სხეული მდგრადი ხდება.

Abstract

Many studies have been conducted to assess landslide process in Georgia.

Georgia is a country with a difficult geomorphological and belongs to the mountainous system, with difficult relief, where the development of new lands, such as operation of industrial, construction of new highways, construction of residential complexes, communications, during the operations and so on. Natural landslides often occur on the slopes as a result of soil or rocks movements. Therefore, to ensure their sustainability, it is necessary to use different types of restraint, one of them using retaining wall and the arrangement of protective construction systems.

The term "Landslide" is used to describe a wide variety of processes that result in the movement of soils and rocks, when the shear stress exceeds the shear strength of the soils and rocks.

The landslide of our study located in The Mukhatgverdi which developed in the Didi Dighomi district, the landslide body of our study is mainly represented by clay, and the plasticity recorded more than 18, which belongs to the clays according to the standard of clay. The clay fraction is represented by montmorillonite and hydrocarbons. Under natural conditions, the properties of the soil in the upper part were the angle of internal friction (φ) results was between $(17-18)^\circ$ and cohesive stress (C) results was $(0.26-0.30) \text{ kg/cm}^2$, and the properties of the soil in the lower part were the angle of internal friction (φ) results was between $(5-12)^\circ$ and Cohesive stress (C) results was $(0.10-0.25) \text{ kg/cm}^2$. The clay is characterized by a low value of the deformation modulus with a high coefficient of compression and from all of this data generally the clay belongs to the weak soils according to these properties.

There are main factors which control the type of landslide that occurs on the Earth's surface, the slope gradient, the consolidation of slopes, water, the height, the composition of landslide material, the direction of sliding, and so on.

Landslides are always related to the effect of water. In our case, landslides are mainly caused by the action of water. It is often the slope is changed artificially by human impact. In our case, increased flow of surface water was clearly observed. Thus, the increase of slope and the activation of surface waters led to the landslide of Mukhatgverdi.

A large number of retaining walls are built on mountainous roads to protect regulatory structures, landslides, river floods, as well as mudslides, snow avalanches, and fall rocks.

New type of retaining wall. Reinforced concrete thin-walled retaining walls where the active earth pressure factor of the soil is used to the maximum. A step-by-step arrangement of a prefabricated retaining wall on such an angular profile as a second option can be used to reinforce a landslide.

Piles are structural elements of wood, concrete and steel that transfer loads from the building to the ground. Sometimes piles are used to stop ground movement, for example a landslide. A retaining wall can be made using horizontal piles and it will act as a counterfort retaining wall.

We used the Horizontal Force Method (Fp) and divided The expected landslide into 5 blocks, We calculated the landslide slope stability coefficient and the result was 0.77 less than 1.00, that means the landslide is unstable, and it requires landslide support to improve the mass properties.

We used six models of different types and sizes of horizontal (counterfort) pile retaining wall some of them precast retaining wall block model and another retaining wall with horizontal piles. The result of the calculation the factor of safety for sliding stability retaining wall, overturning stability retaining wall and the coefficient of landslide slope stability, different results depending on the dimensions of the retaining walls. The precast retaining wall block model and the retaining wall with horizontal piles to protect the landslide slope stability, length of retaining wall 20 M, height of the retaining walls (1.0, 2.0, 3.5, 4.0 and 5.0) M from the ground level, the width of the models (0.17)M for precast retaining wall and (0.5-0.7) M for the upper side, and (0.6-0.8) M for the lower side of the retaining walls. We used square and circle horizontal piles length 5.0 M, width or diameter 0.6 M, distance between piles 5.0 M, 4.0 M, 3 M, 2.5 M center to center. The landslide coefficient of stability increased from 0.77 to the 1.11, 1.32, 1.45, and 1.60 that mean the body of landslide section became more stability.

შინაარსი

შესავალი	14
ნაშრომის შინაარსი	15
ლიტერატურის მიმოხილვა.....	18
კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა.....	23
თავი I. ქალაქ თბილისის ტერიტორიის ბუნებრივი პირობები	23
1.1 გეომორფოლოგია და ჰიდროგრაფია.....	23
1.2. გეოლოგიური პირობები	24
1.3. კლიმატი და სეისმიკა	27
თავი II. ქ. თბილისში დიდ დიღომში განვითარებული მეწყერი.....	29
(მუხათგვერდის მეწყერი) და მისი გამომწვევი მიზეზები	29
2.1. მუხათგვერდის მეწყერის გეოლოგიური პირობები	29
2.2. მეწყრული სხეულის გრუნტები. ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები ..	35
2.3. მეწყერის გამომწვევი მიზეზები	40
თავი III. საყრდენი კედლები და მათი გამოყენება ფერდობის მდგრადობის შენარჩუნებით	41
3.1. საყრდენი კედლები და მათი გამოყენების არე	41
3.2. საყრდენი კედლები და მათი კლასიფიკაცია.....	42
3.3 ახალი ტიპის საყრდენი კედელი.....	55
3.4 ხიმინჯები და მათი გამოყენება მშენებლობაში-განხილვა.....	65
თავი IV. მეწყრული ფერდობის მდგრადობის უზრუნველყოფა	
ჰორიზონტალური ბეტონის ხიმინჯების გამოყენებით	70
4.1 მუხათგვერდის მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიში.....	70
4.2 მუხათგვერდის მეწყრული ფერდობის ანგარიში კონტრფორსული ხიმინჯების გამოყენებით	80
4.3. დასკვნები და რეკომენდაციები	114
გამოყენებული ლიტერატურა.....	115

ცხრილების ნუსხა

ცხრ. 2.1. ნალექების საშუალო, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა და ქარის სიჩქარე	34
ცხრ. 2.2. მუხათგვერდის მეწყრის გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები	37
ცხრ. 4.1. სეისმურობის კოეფიციენტი	73
ცხრ. 4.2. მუხათგვერდის მეწყრის საანგარიში ცხრილი. (სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$	79
ცხრ. 4.3. მუხათგვერდის მეწყრის საანგარიშო ცხრილი. ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკის (ერთი ხაზი) სიმაღლე = 1.0 მ; (სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$	84
ცხრ. 4.4. მუხათგვერდის მეწყრის საანგარიშო ცხრილი. ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკის (ორი ხაზი) სიმაღლე = 2.0 მ; (სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$	88
ცხრ. 4.5. მუხათგვერდის მეწყრის საანგარიში ცხრილი. საყრდენი კედლის სიმაღლე = 5.0 მ; (სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$	94
ცხრ. 4.6. მუხათგვერდის მეწყრის საანგარიში ცხრილი. საყრდენი კედლის სიმაღლე = 4.0 მ; (სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$	102
ცხრ. 4.7. მუხათგვერდის მეწყრის საანგარიში ცხრილი. საყრდენი კედლის სიმაღლე = 3.5 მ; (სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$	107

ნახაზების ნუსხა

ნახ. 3.1 მასიური საყრდენი კედელი	43
ნახ. 3.2 ნახევრადმასიური საყრდენი კედელი	44
ნახ. 3.3 თხელკედლიანი კონსოლური საყრდენი კედელი	44
ნახ. 3.4 თხელკედლიანი საყრდენი კედელი ანკერული ჩამაგრებით	46
ნახ. 3.5 კონტრფორსული საყრდენი კედლები	48
ნახ. 3.6 გაბიონის საყრდენი კედლების	49
ნახ. 3.7 ძირითადი კომპონენტისგან გრუნტის ანკერი	51
ნახ. 3.8 ნაბურღინიექციური ანკერი ცემენტის ხსნარის დაჭირხნით ტიპები	52
ნახ. 3.9 საარმატურო ღერო ან წინასწარ დამაბული დაწნული ღერების შეკვრა	53
ნახ. 3.10 ხრახნიანი ანკერები	53
ნახ. 3.11 საანკერო ფილები	54
ნახ. 3.12 მექანიკური ანკერები ძირითადი ქანისთვის	55
ნახ. 3.13 კუთხოვანი პროფილის ზედა მხრის ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი	57
ნახ. 3.14 თხელკედლიანი ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი	58
ნახ. 3.15 ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკის მოდელის ფოტო	59
ნახ. 3.16 კუთხოვანი პროფილის ზედამხრის ასაწყობი საყრდენი კედლის საფეხურიანი განლაგება	61
ნახ. 3.17 საყრდენი კედლის საანგარიშო სქემა	61
ნახ. 3.18 თხელკედლიანი ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკების განლაგების სქემები.	64
ნახ. 3.19 ხიმიწების მუშაობის ხასიათის მიხედვით - დგარი ან კიდული.	66
ნახ. 3.20 ფურცელის ხიმიწები	67
ნახ. 3.21 ხის ხიმიწები	68
ნახ. 3.22 წინასწარ დამზადებული ქარხნული წესით	69
ნახ. 3.23 ფოლადის ხიმიწები	69
ნახ. 4.1 ჰორიზონტალური ძალების მეთოდი (საანგარიშო სქემა)	71
ნახ. 4.2 ხიმიწ - გრუნტოვანი კედელი	75
ნახ. 4.3 მეწყრული სხეულის საანგარიშო სქემა	78

ნახ. 4.4 ასაწყოები საყრდენი კედლის ბლოკი.....	82
ნახ. 4.5 ასაწყოები საყრდენი კედლის ბლოკი, პირველი მოდელი.....	82
ნახ. 4.6 ასაწყოები საყრდენი კედლის ბლოკი, პირველი მოდელი.....	83
ნახ. 4.7 ასაწყოები საყრდენი კედლის ბლოკი მეორე მოდელი	87
ნახ. 4.8 საყრდენი კედლის მესამე მოდელი	90
ნახ. 4.9 გაანგარიშება საყრდენი კედლის მოცურების მდგრადობისას.....	92
ნახ. 4.10 გაანგარიშება საყრდენი კედლის გადატრიალების მდგრადობა	93
ნახ. 4.11 საყრდენი კედლის მეოთხე მოდელი.....	96
ნახ. (4.12) საყრდენი კედლის მეხუთე მოდელი	100
ნახ. 4.13 . გაანგარიშება საყრდენი კედლის მოცურების მდგრადობა.....	100
ნახ. 4.14 გაანგარიშება საყრდენი კედლის გადატრიალების მდგრადობა .	101
ნახ. 4.15 საყრდენი კედლის შეექვსე მოდელი	104
ნახ. 4.16 გაანგარიშება საყრდენი კედლის მოცურების მდგრადობაზე.....	105
ნახ. 4.17 გაანგარიშება საყრდენი კედლის გადატრიალების მდგრადობაზე	108
ნახ. 4.18 ხიმინჯების კვადრატულის კვეთის.....	108
ნახ. 4.19 ხიმინჯის დაარმატურება	109
ნახ. 4.20 საყრდენი კედლის კვეთის.....	110
ნახ. 4.21 საყრდენი კედელი დაარმატურება	111

სურათების ნუსხა

სურ. 2.1 მუხათგვერდის მეწყრის სურათი.....	31
სურ. 2.2 მუხათგვერდის მეწყრის სურათი.....	31
სურ. 2.3 მუხათგვერდის ტერიტორიის სურათი.....	32
სურ. 2.4 მუხათგვერდის ტერიტორიის სურათი.....	32

გრაფიკების ნუსხა

გრაფიკი 2.1. კომპრესიის	38
გრაფიკი 2.2. ჭრაზე	39
გრაფიკი 4.1 მეწყრული მდგრადობის კოეფიციენტს და საყრდენი კედლის სიმაღლეს შორის ურთიერთობა.....	112
გრაფიკი 4.2 მეწყრული მდგრადობის კოეფიციენტს და მეწყრული სხეულის სიმაღლეს შორის ურთიერთობა.....	113

შესავალი

თემის აქტუალობა- საკითხი ეხება მშენებლობის მეტად აქტუალურ საკითხს: საყრდენი კედლების გამაგრებას ჰორიზონტალური ბეტონის ხიმინჯების გამოყენებით. საყრდენი კედლები ფერდობების გამაგრების მეტად გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს. მათ კაცობრიობა დიდი ხანია იყენებს ფერდობების გასამაგრებლად. ადრე ფერდობებს ყოველ ქვით ამაგრებდნენ, შემდეგში კი როდესაც გამოგონებული იქნა ცემენტი, როგორც წესი საყრდენი კედლების მშენებლობა ძირითადად ხდებოდა მხოლოდ ბეტონის გამოყენებით. დღეისთვისაც საყრდენი კედლების მასალად გამოყენებულია ბეტონი.

დისერტაციის მიზანია მეწყრული ფერდობების გამაგრება ბეტონის საყრდენი კედლის ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით, როდესაც ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი 1-ზე ნაკლებია, ჩვენ გამოვიყენეთ ექვსი სხვადასხვა მოდელი ჰორიზონტალური (კონტრფორსულის) ხიმინჯების საყრდენი კედლისა, ზოგი ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი და ზოგი კი საყრდენი კედლის ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით. ჩვენ გამოვთვალეთ მისი მდგრადობა, როგორც მოცურებისა ისე გადაყირავების შემთხვევაში, და ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი. მათი შედეგი განსხვავებულია, რომელიც დამოკიდებულია საყრდენი კედლის განზომილებაზე .

დისერტაციის არსი - მდგომარეობს მასშია, რომ უფრო საიმედო გავხადოთ საყრდენი კედლის მდგრადობა ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენების შემთხვევაში.

ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე - მეწყრული ფერდობების გამაგრება საყრდენი კედელი ჰორიზონტალურის (კონტრფორსულის) ხიმინჯების გამოყენებით.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება - ახალი ტიპის ჰორიზონტალურის ხიმინჯები, რომლებიც წინასწარ ქარხნული წესით ან

ადგილზეა დამზადებული, იგი გაცილებით იაფი ჯდება მეწყრი საყრდენი კედლის გამაგრების არსებულ მეთოდთან.

ნაშრომის შინაარსი

არსებობს საყრდენი კედლების აგების სხვადასხვა მეთოდი. ნაშრომში ჩვენ ვეხებით არსებული დეფორმირებული საყრდენის გამოყენებას ბეტონი ხიმინჯების გამოყენებით. ნაშრომი შეიცავს ოთხ თავს.

პირველი თავში მოცემულია საკვლევი მეწყრული ფერდობის ფუნქციის გეოლოგიური პირობების შესწავლა. გამოკვეთილია გეოლოგიურად ტერიტორია, რომელიც დამეწყრილია. მოცემულია მეწყრის წარმოშობის მიზეზები.

თავში შედის პირველი ქვეთავი, მოცემულია ქალაქი თბილისის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები. გეომორფოლოგიური თვალსაზრისით ქალაქი თბილისი მიეკუთვნება მთაგორიან ქვეყანას. გეომორფოლოგიურად იგი წარმოადგენს ქვაბულის ხეობას, ასევე განხილულია, მდ. მტკვარი და მისი მარჯვენა და მარცხენა სანაპირო. ქალაქის ფარგლებში მდ. მტკვრის მნიშვნელოვანი მარჯვენა და მარცხენა შენაკადებია, ლისის ტბა, კუს ტბა, თბილისის ზღვა და ასე შემდეგ.

მეორე ქვეთავში მოცემულია ქ. თბილისის გეოლოგია და ტექტონიკა. წარმოდგენილია და დახასიათებულია, ქვედა ეოცენი, შუა ეოცენური, ასევე ზედა ეოცენური ნალექები.

მესამე ქვეთავში მოცემულია კლიმატი და სეისმიკა. კლიმატის მხრივ საკვლევი ტერიტორია ხასიათდება, როგორც ზომიერ-კონტინენტური, ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მზის პირდაპირი რადიაცია, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა, ჰაერის წლის საშუალო ტემპერატურა, ატმოსფერული ნალექების, და ა.შ. საკვლევი, ასევე სეისმური პირობები.

მეორე თავში მოცემულია ქ. თბილისში დიდ დიღომში განვითარებული მეწყერი (მუხათგვერდის მეწყერი) და მისი გამომწვევი მიზეზები. იგი შედგება სამი ქვეთავისგან.

პირველ ქვეთავში განხილულია დიდ დილომში მუხათგვერდის მეწყერის ზოგადი დახასიათება.

მეორე ქვეთავში მოცემულია მუხათგვერდის მეწყრული სხეულის ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებელი, თიხაფიქლების თვისებები, მათი პლასტიკურობა, გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებლები, როგორ შიგახახუნის კუთხე (φ) და კუთრი შეჭიდულობა (C), კუმშვადობის კოეფიციენტი, დეფორმაციის მოდული, აღნიშნულია რომ სველი თიხაფიქლები მიეკუთვნება სუსტ გრუნტებს.

მესამე ქვეთავში განხილულია მეწყერის გამომწვევი მიზეზები, მეწყერის წარმოშობა ყოველთვის დაკავშირებულია წყლის მოქმედებასთან, როგორც ჩვენ შემთხვევაშიც მეწყერის წარმოქმნა ძირითადად გამოწვეულია წყლის მოქმედებასთან. ხშირია შემთხვევები, რომ ფერდობის დაქანება ხელოვნურად იცვლება ადამიანის ზემოქმედების შედეგად. ჩვენს შემთხვევაში, როდესაც დათვალიერებული იქნა ფერდობი მთლიანად აშკარად შეიმჩნეოდა ზედაპირული წყლების გაზრდილი მოდინება. ამრიგად ფერდობის ქანობის გაზრდამ და ზედაპირული წყლების გააქტიურებამ გამოიწვია მუხათგვერდის მეწყერის წარმოქმნა.

მესამე თავში შედის საყრდენი კედლები და მათი გამოყენება ფერდობის მდგრადობის შენარჩუნებით, იგი შედგება ოთხი ქვეთავისგან.

პირველ ქვეთავში განხილულია საყრდენი კედლების სახეები და გამოყენება როგორც ფერდობის მდგრადობის უზრუნველყოფის ღონისძიება. ასევე განხილულია საყრდენი კედლები და მათი გამოყენების არე, როგორც მდინარის წარეცხვისაგან დასაცავად, ღვარცოფების, თოვლის ზვავების, ფერდობებიდან ჩამონაკარი ქვების და მეწყრული ფერდობების გამაგრება.

მეორე ქვეთავში განხილულია საყრდენი კედლები და მათი კლასიფიკაცია რომელშიც, შედის მასიური საყრდენი კედლები, ნახევრადმასიური საყრდენი კედელი, თხელკედლიანი კონსოლური საყრდენი კედელი, კონტრფორსული საყრდენი კედელი, გაბიონის

საყრდენი კედელი და თხელკედლიანი საყრდენი კედელი ანკერული ჩამაგრებით. ასევე გრუნტის ანკერების ტიპები, როგორც, საარმატურო ღერო ან წინასწარ დამაბული დაწნული ღერების შეკვრა, ბურღინიექციური ანკერი ცემენტის ხსნარის დაჭირხნით, ხრახნიანი ანკერები, მექანიკური ანკერები ძირითადი ქანისთვის საანკერო ფილები, ბოჭკოთი გაძლიერებული პლასტმასა.

მესამე ქვეთავში განხილულია ახალი ტიპის საყრდენი კედელი. რკინაბეტონის თხელკედლიანი ასაწყობი საყრდენი კედლები, სადაც გრუნტის აქტიური მოქმედების ფაქტორი მაქსიმალურადაა გამოყენებული. ასეთი კუთხოვანი პროფილის ზედამხრის ან ქვედამხრის ასაწყობი საყრდენი კედლის საფეხუროვანი განლაგება, როგორც მეორე ვარიანტი შეიძლება გამოყენებული იქნას მუხათგვედის მეწყრის გასამაგრებლად.

მეოთხე ქვეთავში მოცემულია ხიმინჯები და მათი გამოყენება. მშენებლობაში განხილულია ხიმინჯები. ზოგჯერ ხიმინჯები გამოიყენება გრუნტის გადაადგილების შესაჩერებლად, მაგალითად მეწყერის შემთხვევაში.

მეოთხე თავის პირველ ქვეთავში მოცემულია მუხათგვერდის მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიში, როგორ დაყოფენ მოსალოდნელ მეწყრულ მასივს ცალკეულ ნაკვეთურებად და განიხილავენ თითოეული ნაკვეთურის ზღვრული წონასწორობის პირობას.

მეორე ქვეთავში განხილულია მუხათგვერდის მეწყრული ფერდობის ანგარიში კონტრფორსული ანუ ჰორიზონტალურის ხიმინჯების გამოყენებით, და ჰორიზონტალური ძალების მეთოდის გამოყენებით, ჩვენ მოსალოდნელი მეწყერი დაყოფილია ხუთი ბლოკად. როდესაც მეწყერის მდგრადობის კოეფიციენტი 1-ზე ნაკლებია, არამდგრადია და იგი მოითხოვს მეწყრულ გამაგრებას მასის თვისებების გაუმჯობესებით. სადაც გამოიყენება ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი, და საყრდენი კედელი ჰორიზონტალურის ხიმინჯების მოდელების.

მესამე ქვეთავში განხილულია დასკვნები და რეკომენდაციები.

ლიტერატურის მიმოხილვა

საყრდენი კედლები ფერდობების გამაგრების მეტად გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს. მათ კაცობრიობა დიდი ხანია იყენებს ფერდობების გასამაგრებლად.[1,2,4,5,6]

გეოტექნიკურ ინჟინერიასთან (გრუნტის მექანიკა) დაკავშირებული ნებისმიერი სამუშაოს დასაწყისში უნდა ჩატარდეს ტერიტორია შესწავლა, მათ შორის გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, კლიმატური და სეისმური მდგომარეობის კვლევები, თბილისის ტერიტორიის და გარშემო არსებული ლიტერატურების გამოყენებით. საინჟინრო საქმეში საყრდენ კედლებს გამოყენებას საკმაოდ დიდი და განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს.[2,4,5,8,17]

მეწყრული ფერდობების გამაგრება ხდება ბეტონის საყრდენი კედლის ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით, როდესაც ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი 1-ზე ნაკლებია.[13,14,15,16]

საქართველოში ჩატარდა მრავალი კვლევა მეწყრული პროცესების შესაფასებლად. მაგალითად არეშიძე გ., ჭოხონელიძე გ., ორაგველიძე ზ., და სხვა. [1,4,13,14,33,34,35]

ჩვენ კვლევა მოიცავს ფერდობის მდგრადობის უზრუნველყოფს ჰორიზონტალური ინექციური ხიმინჯებით.

ხიმინჯები წარმოადგენს ხის, ბეტონის და ფოლადის მოთავსებულ კონსტრუქციულ ელემენტს, რომელიც დატვირთვებს შენობიდან გრუნტში გადასცემს. ზოგჯერ ხიმინჯები გამოიყენება გრუნტის გადაადგილების შესაჩერებლად, მაგალითად მეწყერის შემთხვევაში. შეიძლება საყრდენი კედლის გაკეთება ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით და იგი იმუშავეს როგორც კონტრფორსული კედელი.[4,6,13,14]

ზოგჯერ ვერტიკალური ხიმინჯები გამოიყენება გრუნტის გადაადგილების შესაჩერებლად, მაგალითად მეწყერის შემთხვევაში, როგორც შეისწაღლან აშოურ მ. და არდალან ჰ., 2013 წ., გრუნტის-ხიმინჯის

დატვირთვის ორი მექანიზმი ხიმინჯის ფერდობზე მდგრადობის პროცესში კანადაში. [27]

შეისწავლეს ჯამეს რ. ბარტზიმ და სხვებმა, 2018 წ. მეწყერის სტაბილიზაციის საპროექტო პროცედურა ფურცლის ხიმინჯის რიბსის გამოყენებით.) ფერდობზე არატრადიციულია ფერდობის სტაბილიზაციის ტექნიკა, რომელიც ალბერტაში. [28]

თურქეთის ესკიშეჰირში სამრეწველო ქარხნის გათხრების დროს მეზობელ ფერდობზე მეწყერი მოხდა. შეისწავლა შენგორ მ. და სხვებმა, 2013 წ. ,ნიადაგის პროფილი და დაცურების სიბრტყის ზედაპირის ადგილმდებარეობა, რომელიც განისაზღვრა საიტის გამოძიების პროგრამის საშუალებით, ცხრა ჭაბურღილისა და ინკლიმეტრის გამოყენებით. [29]

შეისწავლეს გითმანიმ ა. ლ. და სუვოროვმა მ. ა., 2008 წ., გაანგარიშება მრავალი რიგის ხიმინჯის მეწყერი დაცვის სტრუქტურების მახასიათებლის შესახებ. ექსპერიმენტული გამოძიების შედეგების საფუძველზე, დიზაინის სქემა გაუმჯობესდა და შემუშავებულია მრავალი რიგის ხიმინჯის მეწყერის დაცვის სტრუქტურების გაანგარიშების მეთოდი. გრუნტის ორი რიგის ხიმინჯის მუშაობამ გვაჩვენება, რომ მანძილი ხიმინჯებიდან ხიმინჯებამდე არის 4 დიამეტრი. მოდელებზე ჩატარებული ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგების საფუძველზე, შემუშავებულია ხიმინჯის მრავალი რიგის მეწყრული დაცვის სტრუქტურების მეწყრული ზეწოლის ზემოქმედების ქვეშ, მათ შორის: სამი და ორი რიგის ხიმინჯის მოწყობით, გვერდითი მოცურების ნიადაგის წნევა რიგებზე გადანაწილდა დაახლოებით ერთგვაროვანია. დიაგნოზირებულია მწკრივში ხიმინჯის დაშორების ოპტიმალური მნიშვნელობები და მწკრივებს შორის მანძილი. [30]

სუნიმ ს-ვ და სხვებმა, 2016 წ. გამარტივებული რიცხვითი მეთოდი შემოთავაზებულია ფერდობების სტაბილურობის გასაანალიზებლად, ხიმინჯებით სიმტკიცის ზღვარის შემცირების მეთოდის საფუძველზე. გავლენის ფაქტორები, რომლებიც მოიცავს ხიმინჯის დიამეტრის შერჩევას,

მანძილს ხიმინჯებიდან ხიმინჯებამდე, გაჭრილის სიღრმეს და სუსტი ფენის არსებობას, სისტემატურად იკვლევენ პრაქტიკული თვალსაზრისით. [31]

ზემოთ განხილული მოსაზრებებიდან გამომდინარე, პროფ. ზ. ორაგველიძეს მიერ დამუშავებული იქნა ახალი ტიპის რკინაბეტონის თხელკედლიანი ასაწყობი საყრდენი კედლები სადაც გრუნტის აქტიური მოქმედების ფაქტორი მაქსიმალურადაა გამოყენებული. ასეთი ტიპის კედლების გამოყენება შესაძლებელია როგორც ზედა, ისე ქვედამხრის საყრდენ კედლებად. კუთხოვანი პროფილის ზედადამხრის ასაწყობი რკინაბეტონის გამოყენებით. [13,14,15].

მეწყრული ფერდობების გამაგრება ბეტონის საყრდენი კედლის ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით, როდესაც ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი 1-ზე ნაკლებია, ჩვენ გამოვიყენეთ ექვსი სხვადასხვა მოდელი ჰორიზონტალური (კონტრფორსულის) ხიმინჯების საყრდენი კედლისა, ზოგი ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი და ზოგი კი საყრდენი კედლის ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით. ჩვენ გამოვთვალეთ მისი მდგრადობა, როგორც მოცურებისა ისე გადაყირავების შემთხვევაში, და ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი. მათი შედეგები განსხვავებულია, რომელიც დამოკიდებულია საყრდენი კედლის განზომილებაზე.

არსებობს ძირითადი ფაქტორები, რომელიც აკონტროლებს მიწის ზედაპირზე მომხდარი მეწყერის ტიპს, მაჩვენებელს ფერდობის გრადიენტს, მეწყრული სხეულის გრუნტებს. ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები როგორც არის გრუნტის ტიპი, პლასტიკურობი, შიგა ხახუნის კუთხე, კუთრი შეჭიდულობა, კუმშვადობის კოეფიციენტით და დეფორმაციის მოდულის, წყალს როგორც ზედაპირული ისე გრუნტის წყლებისგან და ა.შ. ჩვენ შემთხვევაშიც მეწყრის წარმოქმნა ძირითადად დაკავშირებულია ზედაპირული წყლების მოქმედებასთან. ცნობილია რომ მეწყერი წარმოიშობა ქანებში, რომლებიც შედგება თიხური მასალისგან. ჩვენ

შემთხვევაში საქმე გვაქვს მეწყერთან რომელიც გვხვდება თიხოვან გრუნტებში. ხშირია შემთხვევები, რომ ფერდობის დაქანება ხელოვნურად იცვლება ადამიანის ზემოქმედების შედეგად. მაგალითად, სამშენებლო სამუშაოებთან დაკავშირებით ფერდობებს გაჭრიან და მას სტოვებენ ვერტიკალურ მდგომარეობაში. ამრიგად ფერდობის ქანობის გაზრდამ და ზედაპირული წყლების გააქტიურებამ გამოიწვია მუხათგვერდის მეწყრის წარმოქმნა.[36,37,38,39,40,41]

არსებობს მეწყრული ფერდობის გამაგრების სხვადასხვა ღონისძიებანი ჩვენ შემთხვევაში ვიყენებთ საყრდენი კედელს ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით.

ჩვენ გამოვთვალეთ საყრდენი კედლის მდგრადობა, როგორც მოცურებისა ისე გადაყირავების შემთხვევაში, დავადგინეთ ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი. მათი შედეგი განსხვავებულია, რომელიც დამოკიდებულია საყრდენი კედლის ზომებზე.

საყრდენი კედლის სიგრძე 20 მ, საყრდენი კედლის სიმაღლე (1.0, 2.0, 3.5, 4.0 და 5.0) მ მიწის დონიდან, სიგანე 0.17 მ ასაწყობის საყრდენი კედლის ბლოკისთვის, საყრდენი კედლის ჰორიზონტალურის ხიმინჯებს სიგანე არიან 0.5-0.7 მ ზემოდან და 0.6-0.8 მ ქვემოდან. ჩვენ გამოვიყენეთ კვადრატული ჰორიზონტალური ხიმინჯების სიგრძე 5.0 მ სიგანე 0.6 მ, და წრიული ჰორიზონტალური ხიმინჯების სიგრძე 5.0 მ, დიამეტრით 0.6 მ, ხიმინჯებს შორის მანძილი 5.0 მ, 4.0 მ, 3.0 მ და 2.5 მ ც - ც.

ჩვენ გამოვიყენეთ ჰორიზონტალური (კონტრფორსულის) ხიმინჯების საყრდენი კედლის ექვსი სხვადასხვა მოდელი, ზოგი ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი, ზოგიც საყრდენი კედლის ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით. მეწყერის მდგრადობის კოეფიციენტი გაზრდილია 0.77-დან (1.60, 1.45, 1.32, 1.11)-მდე და გახდა უსაფრთხო.

ეკონომიკური ფაქტორები მნიშვნელოვანია საყრდენი კედლის ტიპის ასარჩევად, როგორც მასიური საყრდენი კედელი, ნახევრადმასიური საყრდენი კედელი, თხელკედლიანი კონსოლური საყრდენი კედელი,

თხელკედლიანი საყრდენი კედელი ანკერული ჩამაგრებით მაგალეთად საყრდენი კედლის ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით, კონტრფორსული საყრდენი კედლები, გაბიონის საყრდენი კედლები და ა.შ.[42,43]

კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა

თავი I. ქალაქ თბილისის ტერიტორიის ბუნებრივი პირობები

1.1 გეომორფოლოგია და ჰიდროგრაფია

საკვლევი ტერიტორია ქ. თბილისი და მისი შემოგარენი გეოლოგიურად წარმოადგენს დანაწევრებულ ტერიტორიას, რომელიც მდ. მტკვრის შუა დინებაშია განთავსებული.

მდინარე მტკვარი, ქალაქს თითქმის მერიდიანული მიმართულებით ჰკვეთს, და ორ ნაწილად ყოფს: უფრო ამაღლებული-მარჯვენა სანაპიროდ და მნიშვნელოვნად დადაბლებული - მარცხენა სანაპიროდ.

მდინარე მტკვარი განსახილველ რაიონში ჩრდილოეთიდან სამხრეთისკენ მიედინება. მდინარის 100-200 მეტრი სიგანის კალაპოტი მეტეხის ციხესთან 35-40 მეტრამდე ვიწროვდება. მდინარე მტკვრის სიღრმე ქალაქის ფარგლებში 0.3-2.2-ს შეადგენს. წყლის დინების სიჩქარეა 0.4-2.7 მ/წმ. კვების მიხედვით მდინარე მტკვარი შერეული ტიპისაა და თოვლით, წვიმებით კვების ტიპს მიეკუთვნება.

მარჯვენა სანაპირო ხასიათდება უმთავრესად განედური მიმართულების ამაღლებებისა და დეპრესიების მონაცვლეობით. ქედებს შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია:

- სეიდ-აზადის ამაღლება,
- მამდავითის მთა, რომელიც მკვეთრად ეცემა ქალაქის ცენტრისკენ,
- სოლოლაკის ქედი,
- წყნეთის ამაღლება,
- თელეთის ქედი,
- დიღმის ამაღლება.

ქალაქის ფარგლებში მდინარე მტკვრის მნიშვნელოვანი მარჯვენა შენაკადებია მდინარე ვერემდინარე დიღმის წყალი, და დიდუბის ხიდიდან.

მარცხენა სანაპირო მორფოლოგიით მკვეთრად განსხვავდება მარჯვენა სანაპიროსგან. ხასიათდება რელიეფის უფრო რბილი, მომრგვალებული ფორმებით. ქვაბულის ეს ნაწილი წარსულში მდინარე მტკვრის ინტენსიური ეროზიული ზემოქმედების მკაფიო კვალს ატარებს.

ქალაქის ფარგლებში მდინარე მტკვრის მნიშვნელოვანი მარცხენა შენაკადებიდან უნდა აღინიშნოს მდ. ხევძმარი და მდ. გლდანი, გარდა იმისა თბილისის ზღვას, კუს ტბას და ლისის ტბას.

თბილისის ზღვას, მას უჭირავს ფართო ჩაკეტილი დეპრესია, რომელიც ქალაქის ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან შემოსაზღვრულია მაღლობებით. წყალსაცავი ვრცელდება ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისკენ; მისი წყალშემკრები აუზის ფართობი (32) კმ², მაქსიმალური სიღრმე (40)მ. და სიგრძე (8.5-9.0)კმ-ია.

კუს ტბას უჭირავს ტექტონიკური ღრმული მამადავითის მთის ჩრდილოეთ ფერდობზე. წყლის სარკის ფართობი (0.02)კმ², ტბის სიგრძე (200)მ-ია, სიგანე (100)მ, მისი მაქსიმალური სიღრმე (2)მ-ია.

ლისის ტბას უჭირავს არაღრმა დეპრესია ლისის მასივის თხემზე. წყალშემკრები აუზის ფართობი (16)კმ², დეპრესიის სიგრძე (0.96)კმ-ია, სიგანე (0.75)კმ. წყლის სარკის ფართობი (0.47)კმ²-ია, მაქსიმალური სიღრმე (2)მ. [1,11]

1.2. გეოლოგიური პირობები

თბილისის რაიონი და მისი შემოგარენი მნიშვნელოვანი სიმძლავრის დანალექ-ფლიშური და ვულკანოგენური ნალექებითაა წარმოდგენილი. ქალაქის ტერიტორიის უმეტეს ნაწილზე აღნიშნული ნალექები გადაფარულია მეოთხეული ასაკის მძლავრი წარმონაქმნებით. ჩვენ მოკლედ შევცხებით მათ დახასიათებას.

ქვედა ეოცენი, მიეკუთვნება აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის ზედა ფლიშური წყებების ნალექებს.

ძირითადი ქანები ქალაქის ფარგლებში გახსნილია ძირითადად შურფებისა და ჭაბურღილების საშუალებით.

ქანები ძირითადად წარმოდგენილია უხეშშრეებრივი, მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვების დასტებით, რომლებშიც კონგლომერატების ლინზები და თხელშრეებრივი წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვების, ალევროლითების და მერგელების შუაშრეები გვხვდება.

მათი ნაწილი ძირითადად თხელშრეებრივი ალევროლითებით და მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვებით არის აგებული, ფიქლისმაგვარი თიხებისა და ალევროლითების შუაშრეებით.

შუა ეოცენი. შუა ეოცენური ნალექები თბილისის ტერიტორიის სამხრეთ ნაწილში თელეთისა და სეიდ-აბადის ქედების აგებულებაში მონაწილეობენ. შუა ეოცენური ნალექები ორ წყებად იყოფა.

1. „დაბახანის“ წყება, წარმოდგენილია თიხიანი ფიქლებით, მერგელოვანი თიხების და წვრილმარცვლოვანი, შრეებრივი, ტუფოგენური ქვიშაქვების მორიგეობით.

2. აღსანიშნავია, რომ „ხლართულშრეებრივი ბრექჩიების“ ჰორიზონტი, რომელიც თანხმობით აგრძელებს დაბახანის წყებას, მეტად თავისებური აგებულებისაა. ჩანართები წარმოდგენილია ზედა ცარცის და პალეოგენის კირქვებით, აგრეთვე მერგელებით, კირქვიანი შრეებრივი ქვიშაქვებით, მუქი ნაცრისფერი ფიქლებით, ტუფოქვიშაქვებით და ეფუზიური ქანებით.

ზედა ეოცენი - ზედა ეოცენური ნალექები საკვლევი რაიონის დიდ ფართობს მოიცავს.

ზედა ეოცენური ნალექები ქვედა ნაწილებში წარმოდგენილია ფიქლებრივი თიხებით, რომლებშიც შერეულია წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვები, მერგელები და მომწვანო ფერის ტუფოგენური ქვიშაქვები.

საკვლევ რაიონში გავრცელებული ზედა ეოცენური ნალექები ორ წყებად იყოფა: ნავთლუღის ბითუმის შემცველი წყება ანუ ქვედა თევზებიანი ჰორიზონტი და ნუმულიტიანი, ან თბილისის წყება. (წყება: ადგილობრივი სტრატиграფიული ქვედანაყოფების ძირითად ერთეული).

ნავთლულის ბითუმის შემცველი წყება ანუ ქვედა თევზებიანი ჰორიზონტი წყება ხასიათდება თხელშრებრივი ალევროლითების, წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვების, ფიქლებრივი ქვიშიანი თიხების და შედარებით სქელ შრებრივი ქვიშაქვების მორიგეობით. ნავთლულის წყების საერთო სიმძლავრე ზემოაღნიშნულ წყებაში 400მ-ს აღწევს. უფრო ჩრდილოეთით კი მისი სისქე თანდათანობით კლებულობს.

ნუმულიტიან წყება წარმოადგინილია ქვიშაქვიან-ალევრითულ-თიხიანი ნალექებით, ჭარბობს ქვიშაქვები. წყება თაბაშირიანია, შეიცავს ნუმულიტებს, რომელიც განსაკუთრებით ჭარბობს წყების ზედა ჰორიზონტში.

ზოგიერთ ადგილებში ზედა ეოცენურ ნალექებში შეიმჩნევა მსხვილი ქვარგვალეებისგან შედგენილი კონგლომერატის შრეები, რომელიც ვულკანურ მასალას შეიცავს. ასეთი სურათი კარგად ჩანს სოფელ კიკეთში მიმავალი გზის ჭრილში.

მაიკოპური წყება, რომელიც დღეისათვის ფაუნისტურად დათარიღებულია, ზედა ოეცენსა და თარხნულ ჰორიზონტს შორის არის მოქცეული. იგი ნაწილდება ცალკეულ სართულებად, არსებული პალეონტოლოგიური მასალის სიმცირის გამო.

მაიკოპური ნალექების სისქე საკვლევი რაიონის ჩრდილო ნაწილში ისევე, როგორც სამხრეთში, დაახლოებით (1500-2000)მ-ია. საკვლევი რაიონის ცენტრალურ ნაწილში მაიკოპური ნალექები გადარეცხილია.

გარდა იმისა თარხნული ჰორიზონტი, ჩოკრაკული ჰორიზონტი, კარაგანდული ჰორიზონტი, კონკური ჰორიზონტი, ქვედა სარმატი, ზედა სარმატი და ა.შ.

ზემო აღნიშნულიდან შეიძლება დავასკვნათ რომ ქ. თბილისი ეკუთვნის მთაგორიან სისტემას და, ბუნებრივია, რომ მეწყრული პროცესების განვითარების ყოველგვარი წინაპირობებია. [1,11]

1.3. კლიმატი და სეისმიკა

კლიმატური პირობების დახასიათებას ვიძლევი (ბრძანება №1-1/1743 2008 წლის 25 აგვისტოს, საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის, ქ. თბილისი „სამშენებლო კლიმატოლოგია“ დაყრდნობით). კლიმატური მახასიათებლები აღებულია დიღმისა და დიდი დიღმის მეტეოსადგურების მიხედვით.

საკვლევი ტერიტორია ხასიათდება კონტინენტური, ზომიერად თბილი კლიმატით, წელიწადში ორი მინიმუმით.

სამშენებლო კლიმატური დარაიონების მიხედვით ტერიტორია მიეკუთვნება III გ ქვერაიონს.

ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მზის პირდაპირი რადიაცია როგორც დიღმის, ასევე დიდი დიღმის სადგურების მიხედვით შეადგენს: იანვრისთვის (22) კვტ. სთ/მ², აპრილისთვის (74)კვტ. სთ/მ², ივლისისთვის (125)კვტ. სთ/მ², ოქტომბრისთვის (53)კვტ. სთ/მ² თვეში. ხოლო ჯამური რადიაცია შესაბამისი თვეების მიხედვით (49)კვტ. სთ/მ², (135)კვტ. სთ/მ², (195)კვტ. სთ/მ² და (92)კვტ. სთ/მ² თვეში. ჰაერის წლის საშუალო ტემპერატურა დიღმისა და დიდი დიღმის სადგურების მიხედვით შესაბამისად 12.30°C და 12.60°C, აბსოლუტური მინიმუმი - 23.0°C და 24.0°C, აბსოლუტური მაქსიმუმი 40.0°C. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა ორივე სადგურის მიხედვით - წლის საშუალო 66%, ყველაზე ცივი თვისთვის - 60%, ყველაზე ცხელი თვისთვის - 30%. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა წელიწადში (560)მმ, ხოლო დღეღამური მაქსიმუმი შეადგენს (146)მმ. თოვლის საფარის დღეთა რაოდენობა დიდი დიღმის მეტეოსადგურის მონაცემებით -14 დღე, დიღმის სადგურის მონაცემებით - 15 დღე, თოვლის საფარის წონა 0.50 კპა. ქარის წნევის ნორმატული მნიშვნელობები 5 და 15 წელიწადში ერთხელ დიღმის სადგურის მონაცემებით 0.38 კპა და 0.60 კპა, დიდი დიღმის სადგურის მონაცემებით 0.73 კპა და 0.85 კპა. ქარის უდიდესი სიჩქარე შესაძლებელი (1, 5, 10, 15 და 20) წელიწადში ერთხელ მ/წმ შესაბამისად: დიღმის მეტეოსადგურის

მონაცემების მიხედვით (21, 26, 29, 30, 31)მ/წმ. დიდი დიღმის მეტეოსადგურის მონაცემების მიხედვით (28, 33, 35, 36, 37)მ/წმ. ქარის უდიდესი და უმცირესი სიჩქარე, დიღმის მეტეოსადგურის მონაცემებით იანვარში (2.1/0.1)მ/წმ, ივლისში (2.0/0.7)მ/წმ. გრუნტების სეზონური გაყინვის ნორმატიული სიღრმე (0)სმ.

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

საკვლევო ტერიტორია, ზონა განლაგებულია მაღალი სეისმური რისკის არეალში. საქართველოს მაკრო-სეისმური დარაიონების სქემის მიხედვით ქ. თბილისი განლაგებულია „8-ბალიანი ინტენსივობის მიწისძვრების გავრცელების ზონაში, ბრძანება №1-1/2284, 2009 წლის 7 ოქტომბერი, საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის, ქ. თბილისი. სამშენებლო ნორმების და წესების-„სეისმომედეგი მშენებლობა“(პნ 01.01-09)-დამტკიცების შესახებ.

**თავი II. ქ. თბილისში დიდ დიღმში განვითარებული მეწყერი
(მუხათგვერდის მეწყერი) და მისი გამომწვევი
მიზეზები**

2.1. მუხათგვერდის მეწყერის გეოლოგიური პირობები

მუხათგვერდის მეწყერი განვითარდა მუხათგვერდის სასაფლაოსკენ მიმავალ გზაზე. დიდი დიღმის დეპრესიას, აღმოსავლეთის მხრიდან ფრაგმენტულადაა გავრცელებული მდინარე მტკვრის მარჯვენა ნაწილზე ჭალიზედა პირველი ტერასა.

თუ როგორ წარმოიშვა დიღმის დეპრესია, ანუ დიღმის ქვაბული, ამ საკითხზე მკვლევარებს შორის ერთიანი აზრი არ არსებობს. უმეტესი თვლის, რომ ქვაბული ტექტონიკურია, რომელიც შემდეგ ამოივსო ძირითადი ქანების დაშლის შედეგად წარმოშობილი დელუვიურ-პროლივიური ნალექებით. ეს ნალექები ქმნის სწორედ დიღმის ვაკეს, რომელიც გადაჭიმულია მდინარე მტკვრის ხეობამდე. აღსანიშნავია, რომ ფერდობი, რომელიც ეკვრის დიღმის ვაკეს ჩრდილო-დასავლეთის მხრიდან, საკმაოდ ციცაბოა. თვითონ დიღმის ვაკის ტერიტორიის რელიეფი მეტად მცირე დახრით ხასიათდება აღმოსავლეთის მიმართულებით. ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ იმეწყრება ძირითადი ქანებისგან შემდგარი მუხათგვერდისკენ მიმავალი ფერდობი.

ძირითადი ქანები, რომლისგანაც წარმოდგენილია საკვლევი ტერიტორიის ფერდობები, შედგება მესამეული ასაკის თიხაფიქლებისა და ქვიშაქვების მორიგეობისგან.

ტექტონიკურად საკვლევი ტერიტორია მოქცეულია დიღმის სინკლინის ჩრდილო ფერდის ფარგლებში. ქანების ვარდნის აზიმუტია $(170)^{\circ}$, ხოლო ვარდნის კუთხე $(20-30)^{\circ}$ -ს შეადგენს.

გეომორფოლოგიურად დიდი დიღმის დეპრესია განთავსებულია, როგორც აღვნიშნეთ, ქ. თბილისის უკიდურეს დასავლეთ ნაწილში მდინარე მტკვრის მარჯვენა სანაპიროზე. აღსანიშნავია, რომ დიღმის ველი სამი მხრიდან ამაღლებებითაა გარშემორტყმული. ჩრდილო-დასავლეთიდან

არმაზის ქედის სამხრეთ კალთებითაა შემოსაზღვრული, სამხრეთიდან ლისის ქედის ჩრდილო კალთები ესაზღვრება, ხოლო დასავლეთიდან დიდგორის ამაღლების კალთები ჩამოედინება. ამრიგად, დეპრესია გაშლილია მხოლოდ აღმოსავლეთის მიმართულებით. ცალკეული ამაღლებების აბსოლუტური ნიშნულები (1270-1275)მ-ს შეადგენს. ამრიგად, ქვაბულიდან ფერდობები მაღლდება (160-180) მეტრზე. ეს ამაღლება თვითონ დეპრესიის ფარგლებში (6-100) მატულობს, ხოლო შემდეგ იქმნება ფერდობები, რომელთა დახრაც (28-320) შეადგენს. მთელი ფერდობები დასერილია ეროზიული ხეობებით. რელიეფის დანაწევრების სიხშირე „K“ დამოკიდებულია ქანების სიმტკიცეზე და ფერდობების ექსპოზიციაზე და იცვლება (0.01-0.8) ფარგლებში. კანონზომიერება ასეთია:

-არმაზის ხევის სამხრეთ ფერდზე „K“ = 0.77 - 0.80;

-დიდმის ქვაბულის დასავლეთ ფერდობებზე „K“ = 0.49 - 0.59;

-ლისის ქედის ჩრდილო კალთების ფერდობების „K“ = 0.10.

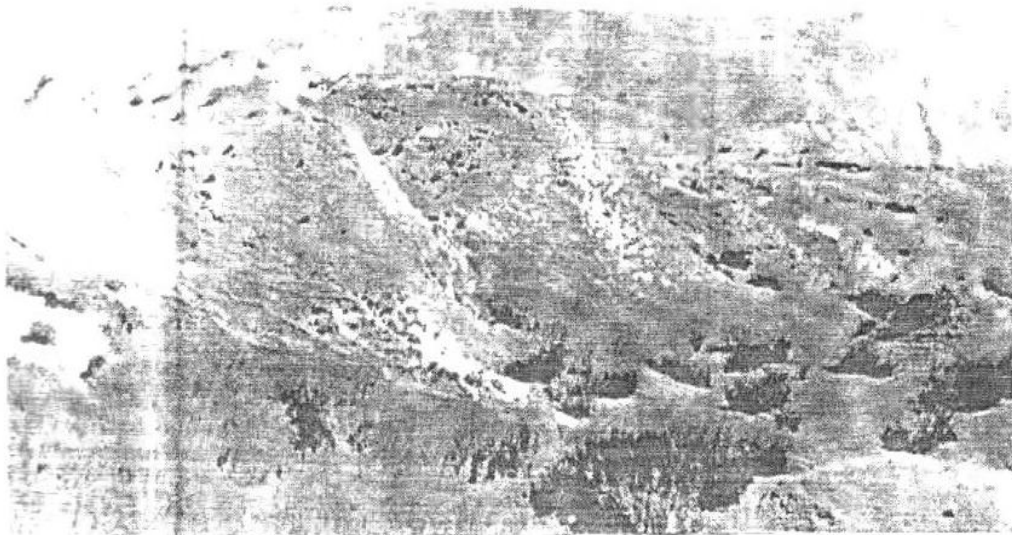
დიდმის ველი მდინარეებით ღარიბია. ყველაზე მძლავრი მდინარე წონიანისწყალია, რომელსაც ერთვის მდინარე ბალისხევი. იგი მოედინება ქვაბულის შუა ნაწილში. მდინარეს აქვს თითქმის სწორხაზოვანი მიმართულება დასავლეთიდან აღმოსავლეთით. ზედა ნაწილში მას აქვს V-ს ფორმაა. ფერდობების სიმაღლე 3-4 მ-ს შეადგენს, როგორც კი ჩამოეშვება ვაკეზე, იგი მდორედ მოედინება. წყალი კალაპოტში დიდ დიაპაზონში ცვალებადობს და ძირითადად დამოკიდებულია ატმოსფერულ ნალექებზე.

გარდა ზემოთ აღნიშნული მდინარისა, ქვაბულში ბევრია მშრალი ხეები, რომლებშიც ატმოსფერული ნალექების პერიოდში, ძირითადად ნაკადულების სახით ჩნდება წყალი.

მეწყურულ პროცესებს როდესაც ვეხებით, გასაგებია, რომ ამ შემთხვევაში დიდი მნიშვნელობა აქვს ქანების გეოლოგიურ აგებულებას, რომელიც განსაზღვრავს კიდევაც ფერდობების მდგრადობას. სურ. (2.1)-ის, სურ. (2.2), სურ. (2.3), სურ. (2.4)-ზე ნაჩვენები გვაქვს ფოტოები, სადაც

ნათლად ჩანს ტერიტორიის გეოლოგიური სურათი. ამიტომ, მოკლედ შევეხებით დეპრესიის ფერდობების გეოლოგიას.

ფერდობები, რომლითაც შემოსაზღვრულია დიღმის დეპრესია, ძირითადად წარმოდგენილია მესამეული ასაკის ზედა ეოცენის მაიკოპის სერიით - ოლიგოცენ-ქვედამიოცენური ასაკის ქანებით. მაიკოპის ქანები თავისი შემადგენლობით სამი ნაწილისგან შედგება: ქვედა, შუა და ზედა ნაწილისგან. საკვლევ რაიონში ძირითადად გვხვდება ეოცენისა და ოლიგოცენის ასაკის ქანები, რომელიც წარმოდგენილია ქვიშაქვებისა და სუბარგილითების მორიგეობისგან. [1,11]



სურ. 2.1 მუხათგვერდის მეწყრის სურათი



სურ. 2.2 მუხათგვერდის მეწყრის სურათი



სურ. 2.3 მუხათგვერდის ტერიტორიის სურათი



სურ. 2.4 მუხათგვერდის ტერიტორიის სურათი

როგორც ადრე აღვნიშნეთ, მეწყერს აღმოსავლეთის მხრიდან სამრეწველო ერთსართულიანი შენობები ესაზღვრება. ისინი კონსტრუქციულად წარმოადგენს რკინაბეტონის კარკასს და შედგება სამი კორპუსისგან. შევსება განხორციელებულია ბეტონის წვრილი ბლოკებით. რიგ ადგილზე მეწყერი უკვე შეჭრილია შენობებში და ქმნის შენობების დეფორმაციის საშიშროებას. თვითონ ფერდობის ტერიტორია ძველ მეწყერს

წარმოადგენს, რომელსაც მიღებული ჰქონდა სტაბილური მდგომარეობა, მაგრამ ანთროპოგენური პროცესების შედეგად (ფერდობის ძირის მოჭრა) ძველი მეწყერი გააქტიურდა. [1,11]

ჩვენ ადრე ზოგადად შევეხეთ ქ. თბილისის კლიმატს. ამ შემთხვევაში საკვლევი ტერიტორიის კლიმატს ვეხებით იმიტომ, რომ იგი მაინც განსხვავდება თვითონ ქ. თბილისის ცენტრალური ნაწილის კლიმატისაგან. ამ ტერიტორიის კლიმატი განეკუთვნება ზომიერ-კონტინენტურს. აქ გაბატონებულია ჰაერის ნაკადების მოძრაობის ორი ძირითადი მიმართულება, დასავლეთის და აღმოსავლეთის, მაგრამ რელიეფის თავისებურებიდან გამომდინარე, აღინიშნება ცალკეული გადახრები. დასავლეთიდან მომავალი ნაკადები დაღმავალია და განაპირობებს გამოშრობის პროცესების განვითარებას, აღმოსავლეთიდან კი-ნალექ წარმოქმნილი გარემოს ფორმირებას.

ჰაერის ნაკადების სიჩქარე დეპრესიის ფარგლებში იცვლება მნიშვნელოვან საზღვრებში. ქარის საშუალო სიჩქარე (20-30) მ/წმ-ის ფარგლებში მერყეობს. მაქსიმალური სიჩქარეები აღინიშნება, ძირითადად მარტი-აპრილის თვეებში, შედარებით სუსტი ქარებია, ნოემბერ-დეკემბერში.

საშუალო წლიური ტემპერატურა დიღომში იცვლება ცალკეული უბნების აბსოლუტური ნიშნულიდან (11-12)[°]-ის ფარგლებში, ამავდროულად ეს ცვალებადობა არ წარმოადგენს მუდმივს და მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ამინდზე.

ნალექების წლიური რაოდენობა შეადგენს 550-600 მმ-ს, მათი მინიმუმი უკავშირდება იანვარ-აგვისტოს, ხოლო მაქსიმუმი მაის-ივნისის და სექტემბრის თვეებში აღინიშნება.

ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის საშუალო წლიური სიდიდე, ცენტრალურ უბნებში შეადგენს 65%, მთიან ნაწილში კი - 68%.

ჰაერის მაღალი ტენიანობა აღინიშნება ნოემბერ-დეკემბერში, მნიშვნელოვნად დაბალტენიანია ზაფხული.

საკვლევი უბნისთვის დამახასიათებელი ჰაერის ტემპერატურული რეჟიმი, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა, მათი განაწილება წლის განმავლობაში, აღებული შესაბამისი ცნობარებიდან, მოცემულია N#2.1. ცხრილში.

ნალექების საშუალო, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა და ქარის სიჩქარე

ცხრილი No.2.1

თვეები	ნალექების საშუალო რაოდენობა მმ	ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა %-ში	ქარის სიჩქარე მ/წმ
I	2.2	74	58.0
II	2.70	72	71.0
III	2.80	71	81.0
IV	2.50	66	92.0
V	2.80	68	117.0
VI	2.80	64	120.0
VII	2.30	59	83.0
VIII	2.30	68	69.0
IX	2.00	69	67.0
X	1.70	73	73.0
XI	1.80	77	65.0
XII	1.80	75	53.0
დღიური	2.40	69	94.9

2.2. მეწყრული სხეულის გრუნტები. ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

როგორც აღვნიშნეთ, თხელშრეებრივია (0.05-0.08)მ და ხასიათდება მოყავისფრო-მონაცრისფრო ფერით. სტრუქტურა გამოკვეთილი პოლიტომორფულია. თიხურ მასაში გვხვდება ჰიდროქარსების, სერციტები, მონტმორილონიტი, კვარცის მეტად წვრილი მარცვლები (0.07-0.03)მმ. ასევე გვხვდება მცენარეული ნაშთების დანახშირებული და მადნეული მინერალების ლიმონიტიზებული მარცვლები.

ვინაიდან მეწყრული სხეული ძირითადად თიხაფიქლებისგან არის წარმოდგენილი. ჩვენ მიერ მათი თვისებები შესწავლილი იქნა დეტალურად.

სუბარგილითები ბუნებრივ პირობებში მოყვითალო-მონაცრისფრო ფერით ხასიათდება. ლითოლოგიურად ისინი თიხებს წარმოადგენს. მათი პლასტიკურობის რიცხვი 18-ზე მეტია, რაც სახსტანდარტის ნორმებით თიხებს მიეკუთვნება. თიხური ფრაქცია ჰიდროქარსებითა და მონტმორილონიტით არის წარმოდგენილი.

თიხაფიქლების ჭრილში ბუნებრივ პირობებში შეიძლება ორი ზონა გამოიყოს. ზედა ზონა (3-5)მ სიმძლავრით, სადაც თიხაფიქლები ძლიერ გამოფიტული და დანაპრალიანებულია და ქვედა ზონა, რომლის სიმძლავრე დაახლოებით (5-14)მ-ს შეადგენს. ამ ზოლში თიხაფიქლები ზედა ზოლთან შედარებით ნაკლებადაა გამოფიტული, მაგრამ ხასიათდება მაღალი ტენიანობით, რაც მკვეთრად მოქმედებს მათ სიმტკიცეზე. ცხრილში No. 2.2-ში (გრუნტის ლაბორატორიული გამოკვლევის შედეგები) მოცემულია გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები. ბუნებრივ პირობებში, როგორც ცხრილიდან ჩანს, ზედა ზოლში თიხაფიქლების გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებლები-შიგა ხახუნის კუთხე იცვლება (17-18)° ფარგლებში, ხოლო კუთრი შეჭიდულობა შეადგენს (0.26-0.30) კგ/სმ². ქვედა ზოლში კი აღნიშნული მაჩვენებლები ასეთია: $\varphi=(5-12)^\circ$, $C=(0.10-0.25)$ კგ/სმ². რაც შეეხება თიხაფიქლების დეფორმაციის მაჩვენებლებს, მათი სიდიდეები

მოცემულია გრაფ. 2.1 და გრაფ. 2.2 კომპრესიისა და ჭრის გრაფიკების სახით. როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, თიხაფიქლები ხასიათდება მაღალი კუმშვადობის კოეფიციენტით და დეფორმაციის მოდულის დაბალი მნიშვნელობით. ეს მონაცემები ნათლად მიუთითებს, რომ სველი თიხაფიქლები საერთოდ თავისი თვისებებით მიეკუთვნება სუსტ გრუნტებს. მათი დეფორმაციის მოდულის მნიშვნელობა არ აღემატება $(15-20) \text{კგ/სმ}^2$.

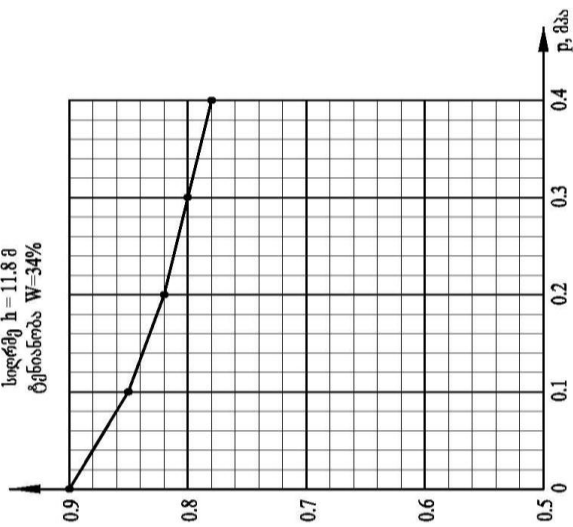
ქვიშაქვები მასივში გვხვდება თხელი ფენების სახით (1-2)სმ. ხასიათდება მონაცრისფრო ფერით. მათი ცალკეული მარცვლები შეცემენტებულია თიხური მასალით. თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ქვიშაქვები თიხაფიქლებთან შედარებით მცირე გავრცელებით სარგებლობს, შეიძლება ითქვას, რომ მასივის ბუნებას ძირითადად თიხაფიქლები გამოხატავს. [2,4,5,8-11,36-41]

მუხათგვერდის მეწყრის გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები

№	გამონამუშევრის №	სიღრმე მ	გრუნტის ლაბორატორიული გამოკვლევის შედეგები													
			ლაბ. №	პლასტიკურობა			ბუნებრივი ტენიანობა %	სიმკვრივე გ/სმ³			ფორიანობის კოეფიციენტი	დენადობის მაჩვენებელი	ტენიანობის ხარისხი	კუმულაციის კოეფიციენტი სმ²/კგ	წინაღობა ძვრაზე	
				ზედა ზღვარი %	ქვედა ზღვარი %	პლასტიკურობის რიცხვი		ბუნებრივი	მშრალი გრუნტის	გრუნტის ნაწილაკების					ბუნებრივი	
															φ გრად	C მპა
		h		W_L	W_p	I_p	W	ρ	ρ_d	ρ_s	e	I_L	S_r	a	φ	C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	ქ. 1	3.40	56	48.00	26.00	22.00	17.00	1.78	1.53	2.72	0.78	-0.14	0.59	0.02	18°	0.030
2	ქ. 1	8.90	57	47.00	27.00	20.00	27.00	1.88	1.47	2.72	0.85	0.00	0.90	0.03	12°	0.020
3	ქ. 1	11.80	58	47.00	24.00	23.00	34.00	1.90	1.43	2.72	0.90	0.33	0.98	0.04	6°	0.015
4	ქ. 2	4.00	59	46.00	25.00	21.00	18.00	1.82	1.55	2.72	0.76	-0.32	0.54	0.02	17°	0.026
5	ქ. 2	9.20	60	48.00	26.00	22.00	28.00	1.90	1.47	2.72	0.75	0.09	0.63	0.03	12°	0.020
6	ქ. 2	14.00	61	49.00	25.00	24.00	33.00	1.88	1.42	2.72	0.92	0.37	0.92	0.04	6°	0.015
7	ქ. 3	4.30	62	45.00	24.00	21.00	16.00	1.80	1.57	2.72	0.74	-0.22	0.56	0.02	17°	0.026
8	ქ. 3	7.60	63	46.00	24.00	22.00	26.00	1.86	1.48	2.72	0.83	0.09	0.86	0.03	13°	0.032
9	ქ. 3	13.00	64	48.00	24.00	24.00	32.00	1.84	1.40	2.72	0.93	0.33	0.94	0.04	5°	0.010

ცდა პრეპრესიაზე

ჭ №1
სიღრმე $h = 11.8$ მ
ტენიანობა $W = 34\%$



ტენიანობა w , %

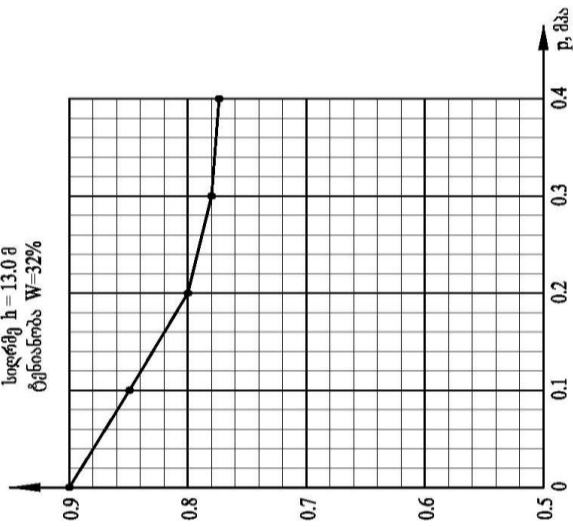
გერტიკალური დატვირთვა

გერტიკალური დატვირთვა	მზა	0	0.1	0.2	0.3	0.4
ფორიანობის კოეფიციენტი	c	0.90	0.85	0.82	0.80	0.78
დაჯდომის მოდული	E_p		2.00	3.20	4.00	4.80
დფორმაციის მოდული	E მზა		0.18	3.00	4.00	4.20
კუმულაციის კოეფიციენტი	a		0.05	0.03	0.02	0.02

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ფუძე-საბირკვლების კათედრა

ცდა პრეპრესიაზე

ჭ №3
სიღრმე $h = 13.0$ მ
ტენიანობა $W = 32\%$



ტენიანობა w , %

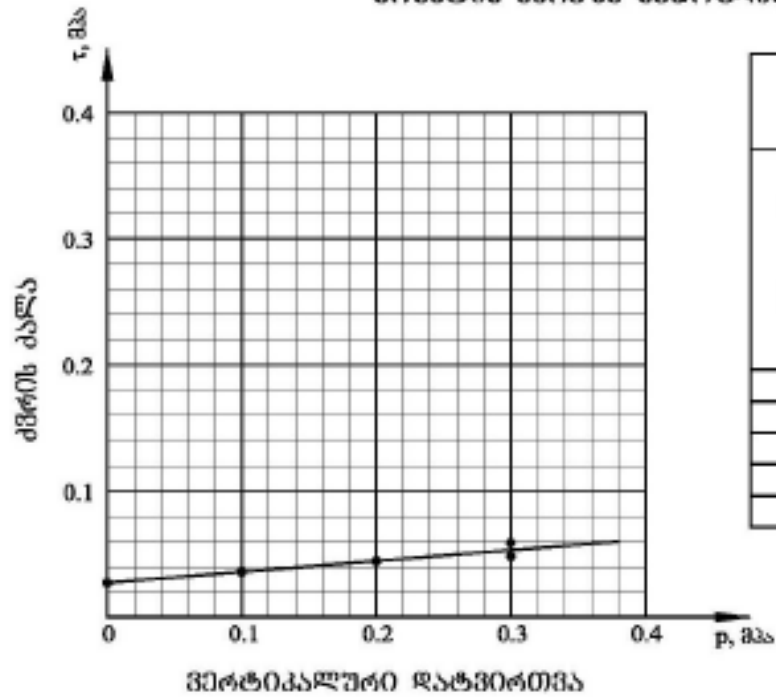
გერტიკალური დატვირთვა

გერტიკალური დატვირთვა	მზა	0	0.1	0.2	0.3	0.4
ფორიანობის კოეფიციენტი	c	0.92	0.86	0.80	0.78	0.77
დაჯდომის მოდული	E_p		2.40	4.00	4.80	5.20
დფორმაციის მოდული	E მზა		0.19	2.50	3.80	3.90
კუმულაციის კოეფიციენტი	a		0.06	0.03	0.02	0.02

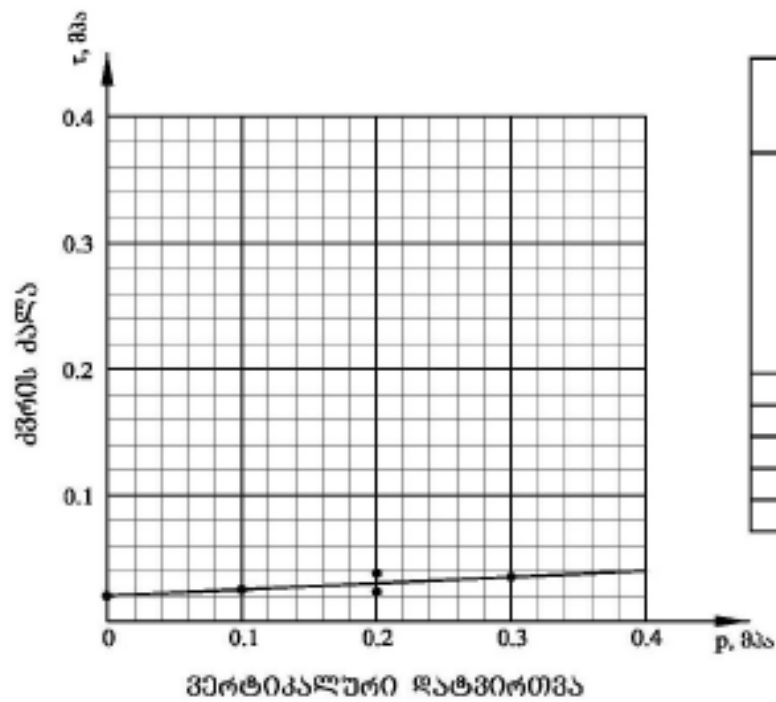
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ფუძე-საბირკვლების კათედრა

გრაფიკი 2.1. კომპრესიის

ბრუნების ძვრის ბაზრის შემოღები



ტაბ. № 1 სიღრმე $h = 11.8$ მ ტენიანობა $W = 34\%$			
პერტიკულური დატვირთვა, მპა	ძვრის ძალა, მპა	შეღების კუთხე	კუთხითი შეჭიდულობა, მპა
p	τ	φ°	C მპა
0.05	0.019	6°	0.015
0.10	0.023		
0.15	0.027		
0.20			



ტაბ. № 3 სიღრმე $h = 13.0$ მ ტენიანობა $W = 32\%$			
პერტიკულური დატვირთვა, მპა	ძვრის ძალა, მპა	შეღების კუთხე	კუთხითი შეჭიდულობა, მპა
p	τ	φ°	C მპა
0.05	0.013	5°	0.010
0.10	0.016		
0.15	0.019		
0.20			

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ფიზიკა-სამშენებლო ფაკულტეტი

სამშენებლო მეცნიერებები

გრაფიკი 2.2. ჰრაზე

2.3. მეწყერის გამომწვევი მიზეზები

არსებობს ძირითადი ფაქტორები, რომელიც აკონტროლებს დედამიწის ზედაპირზე მომხდარი მეწყერის ტიპს, მაჩვენებელს ფერდობზე გრადიენტს, ფერდობების კონსოლიდაციას, წყალს, მოცურების მიმართულებას, სიმაღლეს, მეწყრული მასალის შემადგენლობას, და ასე შემდეგ.

მეწყერის წარმოშობა ყოველთვის დაკავშირებულია წყლის მოქმედებასთან. ჩვენ შემთხვევაშიც მეწყერის წარმოქმნა ძირითადად დაკავშირებულია ზედაპირული წყლების მოქმედებასთან. ცნობილია რომ მეწყერი წარმოიშობა ქანებში, რომლებიც შედგება თიხური მასალისგან. ჩვენ შემთხვევაში საქმე გვაქვს მეწყერთან რომელიც გვხვდება თიხოვან გრუნტებში. მეწყერის განვითარება მჭიდროდ არის დამოკიდებული ფერდობის დაქანებასთან. ხშირია შემთხვევები, რომ ფერდობის დაქანება ხელოვნურად იცვლება ადამიანის ზემოქმედების შედეგად. მაგალითად, სამშენებლო სამუშაოებთან დაკავშირებით ფერდობებს გაჭრიან და მას სტოვებენ ვერტიკალურ მდგომარეობაში. ნაწილობრივ ჩვენ შემთხვევაში ასეთ მოქმედებას ჰქონდა ადგილი. ფერდობის ძირში გაიყვანეს გზა, რომელმაც გააუარესა ფერდობის მდგრადობა. ამას დაემატა კიდევ ზედაპირული წყლების გააქტიურება. ფერდობებზე გზების გაყვანამ საკმაოდ შეცვალა ზედაპირული (ატმოსფერული) წყლების მიმართულება. ჩვენ შემთხვევაში, როდესაც დათვალიერებული იქნა ფერდობი აშკარად შეიმჩნეოდა ზედაპირული წყლების გაზრდილი მოდინება. ამრიგად ფერდობის ქანობის გაზრდამ და ზედაპირული წყლების გააქტიურებამ გამოიწვია მუხათგვერდის მეწყერის წარმოქმნა.[36-41]

თავი III. საყრდენი კედლები და მათი გამოყენება ფერდობის მდგრადობის შენარჩუნებით

3.1. საყრდენი კედლები და მათი გამოყენების არე

საყრდენი კედლები არის ხისტი კედლები, რომლებიც გამოიყენება გრუნტის გვერდითის მხარის გასამაგრებლად, ისე, რომ იგი შეიძლება შენარჩუნდეს გრუნტების სხვადასხვა დონეზე.

საინჟინრო საქმეში საყრდენ კედლებს საკმაოდ დიდი და განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს. მდინარები, სანაპიროების კედლები, მიწის ვაკის დაძვრის კედლები, ხიდის ბურჯები და სხვა ეკუთვნის საყრდენ კედლებს. საყრდენი კედლები ფართოდ გამოიყენება, როგორც სატრანსპორტო, ისე სამოქალაქო, სამრეწველო და ენერგეტიკულ მშენებლობაში.

საყრდენი კედლები ფერდობების გამაგრების ფართოდ გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს.

საყრდენი კედლების დიდი რაოდენობით აგება ხდება მთაგორიან პირობებში გზებზე როგორც სარეგულაციო ნაგებობებისა, მდინარის წარეცხვისაგან დასაცავად, ასევე თოვლის ზვავების, ღვარცოფების, ფერდობებიდან ჩამონაცარი ქვების და მეწყრული მასის შესაკავებლად.

საყრდენი კედლების ასაგებად გამოიყენება ფლეთილი ქვა როგორც მშრალი წყობით ისე შემკვრელი ხსნარით (კირი, ცემენტი) აგებული წყობა, ყორებეტონი, ბეტონი და რკინაბეტონი. ხშირად მცირე და საშუალო სიმაღლის ($H = 2-4$ მ-მდე) საყრდენი კედლების ძირითადი დანიშნულებაა ნაყარი გრუნტის შეკავება. საყრდენი კედლის ზომები ისე უნდა შეირჩეს, რომ მისი სიმტკიცე და მდგრადობა უზრუნველყოფილი იყოს. ამავე დროს კედელი უნდა იყოს ეკონომიური.

მთიან პირობებში, როდესაც არის ადგილობრივი სამშენებლო მასალა ქვა, ხელსაყრელია მისგან ადგილზევე საყრდენი კედლის აგება. ეს აგვაცილებს საყრდენი კედლების ელემენტების დამზადებას ქარხნებში, მათი შემდგომი ტრანსპორტირებასა და მონტაჟის აუცილებლობას. ამის

გარდა მთიანი პირობებისათვის დამახასიათებელია ადგილის ტოპოგრაფიის ხშირი ცვლა. ამ პროცესს წარმატებით იყენებენ კედლების მშენებლობაში და მათ აყრდნობენ ძირითად ქანებზე-კლდეზე. ამავე დროს კედლის ადგილზე აგებით, ძალზე მოხერხებულია ადგილობრივ პირობებთან მორგება (შეგუება).

3.2. საყრდენი კედლები და მათი კლასიფიკაცია

საყრდენი კედლები ექსპლუატაციაში ყოფნისას განიცდიან გარე ძალების მოქმედებას. კედელზე მოქმედ გარე ძალებს შეადგენს (ნახ. 3.1):

- მიწის აქტიური დაწოლა კედელზე - E_3 ;

მიწის პასიური დაწოლა (მიწის წინააღმდეგობა) E_3 ;

- კედლის საკუთარი წონა G ;

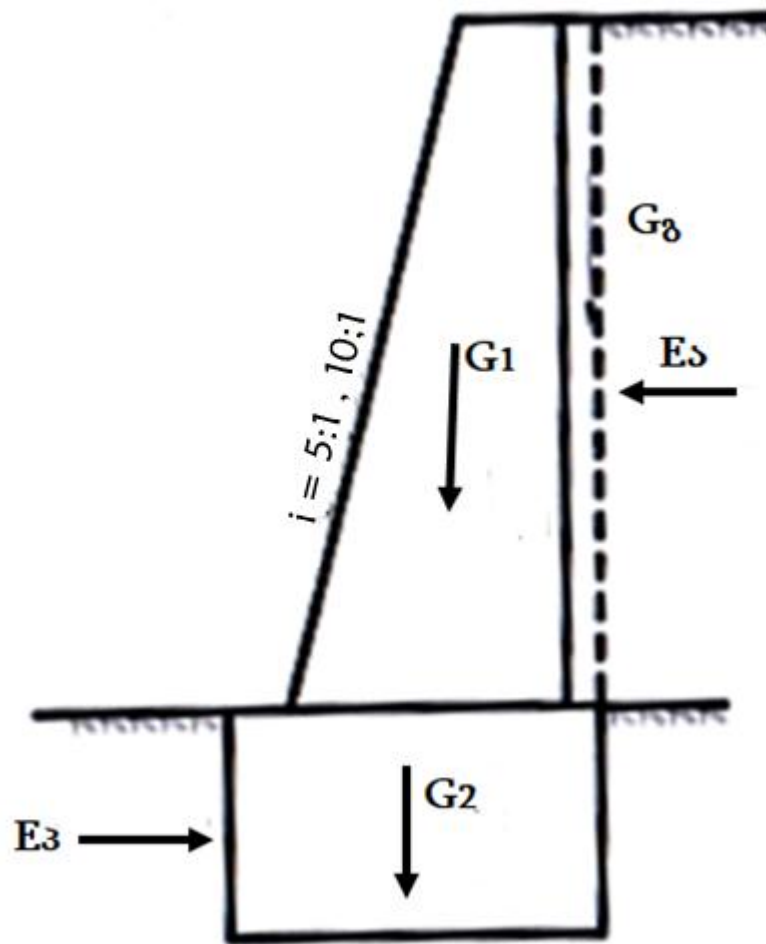
მიწის მასივის დაწოლის განსაზღვრა რთული ამოცანაა, რადგან დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, უმთავრესად კი ყრილის ფიზიკურ თვისებებზე.

მუშაობის პრინციპის მიხედვით გარე ძალების მოქმედების მიმართ წინააღმდეგობის ხასიათიდან გამომდინარე, განასხვავებენ კედლების შემდეგ სახეებს:

მასიური საყრდენი კედელი. მასიურ საყრდენ კედლებში (ნახ. 3.1) სიმტკიცისა და მდგრადობის პირობები დაცულია თვით კედლის საკუთარი წონის მეშვეობით. მთიან პირობებში მასიურ (გრავიტაციულ) საყრდენ კედლებს აგებენ, ფერდობის სიმაღლის, დახრილობის და ქანების თვისებების გათვალისწინებით.

მასიურ საყრდენი კედლების მშენებლობისას, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება (ისევე როგორც სხვა სახის კედლების აგებისას) კედლების ფორმის შერჩევას, რადგან სწორედ ფორმა განსაზღვრავს კედლის მუშაობის ხასიათს. ამის გამო მასიურ საყრდენ კედლებს აძლევენ ისეთ ფორმას, რომ კედლის არაცენტრალურ კუმშვაზე მუშაობისას, კვეთებში წარმოიშვას მხოლოდ მკუმშავი ძაბვები. ეს საშუალებას იძლევა

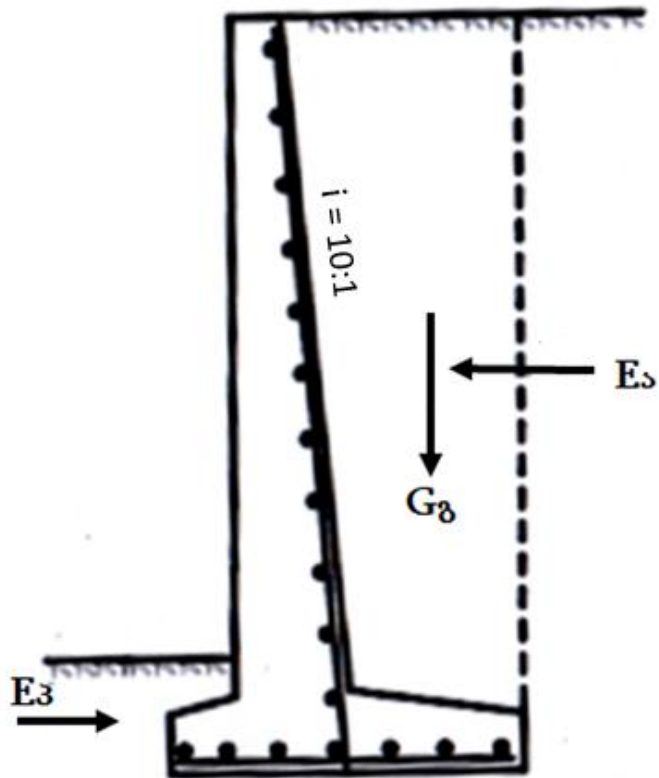
მასიური საყრდენი კედლები აგებული იქნას, როგორც ბეტონისაგან, ისე ქვისაგან მშრალ ან ხსნარზე წყობით.



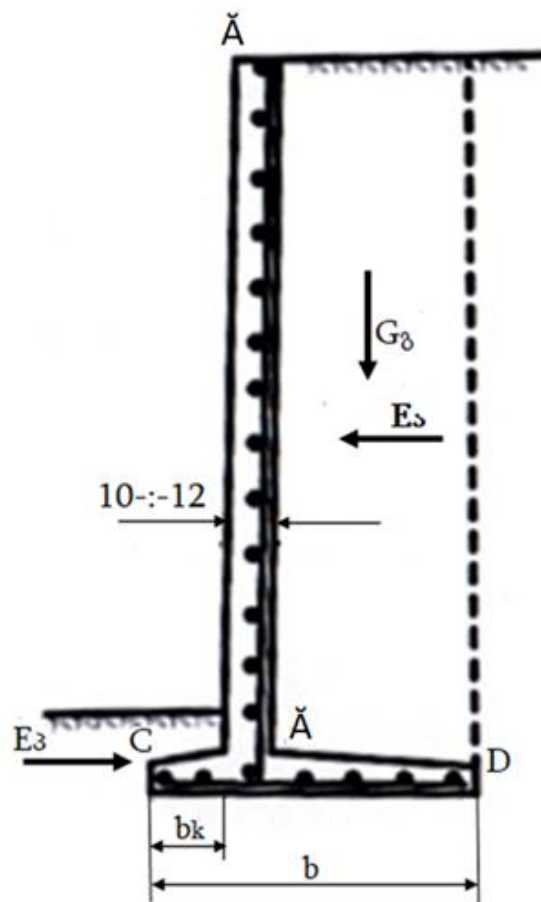
ნახ. 3.1 მასიური საყრდენი კედელი

ნახევრადმასიური საყრდენი კედლების. სიმტკიცე და მდგრადობა განისაზღვრება, როგორც კედლის საკუთარი წონით, ისე გრუნტის წონით, რომელიც მოთავსებულია საძირკვლის ფილაზე. ასეთი საყრდენი კედლები მზადდება რკინაბეტონისაგან, რადგან გამჭიმვი ძალების ათვისებას ახდენს ლითონის არმატურა (ნახ. 3.2).

თხელკედლიანი საყრდენი კედლებიდან უპირატესად გავრცელებულია, თხელკედლიანი კონსოლური საყრდენი კედლები (ნახ. 3.3). ასეთი ტიპის კედლები შედგება ვერტიკალური რკინაბეტონის ფილისაგან, რომელიც ღებულობს გრუნტის აქტიურ დაწნევას. საძირკვლის რკინაბეტონის



ნახ. 3.2 ნახევრადმასიური საყრდენი კედელი



ნახ. 3.3 თხელკედლიანი კონსოლური საყრდენი კედელი

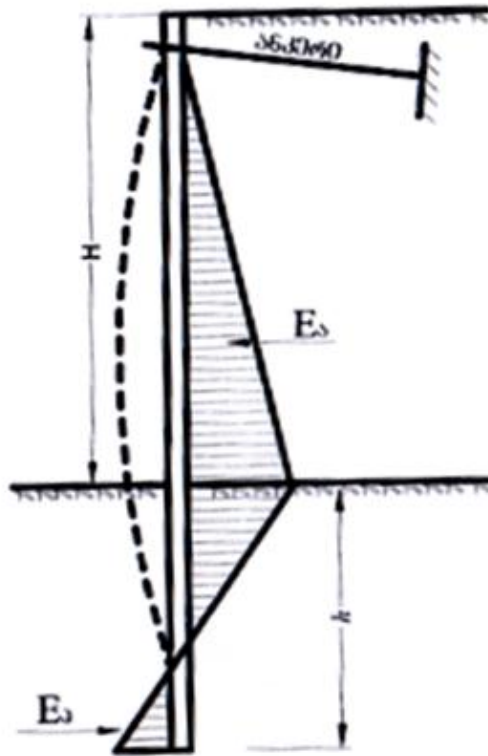
ფილისაგან, რომელზეც უშუალოდ ხდება გრუნტის წონისაგან გამოწვეული დატვირთვის გადაცემა. კედლის რკინაბეტონის ფილები ერთმანეთთან ხისტად არიან დაკავშირებული. საძირკვლის ფილის სიგანეს იღებენ კედლის სიმაღლის $(0.3-0.4)$ -ნაწილს $b = (0.3-0.4)H$, ხოლო საძირკვლის ფილის კონსოლურ b_k ნაწილს, რომელსაც არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება საყრდენი კედლის მდგრადობის უზრუნველყოფაში და გრუნტში საძირკვლის სიგანეზე ძაბვების გადანაწილებაში, იღებენ $b_k = (0.25-0.30)b$.

თხელკედლიანი კონსოლური საყრდენი კედლების ფასადის ფილას, აქტიური დაწნევის მიმართ ხშირად დახრილს აკეთებენ ($i=5:1, 10:1$), რითაც ამცირებენ ფილაზე მოქმედ აქტიური დაწნევის სიდიდეს. ასევე დახრას უკეთებენ საძირკვლის ფილას, რაც კიდევ უფრო ზრდის საყრდენი კედლის წინაღობას ძვრის მიმართ.

თხელკედლიან საყრდენ კედლებს ძირითად აგებენ შპუნტებისა და ხიმინჯებისაგან (უპირატესად ნაბურღნატენი ხიმინჯებისაგან), რომელთა მდგრადობას უზრუნველყოფს კედლის ქვედა ნაწილის ჩამაგრება გრუნტის ფუძეში (ნახ. 3.4).

თხელკედლიანი საყრდენი კედლების და საერთოდ საყრდენი კედლების კვლევისა და დანერგვის საქმეში, დიდი წვლილი მიუძღვის ცნობილ მეცნიერსა და გამომგონებელს, პროფ. ზ. ცაგარელს. თხელკედლიანი საყრდენი კედლების გამოყენება (განსაკუთრებით ხიმინჯოვანის) ძალზე ეფექტურია დიდი სიმძლავრის მეწყერების შეკავებისას. ხშირად კედლის სიხისტის გაზრდის მიზნით, ახდენენ კედლის ზედა ნაწილის ანკერულ ჩამაგრებას.

თხელკედლიანი ანკერული ჩამაგრების საყრდენი კედლები ფართოდაა დანერგილი შვეიცარიისა და გერმანიის საავტომობილო გზებზე. როდესაც მეწყერის სიმძლავრე დიდი არ არის (არ აღემატება 4 მეტრს), მეწყერის შესაკავებლად აგებენ საყრდენ კედლებს. ამ დროს საყრდენი კედელი აუცილებლად დაყრდნობილი უნდა იყოს ძირითად ქანზე (კლდეზე).



ნახ. 3.4 თხელკედლიანი საყრდენი კედელი ანკერული ჩამაგრებით

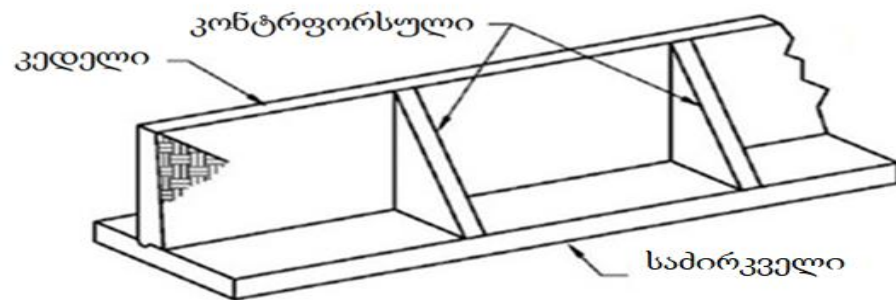
მეწყერის შემაკავებელ კედელზე მოქმედი ძალები გამოითვლება მთის ფერდობების (ფერდოს) მდგრადობის გაანგარიშებისას მეწყერის იმ კვეთისათვის, სადაც ვაყენებთ საყრდენ კედლებს.

მეწყერ საწინააღმდეგო საყრდენი კედლების გამოყენებას მიმართავენ იმ შემთხვევაში, როდესაც მეწყერული დაწნევის სიდიდე უმნიშვნელოდ აღემატება კედელზე მოსული გრუნტის ჩამონგრევის პრიზმის აქტიური დაწნევის სიდიდეს. შესაბამისად, მეწყერის შემაკავებელი კედელი, მისი მდგრადობის უზრუნველსაყოფად, ყოველთვის უფრო მასიურია, ვიდრე ჩვეულებრივი ნაყარი გრუნტის შემაკავებელი საყრდენი კედელი. მეწყერის შემაკავებელ კედლის ფუძეს, მისი წაცურებაზე მდგრადობის გაზრდის მიზნით აკეთებენ დახრილს ანუ კლდეში აწყობენ ბეტონის კბილს, ხოლო კედლის წინაღობის გაზრდის მიზნით მდგრადობაზე და გადაბრუნებაზე, კედელს გადახრიან მთის ფერდობისაკენ. დახრილ ფუძეზე კედლის წაცურებისას წარმოიქმნება კედლის სიმძიმის ძალის ფერდის პარალელური მდგენელი T , რომელიც მიმართულია კედელზე მეწყერის დაწოლის

მიმართულების წინააღმდეგ. კედლის დახრილი ფუძით მოწყობა განსაკუთრებით ეფექტურია, მაშინ როდესაც გვიხდება დიდი დახრილობის მქონე წაკვეთილი ძირითადი ქანების დამაგრება. ამ დროს წაკვეთილი ქანის როლს ასრულებს ბეტონის კედელი, რომელიც უზრუნველყოფს მოქმედი ძალის უშუალო გადაცემას ფუძეზე. კედლის მდგრადობას წაცურებაზე მნიშვნელოვნად ზრდის ბეტონის კბილის მოწყობა. კბილის წინა სიბრტყეს აკეთებენ ძირითადი ქანის ფენების მართობულად. ამ დროს, დატვირთვისას კედელი, რომ დაიძრას, ან უნდა მოხდეს ძირითადი ქანის თელვა, ან ქანის გადანაცვლება მოგლეჯვის ზედაპირზე. როდესაც კედელს ვხრით ფერდობისაკენ (ფერდოსაკენ), ამით ვადიდებთ მისი სიმძიმის ძალის მხარს ე.ი ვზრდით კედლის დამჭერ მომენტს. ამდენად ძალზე მნიშვნელოვანია კედლის ეფექტურად მუშაობისთვის, არა მარტო კედლის მასალის ან მისი ფორმის მონახვა, არამედ ქანების ფენების განლაგების დადგენა და კედლის ადგილის ზუსტი შერჩევა.

მეწყერშემაკავებელი ან არამდგრადი გრუნტების გასაჩერებლად კედლების მშენებლობისას, საჭიროა ქვაბულის ამოთხრა სექციებზე. სექციების სიგრძე უნდა დაზუსტდეს უშუალოდ მშენებლობის ადგილზე. მომდევნო სექციისთვის ქვაბულის მოთხრა დასაშვებია მხოლოდ წინა სექციის კედლის აგების, დრენაჟის მოწყობის და გულდასმით მისი უბნის დატკეპნილი გრუნტის შევსების შემდეგ. ხშირად ვხვდებით ისეთ საყრდენ კედლებს, რომელთაც არც დრენაჟია მოწყობილი და არც უბეა შევსებული. ასეთი კედელი თავის დანიშნულებას ბუნებრივია ვერ შეასრულებს. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ მეწყერსაწინააღმდეგო მასიური საყრდენი კედლების მშენებლობისას, უმეტეს შემთხვევებში მეწყრული დაწნევის სიდიდიდან გამომდინარე, კედლის ზომები გამოდის დიდი, რომელიც ართულებს მშენებლობის პროცესს და ზრდის ხარჯებს. კედლის ზომების შემცირების მიზნით ახდენენ კედლების იარუსებად განლაგებას. ეს საშუალებას გვაძლევს, კედლის ზომები შევამციროთ არა მარტო კვეთებში, არამედ სიმაღლეშიც.

კონტრფორსული საყრდენი კედლები მსგავსია კონსოლურის საყრდენი კედლებისა, მათ აქვთ თხელი ვერტიკალური ბეტონის (კონტრფორსული) რეგულარული ინტერვალები კედლის უკანა მხარეს. მათი მიზანია შეამციროს ძვრის ძალები. მეორადი ეფექტი არის კედლის წონის გაზრდა დამატებითი ბეტონისგან. კონტრფორსული საყრდენი კედლები უფრო ეკონომიურია ვიდრე კონსოლურის კედლები სიმაღლეებისთვის 8 მეტრზე მეტი (ნახ. 3.5). [2,3,4,6-10]



ნახ. 3.5 კონტრფორსული საყრდენი კედლები

გაბიონი როგორც საყრდენი კედელი, სამშენებლო სექტორის სწრაფი ზრდის გამო, სხვადასხვა სამშენებლო მასალები უნივერსალურად გამოიყენება. საყრდენი კედლები გადამწყვეტ როლს თამაშობენ გეოტექნიკური ინჟინერიაში, სადაც გაბიონის საყრდენ კედლები დიდ გამოყენებას პოულობს. გაბიონის საყრდენი კედლები ძალზე სასარგებლოა, როდესაც საქმე ეხება ეკონომიკას, სტრუქტურულ მდგრადობას და ესთეტიკურ სახეს, სხვებთან შედარებით. მათ აქვთ მრავალი ფუნქცია და ძალზე ეფექტურია, როდესაც საქმე ეხება წყლის კანალიზაციის თვისებებს. (ნახ. 3.6).

საიტის მოთხოვნებიდან გამომდინარე, არსებობს სხვადასხვა ტიპის გაბიონი. ზოგი მათგანი შემდეგია:

1. გაბიონის სიმძიმის კედელი: ეს ჰგავს გრავიტაციის საყრდენ კედლებს, რომლებიც იყენებენ საკუთარ წონას გვერდითი წნევის წინააღმდეგობის გასაწევად.
2. მექანიკურად მდგრადობული დედამიწა: გაბიონის კედლების უზრუნველსაყოფად, შედუღებამდე მავთულის ბადეები გამოიყენება.

3. გაბიონის მატრასი: ეს ჩვეულებრივ გამოიყენება წყალგადასაშვები, კანალები, ნაპირები, ეროზიის გასაკონტროლებლად.
4. ტომარა გაბიონი: ესენი გამოიყენება იმ გადაუდებელ შემთხვევებში, როდესაც, ტომარის გაბიონები ივსება კლდეზე პროექტის ადგილზე, რათა შექმნან მოქნილი, გამტარი, მონოლითური სტრუქტურა.
5. რკინა დედამიწის გაბიონით: დამატებითი მავთულები გამოიყენება ბადეზე. მავთულები შეიძლება განთავსდეს ქსოვილის მიმართულებით პარალელურად ან ვერტიკალურად, ხოლო მავთულის მასალა იგივეა, რაც ბადის მასალისგან.
6. შედუღებული გაბიონი: დამზადებულია გალვანზირებული ან PVC დაფარული ქსელისგან, მზა კედელი ესთეტიკური და ეფექტურია.

ქვემოთ მოცემულია გაბიონების უპირატესობები:

1. გაბიონის კედელს აქვს ინსტალაციის სხვადასხვა შესაძლებლობა.
2. ესთეტიკური გარეგნობა შეესაბამება გარემოს.
3. ხანგრძლივი სიცოცხლე, ეკონომიური და სწრაფი მშენებლობა.
4. ხელმისაწვდომი მასალები ახლოს საიტის გამოყენება შესაძლებელია.
5. დასაშვები სტრუქტურა ყინულის დაზიანებისადმი მგრძნობიარე არ არის.
6. მოქნილობა, ძალა.[25]



ნახ. (3.6) გაბიონის საყრდენი კედლების

თხელკედლიანი საყრდენი კედელი ანკერული ჩამაგრებით,
გრუნტის ანკერი წარმოადგენს გრუნტში ან ძირითად ქანში მოთავსებულ კონსტრუქციულ ელემენტს, რომელიც მასზე მოდებულ ჭიმვად დატვირთვას გრუნტში გადასცემს.

განასხვავებენ ანკერების შემდეგ სახეობას: გრუნტის ანკერები (საჭიმრები), პასიური დასაბეტონებელი ანკერები და პასიური ანკერები ერთი ხიმინჯის ან ხიმინჯების შეკვრის სახით. გრუნტის ანკერები მიერთებულია უშუალოდ კედლის კონსტრუქციის ელემენტებთან, ხოლო სხვა ტიპის ანკერები მიერთდება კედლის სტრუქტურულ ელემენტებთან შემკვრელების (ანკერჭანჭიკების ანუ განივი კავშირების) მეშვეობით.

გრუნტის ანკერები თავდაპირველად იქნა გამოყენებული ქვაბულების და თხრილების დროებითად დამაგრების მიზნით.

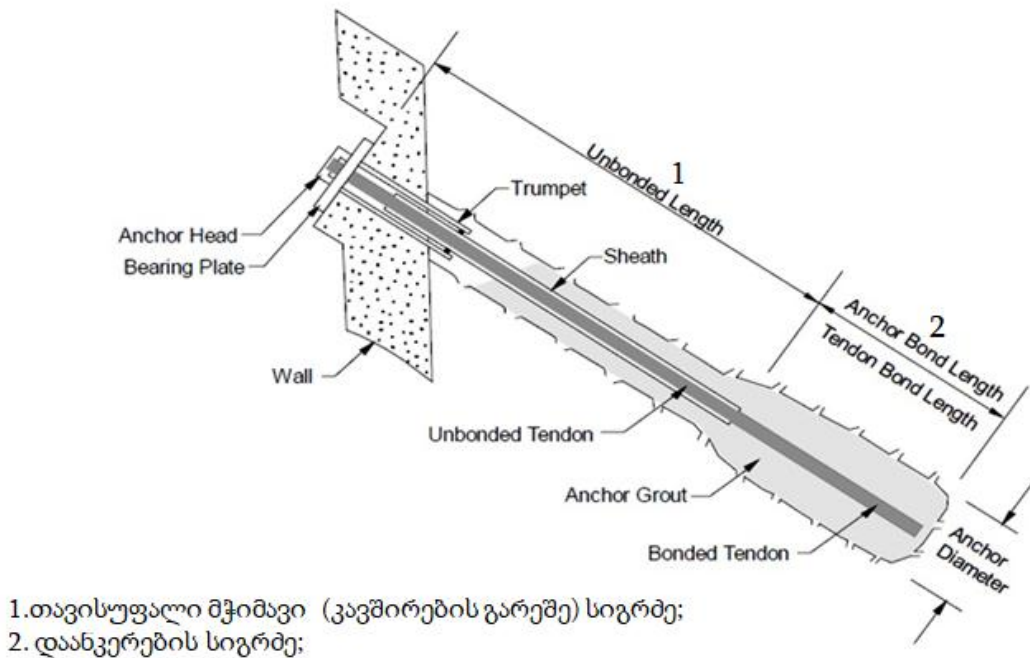
გრუნტის მუდმივი ანკერების გამოყენება სახელმწიფო სექტორის პროექტებში დაიწყო 1970-იანი წლების ბოლოს; დღესდღეობით ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება საგზაო მშენებლობის დროს გრუნტის დასამაგრებლად და ფერდობების მდგრადობისათვის.

ანკერული სისტემების უპირატესობაა:

- ❑ შეუზღუდავი სივრცე მიწის სამუშაოების ჩასატარებლად ;
- ❑ კედელზე მოქმედი შედარებით დიდი ჰორიზონტალური დაწნევის ატანის უნარი კედლის განივკვეთის მნიშვნელოვანი გაზრდის საჭიროების გარეშე;
- ❑ ქვაბულებისა და თხრილებისათვის დროებითი სამაგრების მოწყობა, რადგან დაანკერებული კედელი შეიძლება იქნას მიერთებული მუდმივ კონსტრუქციასთან;
- ❑ უკუჩაყრისათვის მასალის შერჩევის საჭიროების აღმოფხვრა;
- ❑ ღრმა საძირკვლების დამაგრების საჭიროების აღმოფხვრა;
- ❑ მშენებლობისათვის საჭირო დროის შემცირება;
- ❑ განსხვავების უფრო მცირე ზოლის ფლობის საჭიროება;

გრუნტის ანკერი, რომელიც შესრულებულია ცემენტის ხსნარის დაჭირხნის გზით შედგება შემდეგი ძირითადი კომპონენტისგან ნახ. (3.7):

- ❖ Anchorage (დაანკერება–საჭიმარი);
- ❖ Free stressing (unbonded) length (თავისუფალი მჭიმავი (კავშირების გარეშე) სიგრძე);
- ❖ Bond length (დაანკერების სიგრძე);



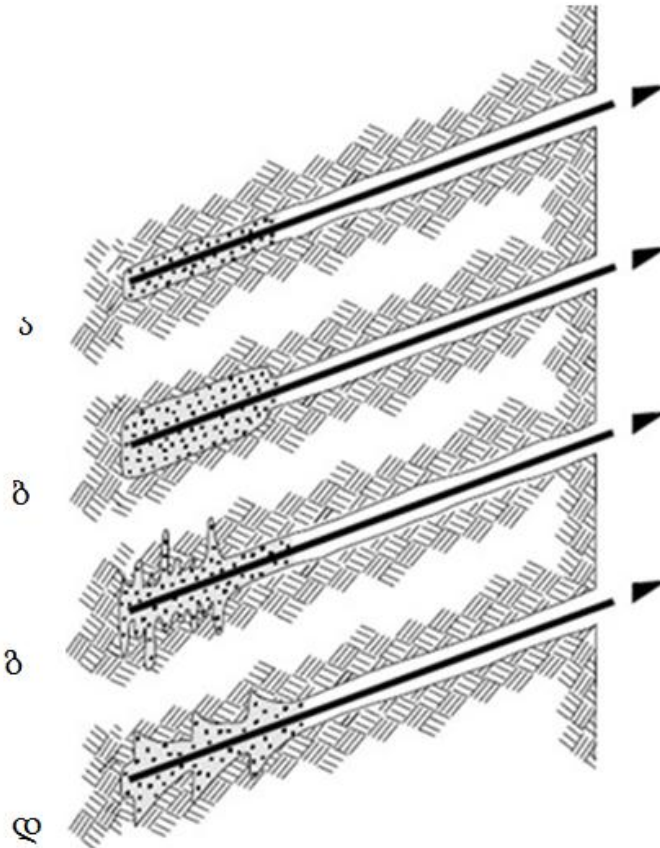
ნახ. (3.7) ძირითადი კომპონენტისგან გრუნტის ანკერი

გრუნტის ანკერების ტიპები:

1. ბურღინიექციური ანკერი ცემენტის ხსნარის დაჭირხნით,
2. საარმატურო ღერო ან წინასწარ დამაბული დაწნული ღერების შეკვრა,
3. ხრახნიანი ანკერები,
4. საანკერო ფილები,
5. მექანიკური ანკერები ძირითადი ქანისთვის,
6. ბოჭკოთი გაძლიერებული პლასტმასა,

ბურღინიექციური ანკერი ცემენტის ხსნარის დაჭირხნით ტიპები :

- ხიმინჯის სწორხაზოვანი ჭაური თვითდინებითი დაჭირხნით ნახ. (3.8ა),
- ხიმინჯის სწორხაზოვანი ჭაური წნევით დაჭირხნით ნახ. (3.8ბ),
- გრუნტის ანკერები შემდგომი დაჭირხნით ნახ. (3.8გ),
- ანკერები გააგნივრებული ჭაურით ნახ. (3.8დ). [26]



ნახ. (3.8) ნაბურღინიეციური ანკერი ცემენტის ხსნარის დაჭირხნით ტიპები

- ა) ხიმინჯის სწორხაზოვანი ჭაური თვითდინებითი დაჭირხნით;
- ბ) ხიმინჯის სწორხაზოვანი ჭაური წნევით დაჭირხნით; გ) გრუნტის ანკერები შემდგომი დაჭირხნით; დ) ანკერები განივი გვირაბი.

საარმატურო ღერო ან წინასწარ დამაბული დაწნული ღერების შეკვრა

საარმატურო ღერო ან წინასწარ დამაბული დაწნული ღერების შეკვრა დაახლოებით 2,077 კნ, წინააღმდეგობა გაუწია ერთი 64 მმ დიამეტრის საარმატურო ღერო, და უფრო ხშირად ბარი დიამეტრი გამოიყენება 25 მმ, 32 მმ, 36 მმ, 45 მმ და 64 მმ უცვლელი სიგრძით 18 მ. თუ

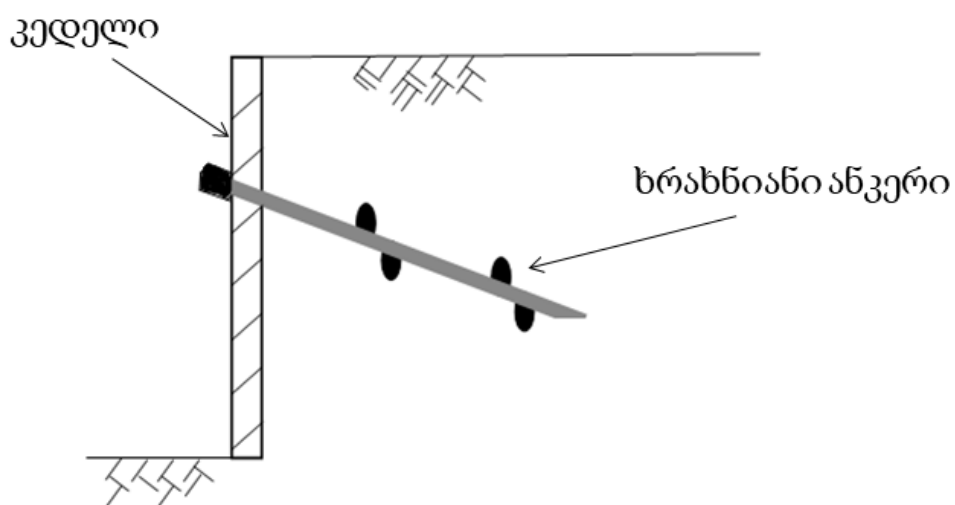
მეტია 18 მ ორი უნდა იყოს გამოყენებული. მასალა სპეციფიკაციები საარმატურო ღერო ან წინასწარ დამაბული დაწნული ღერების შეკვრა ამერიკული საზოგადოება ტე-სტირებისა და მასალების (ASTM) A722 და ASTM A416, შესაბამისად ნახ. (3.9).



ნახ.(3.9) საარმატურო ღერო ან წინასწარ დამაბული დაწნული ღერების შეკვრა

ხრახნიანი ანკერები

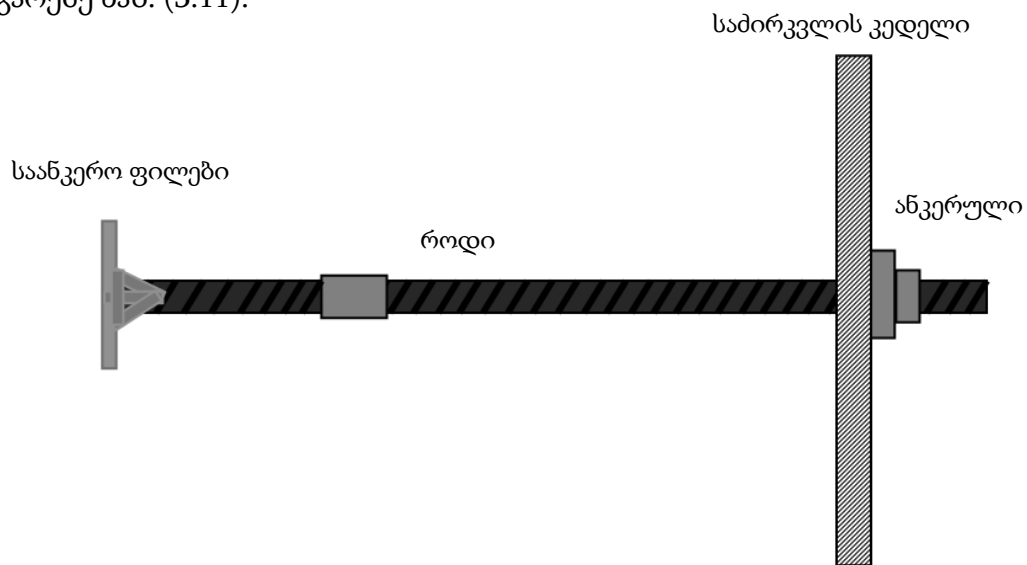
როდესაც სამირკვლის პრობლემა, არასტაბილური ნიადაგის ან ნიადაგის გაფუება დიდი ზეწოლისთვის კედლის წინააღმდეგ, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ხრახნიანი ანკერები ნახ. (3.10).



ნახ.(3.10) ხრახნიანი ანკერები

საანკერო ფილები

ეს კედლის ანკერული ფილები შედგება შიგნით კედლის ფირფიტისაგან, გარეთ ანკერული, და ძლიერი ძალა როდი მათთან ერთად. როდესაც დაყენების ფირფიტა ანკერულია, ანკერულის ჩართული ნიადაგში, დაშორებულია საძირკვლის კედელი. ისინი უკავშირდებიან მძიმე ფოლადის კედელზე ფირფიტებთან ერთად მისი ამჟამინდელი პოზიცია. ეს ანკერული ფილები გაამაგრებს კედლებს ყოველგვარი კორექტირების გარეშე ნახ. (3.11).



ნახ.(3.11) საანკერო ფილები

მექანიკური ანკერები ძირითადი ქანისთვის

ანკერები და კლდოვანი ქანჭიკები, ჩვეულებრივ ზოგად ტერმინს "კლდოვანი ქანჭიკი", გამოიყენება როკის გაძლიერება სამთო გვირაბში. გარდა ამისა, იზრდება ინდივიდუალური კლდოვანი-ფენების შორის ხახუნის ძალა. ანკერებით ანკერების ცვლადი სიგრძით წინასწარი დაძაბვა და ამით აქტიური ძალის გადაცემა. როდესაც კლდოვანი ქანჭიკის სისტემა არის საუკეთესო საშუალება, რომელიც დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე, რომლებიც უნდა ჩაითვალოს თითოეულ შემთხვევაში ნახ.(3.12).

ამ ტიპის ანკერები შეიძლება გამოყენებულ იქნას:

- მიწისქვეშა გათხრების სისტემური მუდმივი გაძლიერება;

- მუდმივი გზები და გათხრები;
- ჰიდროენერგია და მიწისქვეშა ნავთობი ან გაზის საცავები;
- ქვე ზღვა და კანალიზაციის გვირაბები



ნახ. 3.12 მექანიკური ანკერები ძირითადი ქანისთვის

ბოჭკოთი გაძლიერებული პლასტმასა

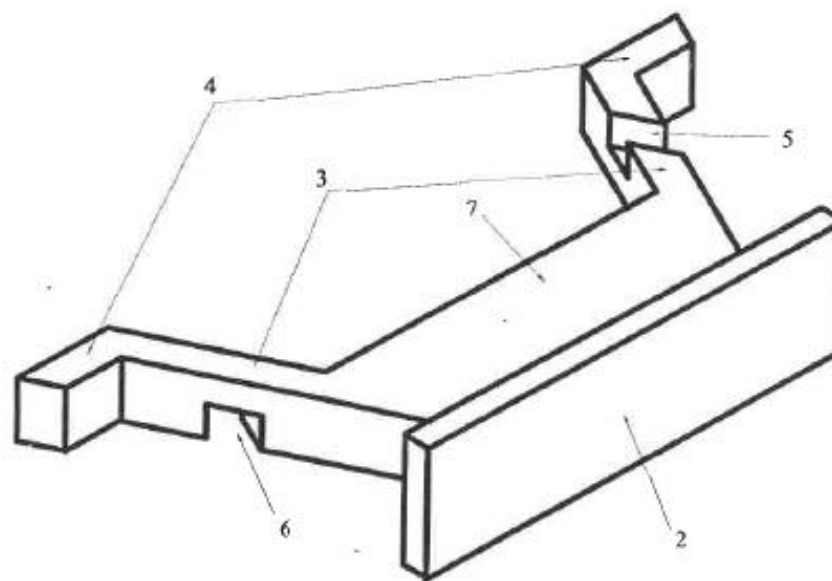
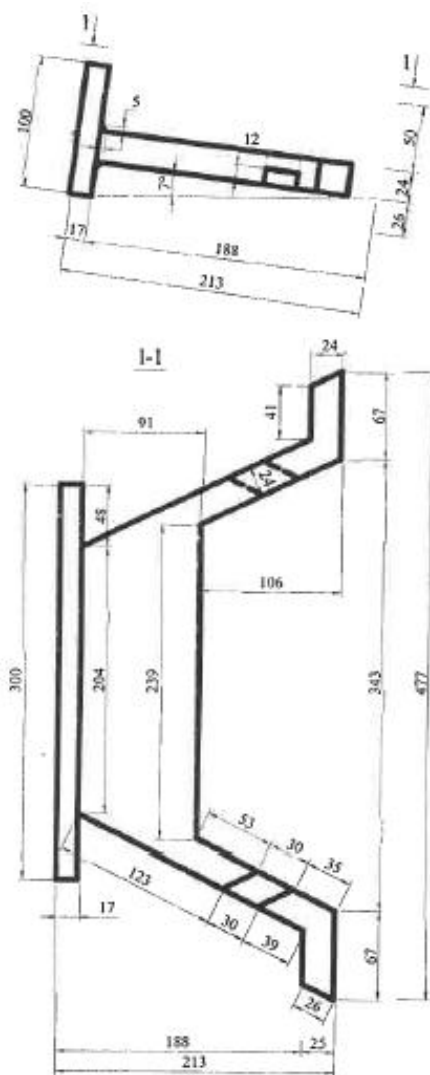
ბოჭკოვანი გაძლიერება პლასტიკური, როგორც ჩანს, ბეტონის სტრუქტურებში ფოლადის გაძლიერების ალტერნატივას ჰპირდება როგორცაა საზღვაო ნაგებობები, პარკინგის სტრუქტურები, ხიდების საცობები, გზატკეცილი ექსტრემალურ გარემოში, მეტროს გვირაბი, აეროპორტის მშენებლობა, წყალსადენი საინჟინრო და სტრუქტურები, რომლებიც მგრძნობიარეა კოროზიის და მაგნიტური სფეროებში. FHF-32- ის გადასაზიდმა სიმძლავრემ 120 კნ-ს მიაღწია.

3.3 ახალი ტიპის საყრდენი კედელი

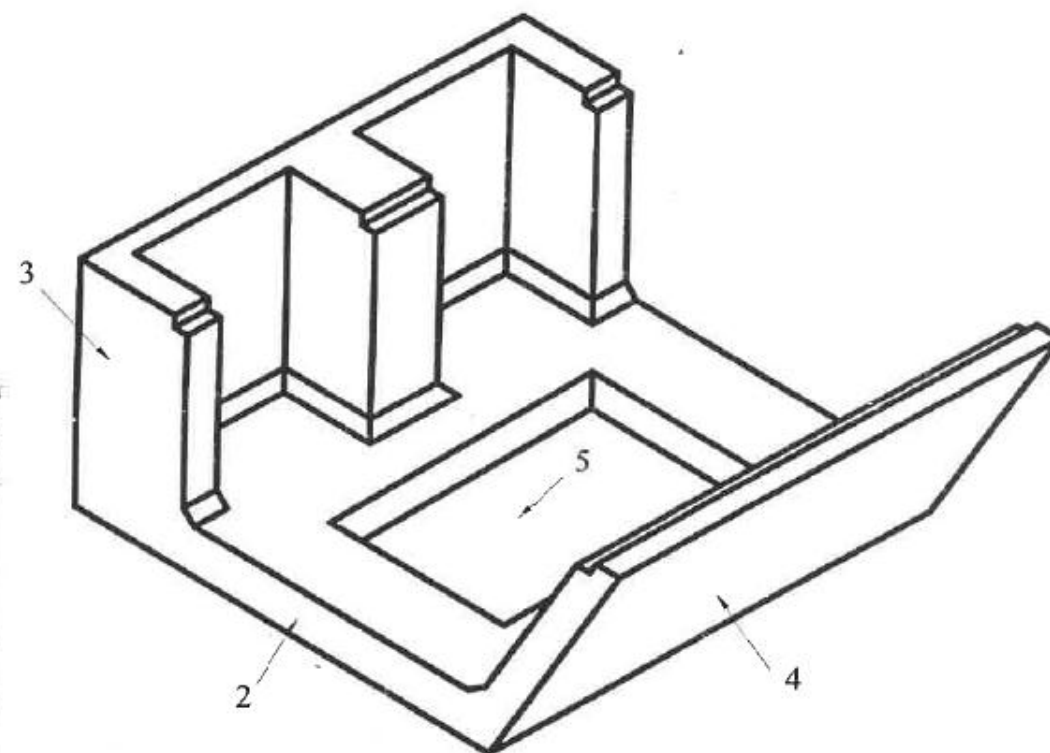
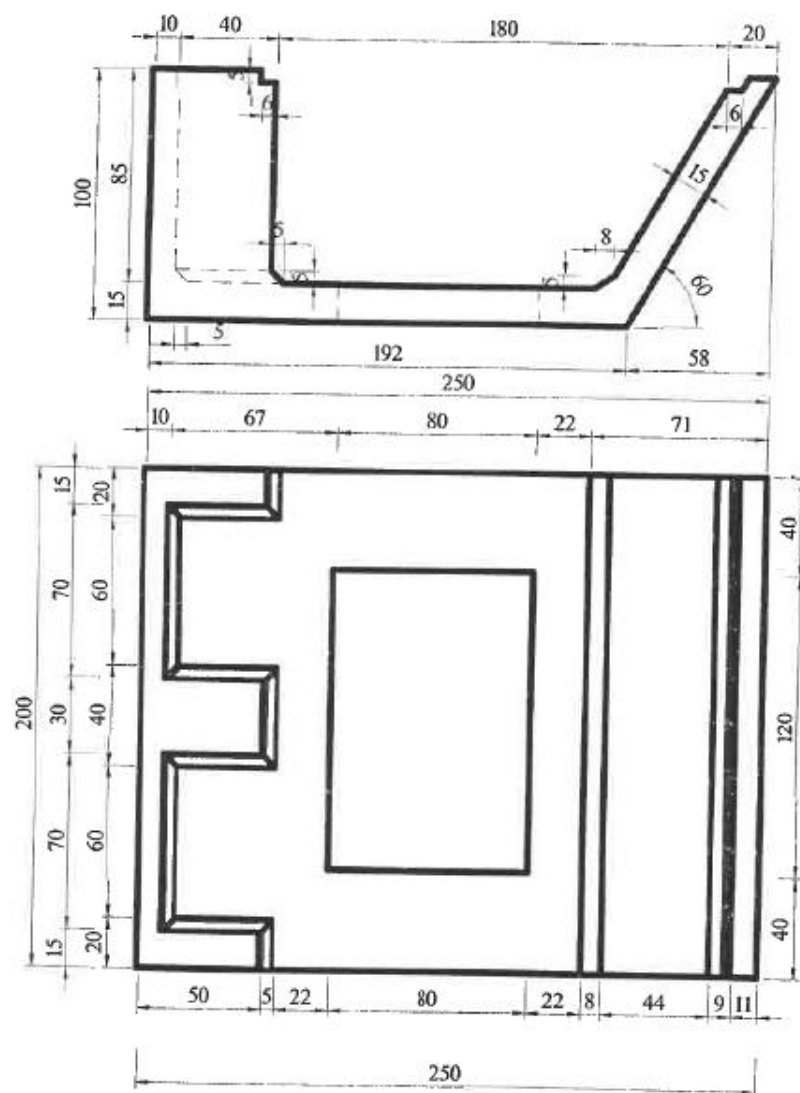
კედლის რაციონალური ფორმის დადგენა მნიშვნელოვანი საქმეა. ამ მიმართებით მრავალი ექსპერიმენტი და კვლევაა ჩატარებული. კედელს ისეთი ფორმა უნდა მიეცეთ, რომ მისი მოცულობა იყოს მინიმალური. თუ ყრილზე დროებითი ტვირთი არ მოქმედებს და კედლის უკანა მხარე

სწორხაზოვანია, მაშინ რადგან კულონის მიხედვით დაწოლის ინტენსიურობის ეპიურა სამკუთხედიანია, კედლის რაციონალურ ფორმად სამკუთხედი უნდა ჩაითვალოს. სამკუთხე კედლების განხორციელება დაკავშირებულია კონსტრუქციულ სიძნელეებთან და პრაქტიკაში არ აკეთებენ. კედლის რაციონალურობა შეიძლება შეფასდეს ე. წ. ეკონომიურობის კოეფიციენტით, რომელიც წარმოადგენს განსახილავი პროფილის ფართობის ფარდობას ერთეულად მიღებულ პროფილის ფართობთან. პრაქტიკულად, კედლის წინა მხარეს აძლევენ დაქანებას (10:1-20:1). საერთოდ, ეკონომიურია ის კედელი, რომლის ღერძიც წნევის მრავალკუთხედს ემთხვევა. მაგრამ ამ შემთხვევაში კედლის პროფილი რთული გამოდის და სამუშაოს წარმოება ძნელდება. უნდა ვეცადოთ კედელს ისეთი ფორმა მივცეთ, რომ მუშაობის წარმოება იყოს მარტივი და ამავე დროს წნევის წირი უახლოვდებოდეს კედლის გეომეტრიულ ღერძს. როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, უკანასკნელ ხანებში საკმარისად დიდი გამოყენება ჰპოვა რკინაბეტონის კედლებმა, რომლებიც უმთავრესად ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ფილებისაგან შედგება. ჰორიზონტალური ფილა წარმოადგენს კედლის საძირკველს. კედლის მდგრადობა აქ უზრუნველყოფილია ჰორიზონტალურ ფილაზე მოთავსებულ მიწის სვეტის წონით.

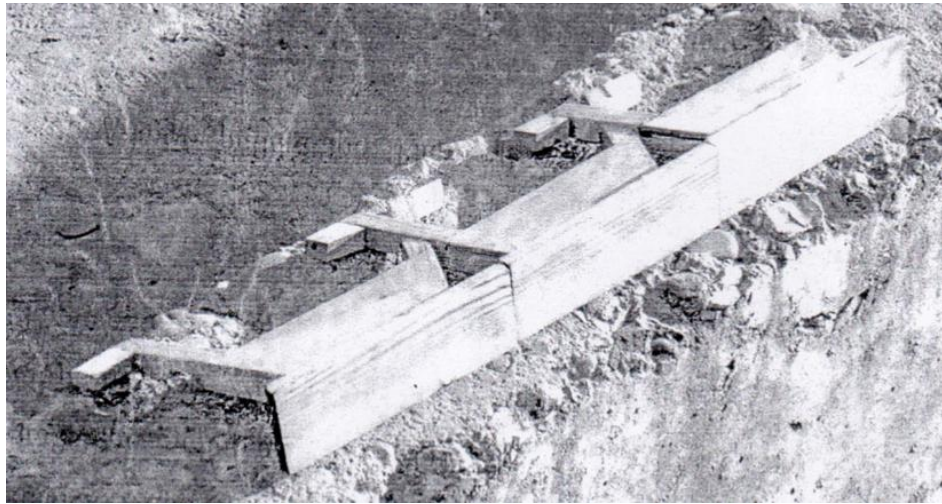
ზემოთ განხილული მოსაზრებებიდან გამომდინარე, პროფ. ზ. ორაგველიძეს მიერ დამუშავებული იქნა ახალი ტიპის რკინაბეტონის თხელკედლიანი ასაწყობი საყრდენი კედლები (ნახ. 3.13, 3.14, 3.15), სადაც გრუნტის აქტიური მოქმედების ფაქტორი მაქსიმალურადაა გამოყენებული. ასეთი ტიპის კედლების გამოყენება შესაძლებელია როგორც ზედა, ისე ქვედამხრის საყრდენ კედლებად. კუთხოვანი პროფილის ზედამხრის ასაწყობი რკინაბეტონის საყრდენი კედელი (ნახ. 3.13) შედგება ბლოკებისაგან: 1- რომელიც შეიცავს ფილას 2 და კონტრფორსებს. 3- რომლებსაც ურთიერთ საწინააღმდეგო მიმართულებით აქვთ გამონაშვებები.



ნახ 3.13 კუთხოვანი პროფილის ზედა მხრის ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი



ნახ. 3.14 თხელკედლიანი ასაწყოები საყრდენი კედლის ბლოკი



ნახ. 3.15 ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკის მოდელის ფოტო

4- კონტრფორსებზე ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით შესრულებულია ამონაჭრები. 5,6- კონტრფორსები შეერთებულია რკინაბეტონის ფილით. 7- რომელიც შეთავსებულია კედლის ფასადის ფილასთან (90)[°]-იანი კუთხით.

კონტრფორსებზე შესრულებული ამონაჭრებით ხდება მომიჯნავე ბლოკების ერთმანეთთან გადაბმა და ამით იქმნება ჯაჭვი, რომლებიც უზრუნველყოფს კედლის მდგრადობას დაცურებაზე, ხოლო კონტრფორსების შემაერთებელი ფილის (თაროს) შეთავსება ფასადის ფილასთან ხელს უშლის კედლის ამოყრევას თაროზე დაყრილი გრუნტის მასივის ხარჯზე. ასეთი კედლის ბლოკის რკინაბეტონის მოცულობა აღწევს 1 მ³-მდე.

საყრდენი კედლის მონტაჟი წარმოებს შემდეგი თანამიმდევრობით:

კედელში ბლოკები ეწყობა თანმიმდევრულად, სადაც ბლოკის ერთი კონტრფორსის ამონაჭერში 5 ჯდება მეორე ბლოკის კონტრფორსის ამონაჭერში 6 და ა.შ. როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, იქმნება მთლიანი ჯაჭვი. ამავე დროს გამონაშვებების ხარჯზე ასევე იქმნება ფილები, რაც ხელს უწყობს ნაგებობის მზიდუნარიანობის გაზრდას. ამის შემდეგ ვახდენთ გრუნტის უკუჩაყრას და ვაწყობთ კედლის მეორე რიგს. ასეთი კედლების განლაგება სასურველია საფეხუროვანი განლაგებით (ნახ. 3.16 ა, ბ), რაც

კიდევ უფრო ეფექტურს ხდის მის მუშაობას, როგორც მეწყერსაწინააღმდეგო ნაგებობისა.

ასაწყობი კონტრფორსული კედლის ძვრის წინააღმდეგ დიდად ზრდის, კედლის წინა მხრის დახრა გრუნტის აქტიური მოქმედების მიმართულებით. ამ დროს კედელზე მოქმედი ჰორიზონტალური დაწნევის სიდიდე გაცილებით უფრო ნაკლებია, ვიდრე ვერტიკალური ფილის შემთხვევაში. წინააღმდეგობის გაზრდას ასევე ხელს უწყობს კედლის ფუძის საყრდენი ფილის დახრაც (ნახ. 3.17) ამ შემთხვევისათვის.

მძვრელი ძალის სიდიდე იქნება:

$$T_{\text{მძვრელი}} = E \cdot \cos \alpha - \sum N \cdot \sin \alpha, \quad (3.1)$$

სადაც α არის კუთხე, რომელიც მოქცეულია კედლის ფუძის სიბრტყესა და ჰორიზონტალურ ზედაპირს შორის; $\sum N$ -ვერტიკალური ძალების ჯამი, რომელიც მოქმედებს კედლის ფუძის ფილაზე. საყრდენი კედლის წინააღმდეგობა ძვრაზე იმავე სქემიდან (ნახ. 3.17) იქნება:

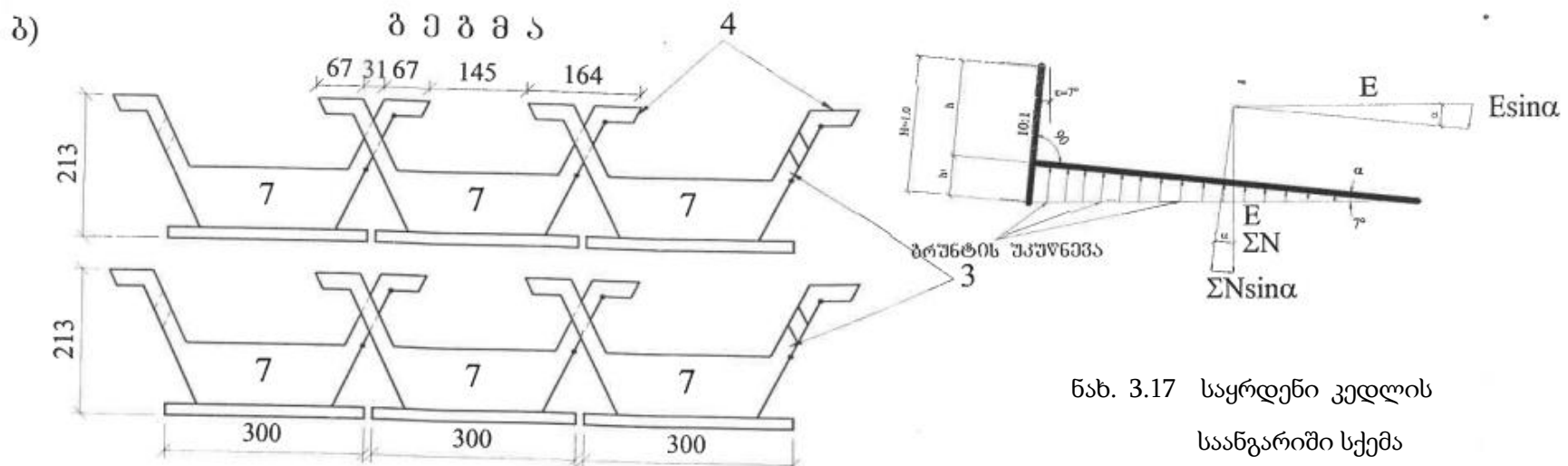
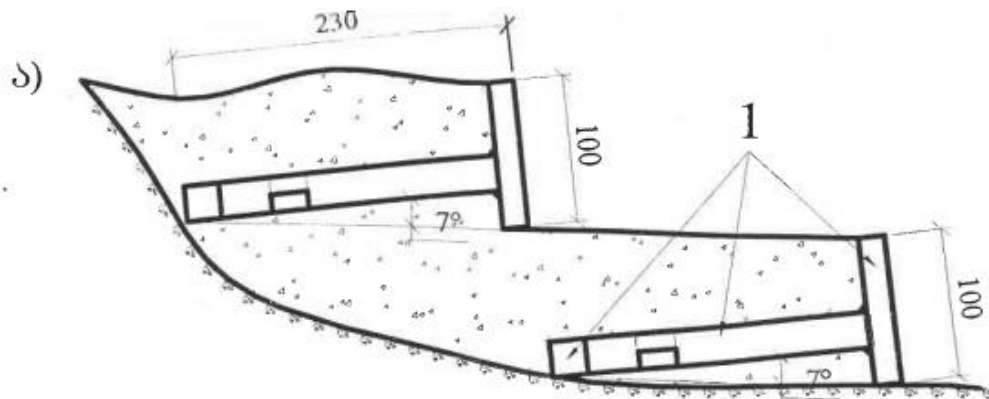
$$T_{\text{დამჭერი}} = [EN \cdot \cos \alpha + E \cdot \sin \alpha] \cdot f, \quad (3.2)$$

სადაც f ხახუნის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს კედლის-ფუძე გრუნტზე ხახუნის მნიშვნელობას.

(3-1) და (3-2) ფორმულების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ α კუთხის გავლენა. თუ დავუშვებთ, რომ $\alpha=0$, მაშინ (3-1)-დან მძვრელი ძალის მნიშვნელობა ტოლია გრუნტის აქტიური დაწნევის (მეწყერული დაწნევის) სიდიდისა, ესე იგი ($T_{\text{მძვრელი}} = E$) ხოლო (3-2)-დან დამჭერი ძალების მნიშვნელობა ტოლია ვერტიკალური ძალების ჯამის ნამრავლისა ხახუნის კოეფიციენტზე, რომელიც მოქმედებს კედლის ფუძეზე. მაშასადამე:

$$T_{\text{დამჭერი}} = \sum N f \quad (3.3)$$

ვერტიკალური ძალებში შედის: ფუძის ფილაზე მოთავსებული გრუნტის წონა და კედლის საკუთარი წონა. თუ გავზრდით α კუთხეს ($\alpha>0$), მაშინ იზრდება დამჭერი ძალების მნიშვნელობა და მცირდება მძვრელი ძალები.



ნახ. 3.17 საყრდენი კედლის
საანგარიში სქემა

ნახ. 3.16 კუთხოვანი პროფილის ზედამხრის ასაწყობი საყრდენი
კედლის საფეხურიანი განლაგება

ნაშრომში აღნიშნულია, რომ მეწყერშემაკავებელი კედელი, მისი მდგრადობის უპრუნველყოფის მიზნით, გაცილებით უფრო მასიურია, ვიდრე ჩვეულებრივი ნაყარი გრუნტის შემაკავებელი კედელი. რადგან მეწყერის დაწნევის სიდიდე გაცილებით მეტია, ვიდრე კედელზე მოსული გრუნტის ჩამონგრევის პრიზმის აქტიური დაწნევის სიდიდე ($E_{აფ.დ} > E_{ა.დ}$).

პროფ. ზ. ორაგველიძეს მიერ წარმოდგენილ კუთხოვანი პროფილის მქონე ასაწყობი კედლების შემთხვევაში (ნახ. 3.13), კედლის ფორმისა და მუშაობის პრინციპებიდან გამომდინარე. ძალზე ეფექტურადაა გადაწყვეტილი ასეთი ტიპის კედლების უპირატესობა, მასიურ, ძვირად ღირებულ კედლებთან.

კედლის ბლოკის 1 სამირკველის ფილას აქვს ღია უბანი 5, საიდანაც ახდენენ კედლის ბლოკების აწყობისას გრუნტის 6 ჩაყრას. კედლის ბლოკის მოცულობა არის 1.4 მ³.

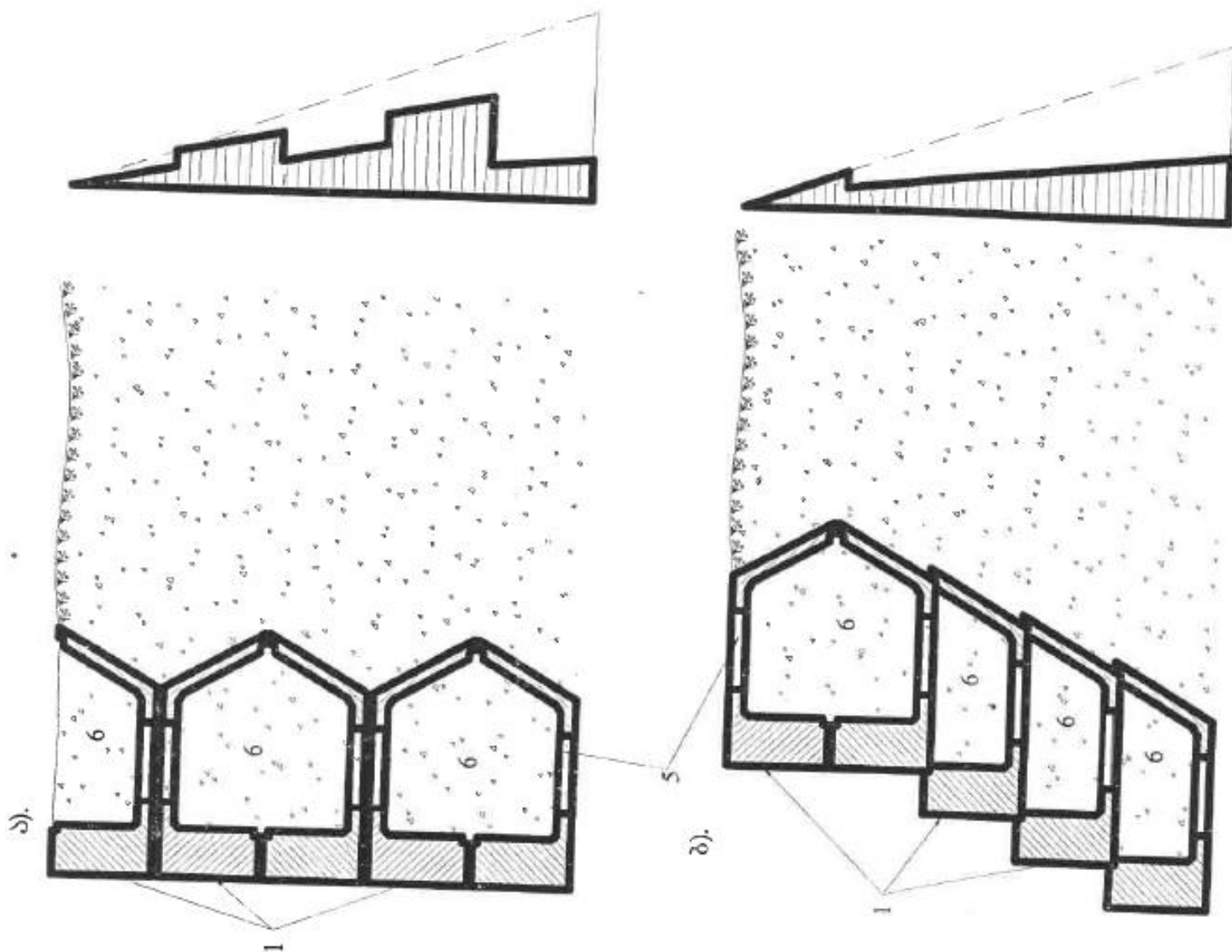
საყრდენი კედლის მონტაჟი წარმოებს შემდეგი თანმიმდევრობით: ახდენენ ფუძის მომზადებას და მასზე აწყობენ კედლის ბლოკებს 1, ამის შემდეგ მიმდინარეობს გრუნტის 6 უკუჩაყრა, რის შემდეგაც ხდება ზედა ბლოკის მონტაჟი, რომელიც ეყრდნობა ქვედა ბლოკის ტეხილი და ვერტიკალური უბნების პირაპირებით. გრუნტის 6 წონა და ბლოკის ფილის დახრილი უბანი 4, კედლის ბლოკთან 1 ერთად ხელს უშლის კედლის ძვრას და ხელს უწყობს ნაგებობის ექსპლოატაციაში ჩართვისას მის საიმედოობას. კედლის მონტაჟი მიმდინარეობს მანამ, სანამ საპროექტო ნიშნულამდე არ იქნება მიღწეული მისი სიმაღლე.

ბლოკების განლაგება საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ კედელზე გრუნტისაგან მოქმედი აქტიური წნევის ხარისხი, რაც კარგად ჩანს ნახ 3.18-ზე მოცემული დაწნევის ეპიურის ფორმებიდან. აქტიური წნევის ეპიურის ფორმას მთავარი მნიშვნელობა ენიჭება კედლის გაანგარიშებისას, რადგან წნევის მოდეების წერტილი ყველა შემთხვევაში აიღება წნევის ეპიურის სიმბიმის ცენტრში. რაც შეეხება თვით აქტიური წნევის ეპიურის ფორმას, იგი პრაქტიკულად მიღებულია სამკუთხედად. ამასთან დაკავშირებით

მრავალი განსხვავებული მოსაზრება არსებობს, რომელიც კარგად არის განხილული პროფ. ზ. ცაგარელის მონოგრაფიაში, სადაც ნათქვამია, რომ ზოგიერთი მკვლევარი (ლუბენოვი, შვეი) თვლის, რომ წნევის ეპიურის ფორმა ახლოა სამკუთხა ფორმასთან, სხვები (ზ. ცაგარელი, ოდე, კაგანი და მელეშკოვი) თვლიან, რომ დაწნევის ეპიურას აქვს მრუდწირული მოხაზულობა, ხოლო კანკანიაანი ამტკიცებს, რომ დაწნევის ეპიურა განსაზღვრულ სიმაღლემდე არის სწორკუთხა ფორმის, ხოლო ქვემოთ კუბური პარაბოლის.

ა. ბილეუშის მოსაზრებით დაწნევის ეპიურის ფორმა შესაძლებელია იყოს სწორკუთხა ან ტრაპეციის ფორმის. ამასთან დაკავშირებით, ცხადია, ეპიურის სიმძიმის ცენტრი რამდენიმედ გადაინაცვლებს ზემოთ. ამ საკითხებთან დაკავშირებით ავტორის მიერ მრავალი კვლევა იქნა ჩატარებული და დადგენილი იქნა, რომ აქტიური წნევის ეპიურის ფორმა უფრო ახლოა ტრაპეციის ფორმასთან. მიღებულ იქნა წნევის ეპიურის სიმძიმის ცენტრის საანგარიშო ფორმულა. წნევის ეპიურის ფორმის ასეთი შეცვლა, როგორც ჩანს, გამოწვეულია გრუნტის ხახუნის ძალებით, რომლებიც წარმოიშობა კედლის ზედაპირზე ამ უკანასკნელის გადაადგილების დროს წნევის მიმართულებით. [13,14]

აღნიშნული კედლის დახასიათებაზე დეტალურად შევჩერდით იმიტომ, რომ იგი, როგორც მეორე ვარიანტი შეიძლება გამოყენებული იქნას მუხათგვერდის მეწყრის გასამაგრებლად.



ნახ. 3.18 თხელკედლიანი ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკების განლაგების სქემები.

3.4 ხიმინჯები და მათი გამოყენება მშენებლობაში-განხილვა

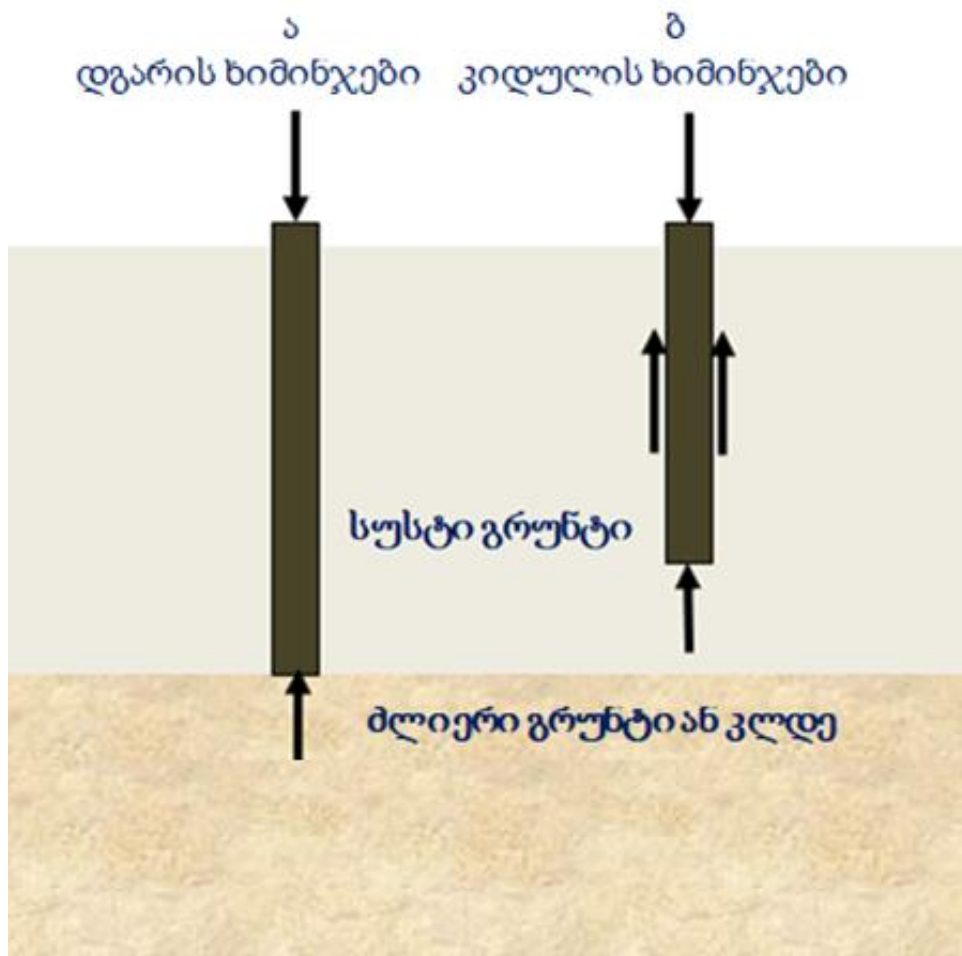
ხიმინჯები წარმოადგენს ხის, ბეტონის და ფოლადის მოთავსებულ კონსტრუქციულ ელემენტს, რომელიც დატვირთვებს შენობიდან გრუნტში გადასცემს. ზოგჯერ ხიმინჯები გამოიყენება გრუნტის გადაადგილების შესაჩერებლად, მაგალითად მეწყერის შემთხვევაში. შეიძლება საყრდენი კედლის გაკეთება ჰორიზონტალურის ხიმინჯების გამოყენებით და იგი იმუშავებს როგორც კონტრფორსული კედელი. ამრიგად კონტრფორსი იცვლება ხიმინჯით.

ხიმინჯოვანი სამირკვლების დაპროექტება იწყება მათი სახეობის შერჩევით, რომელიც დამოკიდებულია ნაგებობის დანიშნულებაზე, ადგილის გეოლოგიურ პირობებზე, საწარმოს ტექნიკურ შესაძლებლობაზე, როდესაც: სუსტი გრუნტია; მიწისკვიშა წყლის დონე აწეულია; დატვირთვები შენობიდან დიდია და არარეგულარული; როდესაც გრუნტი ხასიათდება მაღალი კუმშვადობის კოეფიციენტით, როდესაც შესაძლებელია ეროზიის არსებობა; როდესაც შენობის მახლობლად არსებობს არხი ან ღრმა სადრენაჟე სისტემა;

ხიმინჯოვანი სამირკველის კლასიფიკაცია

ხიმინჯების კლასიფიკაცია - მუშაობის ხასიათის ხიმინჯი შეიძლება იყოს დგარი ან კიდული; არმირების მისედევით - ჩვეულებრივი ან წინასწარ დაძაბული.

ხიმინჯების კლასიფიკაცია შესაბამისად მუშაობის ხასიათის მიხედვით - დგარი ან კიდული. მუშაობის ხასიათის მიხედვით ხიმინჯი შეუძლება იყოს დგარი ან კიდული. ხიმინჯი დგარია თუ იგი წვერით ეყრდნობა პრაქტიკულად კუმშვად ფენას (კლდე, თიხოვანი, გრუნტი მყარ მდგომარეობაში, მკვრივი ხრეში და სხვა). ამ შემთხვევაში ხახუნის ძალები



ნახ. 3.19. ხიმინჯების მუშაობის ხასიათის მიხედვით - დგარი ან კიდული

ხიმინჯის გვერდით პირეულზე მხედველობაში არ მიიღება (ნახ.3.19 ა). ხიმინჯი კიდულია, თუ იგი ეყრდნობა წვერით კუმშვად ფენას. ასეთი ხიმინჯი მასზე მოსულ დატვიტვას ეწინააღმდეგება. როგორც ხიმინჯის წვერზე აღძრული რეაქციის ძალით, ასევე მის გვერდით პირეულზე წარმოქმნილი ხახუნის ძალებითაც (ხახუნის ხიმინჯები, ნახ.(3.19 ბ)).

ფურცელის ხიმინჯი, ამ ტიპის ხიმინჯის უმეტესად გამოიყენება გვერდითი მხარდაჭერისთვის. ჩვეულებრივ, ისინი წინააღმდეგობას უწევენ გვერდითი წნევას ფხვიერი ნიადაგისგან, წყლის გადინებისგან და ა.შ., ჩვეულებრივ, ისინი იყენებენ დროებითი კაშხალის, თხრილის ფსკერებს, ნაპირს და ა.შ. და ისინი არ იყენებენ სტრუქტურის ვერტიკალურ მხარდაჭერას. ნახ. (3.20).



ნახ. 3.20 ფურცელის ხიმინჯები

მათ ჩვეულებრივ იყენებენ შემდეგი მიზნებისათვის

- A. საყრდენი კედლების მშენებლობა.
- B. მდინარის სანაპიროს დაცვა ეროზიისგან.
- C. ფხვიერი ნიადაგის შენარჩუნება საძირკვლის სანგრების გარშემო.
- D. საძირკვლის იზოლირება მიმდებარე ნიადაგებისგან.
- E. გრუნტის დალაგებისას და ამით გაზრდის ნიადაგის ტარების შესაძლებლობები.

ხიმინჯების კლასიფიკაცია წარმოებს: მასალის მიხედვით-ხის, ბეტონის, რკინაბეტონის, ფოლადისა და კომბინირებული; ხის ხიმინჯები მოთავსებულია წყლის დონის ქვეშ. ისინი შეიძლება იყოს მართკუთხა ან წრიული ფორმის, ხის ხიმინჯის უპირატესობები , ჩვეულებრივი ზომისაა ხის ხიმინჯები ხელმისაწვდომია; ეკონომიურად; მარტივი ინსტალაცია; ხის ხიმინჯები შეიძლება მოჭრილი იქნას ნებისმიერი სასურველი სიგრძის დაყენების შემდეგ; საჭიროების შემთხვევაში ხის ხიმინჯები ადვილად

გადაადგილება და ა.შ. ხის ხიმინჯები უარყოფითი მხარე- გრძელი სიგრძის ხიმინჯები ყოველთვის არ არის შესაძლებელი; ძნელია ხიმინჯის დაყენება თუ ნიადაგის შრეები ძალიან რთულია და ა.შ. ნახ. (3.21).

ნაბურღნატენი ხიმინჯი. ამ ტიპის ხიმინჯს აწყობენ გაბურღვით ჭაბურღილის კედლების გამაგრების გარეშე. გაბურღულ ჭაურში ჩაიდგმება არმატურის კარკასი და ხდება მისი დაბეტონება. იმ შემთხვევაში, თუ ჭაბურღილის კედლები ვერ ინარჩუნებს ვერტიკალურ მდგომარეობას, მაშინ გაბურღვას აწარმოებენ სპეციალურ თიხის ხსნარით და დაბეტონება ხდება წყალქვეშა დაბეტონების ხერხით.



ნახ. 3.21 ხის ხიმინჯები

დამზადებას მიხედვით - წინასწარ დამზადებულია ქარხნული წესით ან ადგილზე დამზადებული ნახ. (3.22). წინასწარ გაჭრილ ჭაბურღილებში. დამზადების მიხედვით ხიმინჯები მათი ძირითადი გამოყენება ხდება საზღვაო და მდინარის სტრუქტურებში, ანუ ისეთ სიტუაციებში, როდესაც სამუშაოთა ადგილზე ჩამოსხმული ბეტონის, გამოყენება არაპრაქტიკული ან არაეკონომიკურია. ადგილზე დამზადებული ხიმინჯების სიგრძე მარტივად შეიძლება იცვლებოდეს. ხიმინჯის სიგრძე მარტივად შეიძლება იცვლებოდეს.

ფოლადის ხიმინჯების უპირატესობები, მათი მარტივი ინსტალაციაა, მათ შეუძლიათ მიაღწიონ უფრო დიდ სიღრმეს ყველა სხვა ტიპის ხიმინჯისთან შედარებით, შეუძლია შეაღწიოს ნიადაგის რთულის ფენაში და ა.შ. ნახ. (3.23).



ნახ. 3.22 წინასწარ დამზადებული ქარხნული წესით



ნახ. 3.23 ფოლადის ხიმინჯები

ხიმინჯები განივი კვეთის მიხედვით- კვადრატული, მართკუთხა, წრიული, სამკუთხაა, ხოლო გრძივი კვეთის მიხედვით - ცილინდრული, პრიზმული, პირამიდული, კონუსური.[4,6,13,14,34]

თავი IV. მეწყრული ფერდობის მდგრადობის უზრუნველყოფა

ჰორიზონტალური ბეტონის ხიმინჯების გამოყენებით

4.1 მუხათგვერდის მეწყრული ფერდობის მდგრადობის

ანგარიში

ტერმინი "მეწყერი" გამოიყენება მრავალფეროვანი პროცესების აღსაწერად, რაც იწვევს ნიადაგისა და კლდოვანი ფენის გადაადგილებას როდესაც ნიადაგისა და კლდოვანი ფენის ძვრის დეფორმაცია აჭარბებს სიმტკიცის ზღვარს.

მეწყრული მასა (მოსალოდნელ მეწყრული) დაყოფილია ცალკეულ ნაკვეთურებად და განიხილავენ თითოეული ნაკვეთურის ზღვრული წონასწორობის პირობას. ადგენენ დამჭერი და მძვრელი ძალების სიდიდეს თითოეული ნაკვეთურისათვის და შემდეგ კი მთელი მასივისთვის. დამჭერი და მძვრელი ძალების ფარდობა მოგვცემს ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტს.

ჰორიზონტალური ძალების მეთოდი. ცნობილია როგორც მასლოვ-ბერერის მეთოდი [17].

მეთოდის გამოყენების პრინციპი მკაფიოდ იკითხება მისი საანგარიშო სქემიდან, რომელიც წარმოდგენილია ნახ. 4.1-ზე. ბუნებრივია რომ:

$$H = gtga \quad (4.1)$$

$$T = H - E = g[tg\alpha - tg(\alpha - \psi)] \quad (4.2)$$

(4.1) და (4.2) გამოსახულებანი საშუალებას იძლევა, დადგენილი იქნეს ნახ. 4.1-ზე გამოყოფილი ნაკვეთურების მდგრადობის ხარისხი, ე.ი. დადგენილი იქნეს ფერდობის ნაკვეთურების მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტი (K):

$$K = \frac{\sum T_i}{\sum (\pm H_i)} \quad (4.3)$$

ზემოაღნიშნულ ფორმულებში:

ΣT - არის ხახუნისა და შეჭიდულობის ძალების მნიშვნელობა ყოველი ბლოკისათვის (ყოველი ნაკვეთურისათვის) გადაადგილების (სრიალის) ზედაპირზე.

H- არის განბრჯენი, რომელიც გამოითვლება ყოველი ბლოკისათვის.

E - არის განბრჯენის მდგენელი.

K- მდგრადობის კოეფიციენტია.

g - ბლოკის წონაა ტონებში.

α - ფერდობის ნაკვეთურის ძირის (ფუძის) დახრა ჰორიზონტთან.

Ψ - ხახუნის კუთხე, $\Psi_p = \arctan F_p$.

რაც შეეხება დამჭერ ძალას იგი იანგარიშება ფორმულით :

$$F_p = \tan \varphi + \frac{C}{P} \quad (4.4)$$

სადაც:

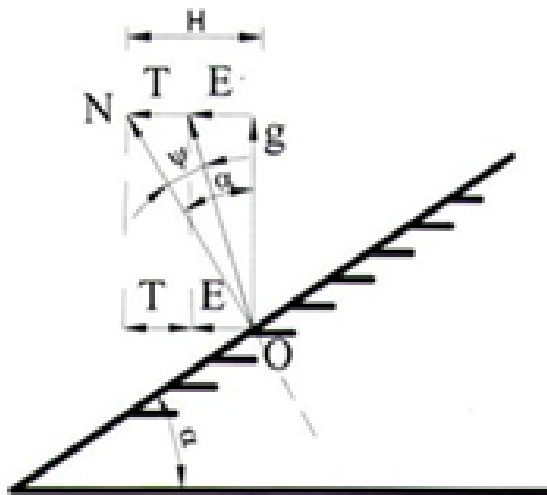
P - ბლოკზე მოქმედი ნორმალური ძალაა - ტონა;

φ - გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხეა - გრადუსებში;

C - გრუნტის კუთრი შეჭიდულობაა;

I_i - ნაკვეთურის ძირის (ფუძის) სიგრძე;

N - სრიალის (ცოცვის) ზედაპირზე მოდებული ნორმალური მდგენელი;



ნახ. 4.1 ჰორიზონტალური ძალების მეთოდი (საანგარიშო სქემა)

იმ დამოკიდებულებიდან გამომდინარე, რომელიც ზემოთ არის გაანალიზებული, ვიღებთ ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტის (K) და მეწყრული დაწნევის სიდიდის ($E_{ფრ}$)

შემდეგ გამოსახულებებს:

$$K_{a.a_3} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg}(\alpha_i - \Psi_{\sigma_i})]}{\sum_{i=1}^{i=n} g_i \operatorname{tg} \alpha_i} \quad (4.5)$$

$$E_{\text{მწყ.}} = \sum_{i=1}^{i=n} [\operatorname{tg} \alpha_i (k_{a.a_3} - 1) - \operatorname{tg}(\alpha_i - \psi_{ai})] \quad (4.6)$$

მეწყერსაწინააღმდეგო ნაგებობები გაანგარიშებული იქნეს, მეწყერული დაწნევის მაქსიმალურ მნიშვნელობაზე (ნაგებობების საიმედოობიდან გამომდინარე), ამასთან ერთად გასათვალისწინებელია როგორც სეისმური, ასევე ფილტრაციული ძალები. ყოველივე ამის გათვალისწინებით ფორმულა (4.5) და (4.6) შეიძლება გადაწერილი იქნეს შემდეგი სახით:

$$K_{a.a_3} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg}(\alpha_i - \Psi_{\sigma_i})]}{\sum_{i=1}^{i=n} (g_i \operatorname{tg} \alpha_i + j_i \cos \beta_{\sigma_i} + S_{s,i})} \quad (4.7)$$

$$E_{\text{მწყ.}} = \sum_{i=1}^{i=n} [g_i \operatorname{tg} \alpha_i (k_{a.a_3} - 1) + k_{a.a_3} j_i \cos \beta_{\sigma_i} + k_{a.a_3} S_{s,i} + g_i \operatorname{tg}(\alpha_i - \psi_{ai})] \quad (4.8)$$

სადაც:

$j_c = \alpha_i h_i \gamma_w \sin \beta_{\sigma_i}$; ფილტრაციული ძალა (ჰიდროდინამიკური დაწნევა)

განსახილველ ნაკვეთურში;

α_i - ნაკვეთურის სიგრძე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში;

h_i - ნაკვეთურის წყალ შემცველი ნაწილის საშუალო სიმაღლე;

$\alpha_i h_i = \omega$ - ნაკვეთურის კვეთში ნაკადის ფართობი (ნახაზის სიბრტყეში);

γ_w - წყლის მოცულობითი (კუთრი) წონა;

β_{σ_i} - დეპრესიის მრუდის დახრა (თანაბარ მოქმედი ჰიდრავლიკური წნევის კუთხის დახრა ჰორიზონტთან);

$\sin \beta_{\sigma_i}$ - ჰიდრავლიკური გრადიენტი;

i - ინდექსი გვიჩვენებს განსახილველ ნაკვეთურის ნომერს.

მეწყერული დაწნევის გაანგარიშებისას, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სეისმურობის გათვალისწინებას. ჩვენ მიერ

გამოყენებულია სეისმომედეგობის დინამიკური თეორია. ამ თეორიის მიხედვით, სეისმური ინერციული ძალა (გაანგარიშებისას სეისმური ძალის ისეთ მიმართულებას იღებენ, რომელიც უარეს პირობებში აყენებს ნაგებობის მუშაობას) გამოითვლება შემდეგი ფორმულით

$$S_{\text{ui}} = g_i K_b \beta_i^0 \eta_i \quad (4.9)$$

სადაც K_b – არის სეისმურობის კოეფიციენტი (სეისმურობის კოეფიციენტი ტოლია ფუძე-გრუნტის მაქსიმალური სეისმური აჩქარების ფარდობის სიმძიმის ძალის აჩქარებასთან)

$$K_b = \frac{W_b}{g} \quad (4.10)$$

რომლის მნიშვნელობას ვიღებთ ცხრილი 4.1.

სეისმურობის კოეფიციენტი ცხრილი 4.1

საანგარიშო სეისმურობა ბალებში	6	7	8	9	10
სეისმურობის კოეფიციენტის მნიშვნელობანი	0.01	0.025	0.05	0.10	0.25

β_i^0 – დინამიკურობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ნაგებობის საკუთარი რხევების პერიოდზე და აიღება 0.80-დან 3.00-მდე (მინიმალური მნიშვნელობა შეესაბამება მოქნილ ნაგებობებს, ხოლო მაქსიმალური – ხისტს); σ_i რხევების ფორმის კოეფიციენტი, რომლის მაქსიმალური მნიშვნელობა არ აღემატება 1.50-ს. ეს კოეფიციენტი ადგენს სეისმური დატვირთვის განაწილების კანონზომიერებას.

მასლოვ-ბერერის მეთოდის სიმარტივე, მოქნილობა მდგომარეობს იმაში რომ მეთოდი საშუალებას იძლევა, სწრაფად გამოვთვალოთ ჰორიზონტალური ძალები (მეწყრული დაწნევა), რომელიც მოდის მეწყერ საწინააღმდეგეო ნაგებობებზე. მეთოდის გამოყენების ეფექტიანობას ამცირებს ის რომ მეთოდი არ ითვალისწინებს ფერდობის მეზობელ ნაკვეთურებს შორის ურთიერთკავშირს. [12,17-24]

ჰორიზონტალური ხიმინჯის მუშაობის სპეციფიკა მდგომარეობს იმაში, რომ იგი ჩვეულებრივი ხიმინჯისგან განსხვავებით მუშაობს ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. ხიმინჯის დიამეტრი: ვიღებთ

ინერციულ ხიმინჯს, რომლის დიამეტრიც არის 30სმ. ხიმინჯის სიგრძეს ვიღებთ დაცურების სიბრტყის მრუდის მიხედვით, რომელიც მოცემულია მეწყრული ფერდობის საანგარიშო პროფილიდან.

ხიმინჯის სიგრძეს ვიღებთ ისე, რომ მან გადაკვეთოს დაცურების ზედაპირის კონტური და ერთი მეტრით კიდევ შევიდეს ფერდობში, ხიმინჯის სიგრძე შეადგენს 5მ. ამრიგად, მივიღეთ ხიმინჯი, რომლის დიამეტრი არის 360მმ და სიგრძე შეადგენს 6 მეტრს.

ხიმინჯებს შორის მანძილის ანგარიში, აღსანიშნავია რომ ხიმინჯის წინაღობის ანგარიშისას დიდი მნიშვნელობა აქვს ხიმინჯის ფორმას. საერთოდ მიღებულია, რომ განისაზღვროს პრიზმატულ ხიმინჯებზე და წრიული ცილინდრული ფორმის ხიმინჯისთვის მიიღება.

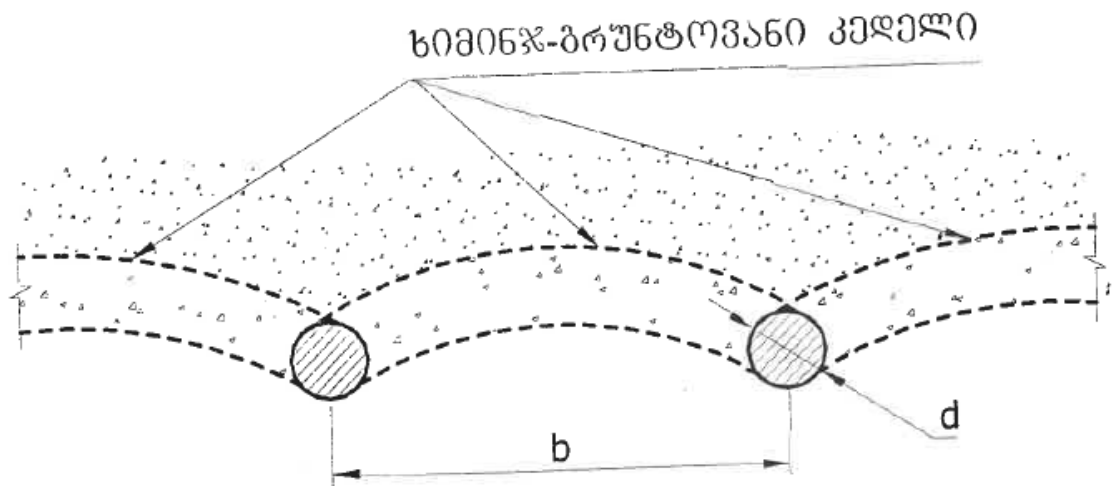
$$W_{წ.ფ} = 0.8 W_{პრიზმ} \quad (4.10)$$

ხიმინჯებმა, რომ შექმნან წინაღობა უნდა შეიქმნას ხიმინჯოვანი ღობე, როგორც კონტრფორსი, საჭიროა დადგინდეს ხიმინჯებს შორის მანძილი.

იგი საშუალებას მოგვცემს დაზუსტდეს ხიმინჯებს შორის მანძილი, რომ შევქმათ ხიმინჯოვანი ველი. ეს მანძილი უნდა შეირჩეს იმ თვალსაზრისით, რომ მათ შორის არსებული გრუნტი ქმნიდეს მთლიან ერთიან ტანს. ხიმინჯი გრუნტთან ერთად უნდა მუშაობდეს ერთდროულად. ე.ი შეიქმნება ხიმინჯოვანი კედელი. ამას საფუძვლად უდევს ჰიპოთეზა თაღური ეფექტის შესახებ.

ხიმინჯებს შორის მანძილების შერჩევაზე ჩვენ უკვე ვისაუბრეთ და მის საანგარიშოდ გამოყენებულია პროფესორ ზ. ორაგველიძის ფორმულა რის მიხედვითაც ხიმინჯებს შორის შეადგენს 2 მეტრს.

ამას საფუძვლად უდევს ჰიპოთეზა თაღური ეფექტის შესახებ ნახ (4.2), თაღური ეფექტის ჰიპოთეზაზე დაყრდნობით ლ. გინზბურგის მიერ დადგენილი იქნა ხიმინჯებს შორის კრიტიკული მანძილის საანგარიშო ფორმულა.



ნახ. 4.2 ხიმინჯ - გრუნტოვანი კედელი

$$b = \frac{6\zeta^2 \cdot c_{\text{საშ}} \cdot h_{\text{საშ}} \cdot \cos\alpha - E_{\text{ტენ.დ}} (2\zeta - \operatorname{tg}\varphi_{\text{საშ}})}{0.2 E_{\text{ტენ.დ}} \zeta^2 \cdot \cos\alpha} \quad (4.11)$$

სადაც $\varphi_{\text{საშ}}, h_{\text{საშ}}, c_{\text{საშ}}$ α - მეწყრის მახასიათებლებია, შესაბამისად (გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე, მეწყერის სისქე-გაანგარიშებისას, შეჭიდულობა მათი საშუალო მნიშვნელობა აღებული, მეწყერის მასივის სრიალის ზედაპირის ჰორიზონტთან დახრის კუთხე). გრუნტის მახასიათებლების (განსაკუთრებით φ , C) საშუალო მნიშვნელობებით აღება, როგორც უკვე ავლიშნეთ, ხელოვნურად ამცირებს მეწყრული დაწნევის სიდიდეს, რაც ნაგებობის გაანგარიშებისას დაუშვებელია. $E_{\text{ტენ.დ}}$ - მეწყრული დაწნევა: ζ - მეწყრული დაწნევის კოეფიციენტი.

(4.11) ფორმულის ანალიზისას უნდა აღინიშნოს, რომ ხიმინჯებს შორის კრიტიკული მანძილის გაანგარიშებისას გათვალისწინებული არ არის ხიმინჯის დიამეტრი (მოცემულ შემთხვევაში ნაბურღნატენი ხიმინჯების). მეწყერსაწინალო ხიმინჯოვანი ნაგებობის გაანგარიშებისას ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს საკითხს, სწორედ ხიმინჯის დიამეტრის გათვალისწინება წარმოადგენს. ხიმინჯის დიამეტრის გაზრდით, იზრდება ხიმინჯის წინალობა (ზიდვის უნარი), ხიმინჯებს შორის მანძილი და მცირდება ხიმინჯების რიცხვი მჭკრივში. გაითვალისწინა რა ლ.

გინზბურგის გადაწყვეტის ნაკლი, ო. სემენკოვმა, (4.11) ფორმულის საფუძველზე მოგვცა ხიმინჯებს შორის კრიტიკული მანძილი. (ზ. ორაგველიძის შეხედულებით კრიტიკული შეიძლება ჩაითვალოს ის მანძილი ხიმინჯებს შორის, რომლის მცირედი გაზრდაც კი გამოიწვევს, ხიმინჯებს შორის გრუნტის გაძრომას, რაც (4.11) და (4.12) ფორმულებით გამოირიცხებია) გასაანგარიშებელი ფორმულა

$$b = \frac{c_{\text{ლპ}} + \sqrt{c_{\text{ლპ}}^2 + 4BRd_s E_{\text{მეწ.დ}}}}{2B} \quad (4.12)$$

სადაც

$$B = 0.1 E_{\text{მეწ.დ}} \cdot \theta \cdot \cos \alpha \quad (4.13)$$

$$c = 2 \left[\frac{E_{\text{მეწ.დ}}}{8\zeta} \operatorname{tg} \varphi_{\text{ლპ}} + 0.75 c_{\text{ლპ}} h_{\text{ლპ}} \zeta \cos \alpha \right] - E_{\text{მეწ.დ}} - BRd_s \quad (4.14)$$

R არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს გრუნტის თაღზე მოსული მეწყრული დაწნევის შემცირებას; d_s - ხიმინჯის დიამეტრი.

ო. სემენკოვმა ხიმინჯის დიამეტრის გასათვალისწინებლად ფორმულაში შემოიყვანა თავისუფალი სივრცის შევსების კოეფიციენტი

$$\gamma = \frac{b - Rds}{b}, \quad (4.15)$$

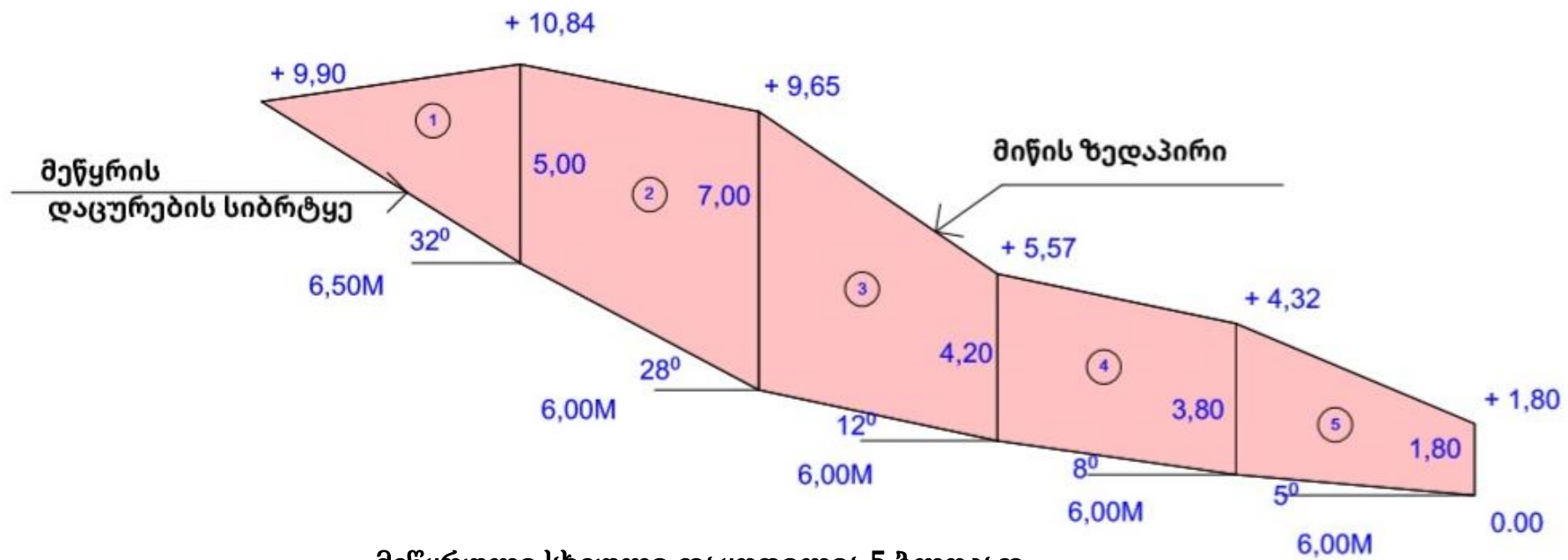
რამაც საგრძნობლად გაზარდა ხიმინჯებს შორის მანძილი. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ თავისუფალი სივრცის შევსების კოეფიციენტის მნიშვნელობას ლ. გინზბურგიც ითვალისწინებს. პრაქტიკული გამოცდილებიდან გამომდინარე ამ კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობას იგი იღებს 0.5-ს და თვლის, რომ მეწყრული დაწნევის ნახევარი მოდის მეწყერსაწინალო ნაგებობაზე და ნახევარი გრუნტის (ხიმინჯებს შორის მოქცეული) მზიდ ტანზე.

(4.11) და (4.12) ფორმულების ანალიზისას შეიძლება დავასკვნათ, რომ ორთავე ფორმულას საფუძვლად უდევს ჰიპოთეზა გრუნტის დაღური ეფექტის შესახებ. აქედან გამომდინარე. ბუნებრივია, რომ ხიმინჯებს შორის

მანძილის განსაზღვრა მათი გამოყენებით ძალზე არაეკონომიური იქნება.[13,14]

მეწყრული მასა დაყოფილია ცალკეულ ხუთ ნაკვეთურად, და განვიხილოთ თითოეული ნაკვეთურის ზღვრული წონასწორობის პირობა. როგორ ჩანს ნახ. (4.3). [17]

მეწყრული ფერდობის ანგარიში ცხრ. (4-2)–ში. როგორც ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი $(K) = 0.77 < 1.0$ (1-ზე ნაკლებია) არ არის უსაფრთხო (არამდგრადია). ჩვენ გამოვიყენეთ ექვსი სხვადასხვა მოდელი ჰორიზონტალური (კონტრფორსულის) ხიმინჯების საყრდენი კედლის, მათგან ზოგი ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი და ზოგიც საყრდენი კედლის ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით.[32-35]



მეწყრული სხეული დაყოფილია 5 ბლოკად

ნახ. 4.3 მეწყრული სხეულის საანგარიშო სქემა

მუხათგვერდის მეწყრის საანგარიში ცხრილი.

(სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$

ბლოკის No.	ბლოკის ზომები მ	ბლოკის მოცულობა მ^3	ბლოკის წონა $\text{ტ} = p$	ბლოკის დახრა α	$\tan \alpha$	$H = p \tan \alpha$	C/P	$Fp = \tan \varphi + C/P$	$\Psi p = \arctan Fp$	$\alpha - \Psi p$	$\tan (\alpha - \Psi p)$	$E = g \tan (\alpha - \Psi p)$
1	$(6.5 \times 5)/2$	16.25	29.25	32	0.62	18.14	0.06	0.17	9.65	22.35	0.410	11.99
2	$((5+7)/2) \times 6$	36.00	64.80	28	0.53	34.34	0.08	0.19	11.76	16.24	0.290	18.79
3	$((7+4.2)/2) \times 6$	33.60	60.48	12	0.21	12.70	0.11	0.22	12,41	-0.41	-0.007	-0.42
4	$((4.2+3.8)/2) \times 6$	24.00	43.20	8	0.14	6.05	0.17	0.28	15,64	-7.64	-0.130	-5.62
5	$((3.8+1.8)/2) \times 6$	16.80	30.24	5	0.09	2.72	0.23	0.34	18,78	-13.78	-0.250	-7.56
						73.95						17.18
$K = (H-E)/H = (73.95-(17.18))/73.95 = 0.77 < 1.0$ არ არის უსაფრთხო												

4.2 მუხათგვერდის მეწყრული ფერდობის ანგარიში

კონტრფორსული ხიმინჯების გამოყენებით

როგორც ანგარიშმა აჩვენა მეწყრული ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი 1-ზე ნაკლებია (არ არის უსაფრთხო), ნახ. (4.3) და ცხრილი (4.2) [17]. ჩვენ გამოვიყენეთ ექვსი სხვადასხვა მოდელები. როგორც ქვემოთ მოცემულია:

ჩვენ გამოვიყენეთ (გრუნტის სიმკვრივე, $\gamma = 1.8$ ტ/მ³; შიგა ხახუნის კუთხე, $\varphi = 6^\circ$; და კუთრი შეჭიდულობა, $C = 0.10$ კგ/სმ²).

პირველი მოდელი:

პირველ მოდელში გამოვიყენეთ ქვედამხრის ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი. მისი გამაგრების მიზნით, მეწყერის სხეულის ქვედში ერთი ხაზი გამოვიყენეთ იმ განზომილების მიხედვით, რომელიც ნაჩვენებია ნახაზში ნახ. (4.4), ნახ. (4.5) და ნახ. (4.6).

ჩვენ გამოვთვალეთ მისი მდგრადობისთვის ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკის, როგორც დაცურებისათვის საწინააღმდეგო წონის ძალით და გადატრიალების მომენტში, ჩვენ დავადგინეთ, რომ დაცურების მდგრადობის კოეფიციენტი შეადგენს 5.76 და ეს არის უსაფრთხო, ხოლო გადატრიალების მომენტში ფაქტორი 5.13 ასევე უსაფრთხოა. ჩვენ ვიანგარიშებთ ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტს (K) ცხრილში (4.2) და ცხრილში (4.3), ვხედავთ, რომ გაიზარდა ნომერი 0.77-დან 0.94-მდე, ეს ნაკლებია (1.0), ეს ნიშნავს, რომ ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი (K) არ არის უსაფრთხო.

საყრდენი კედლის გაანგარიშება დეტალურად :

ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკის მოდელი , (სიმკვრივე) $\gamma = 1.8$ ტ/მ³, $\varphi = 6^\circ$, $C = 0.1$ კგ/სმ², $\delta = 0.75$ φ (δ - ხახუნის კუთხე ხიმინჯებსა და გრუნტს შორის).

$$K_a = \frac{\sqrt{1 - \sin \varphi}}{\sqrt{1 + \sin \varphi}} = 0.81$$

$$\sigma_{ha} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \gamma h - 2C \sqrt{\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}}$$

მიწის აქტიური დაწოლა კედელზე

$$\sigma_{ha} = (0.81 \times 1.8 \times 1.8 - 1.8) \times 0.9$$

$$\sigma_{ha} = 0.74 \text{ ტ/მ}^2$$

$$3 \text{ მ სიგრძე კედელითვის } \sigma_{ha} = 2.22 \text{ ტ/3მ}$$

$$K_p = \sqrt{\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}} = 1.23$$

$$\sigma_{hp1} = 1.22 \text{ ტ/ბლოკი} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$\sigma_{hp2} = 1.83 \text{ ტ/ბლოკი} \quad (\text{ხიმინჯების საკუთარი წონა})$$

$$\sigma_{hp3} = (K \sigma_v \tan \delta + C) A_c \quad (\text{ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი})$$

$$K = 0.81$$

$$\sigma_{hp3} = [(0.81 \times 1.4 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 8.4 = 9.75 \text{ ტ/ბლოკი}$$

$$F.S. = \frac{1.22 + 1.83 + 9.75}{2.22} = 5.76 \text{ ის არის უსაფრთხო } F.S. = 1.25 - 2.00$$

გაანგარიშება საყრდენი კედელი გადატრიალების მდგრადობა:

$$M_o = \sigma_{ha} \times \text{მკლავი}$$

$$M_o = 0.6 \times 0.74 = 0.44 \text{ ტ.მ}$$

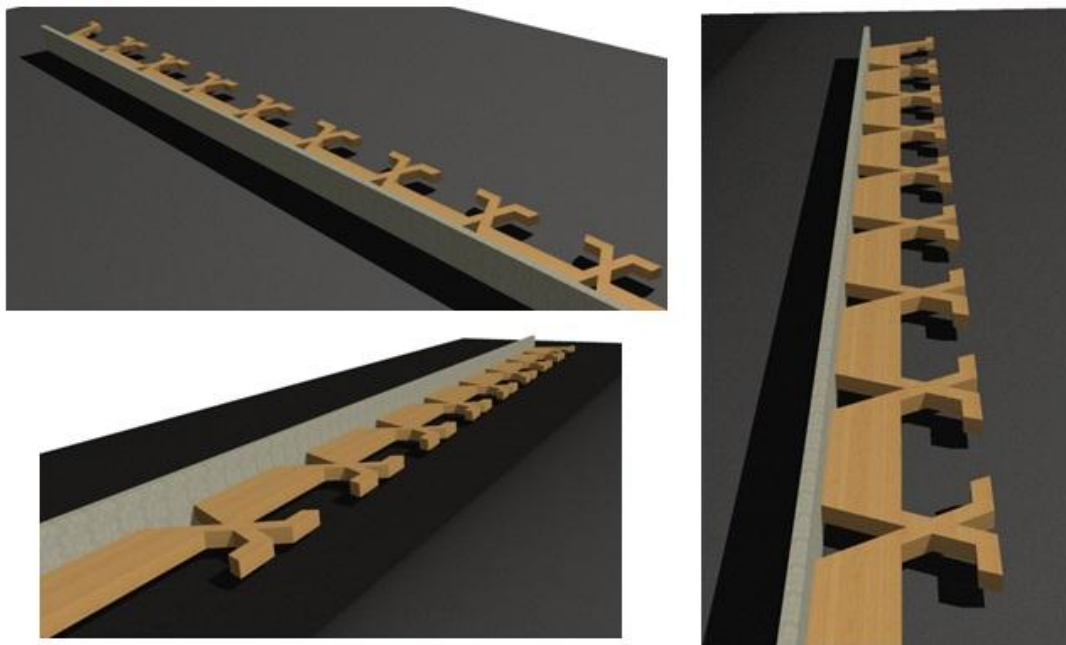
$$M_{p1} = (K \sigma_v \tan \delta + C) A_c \times \text{მკლავი} \quad (\text{ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი})$$

$$M_{p1} = [(0.81 \times 1.4 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 8.4 \times 0.60 = 5.85 \text{ ტ.მ}$$

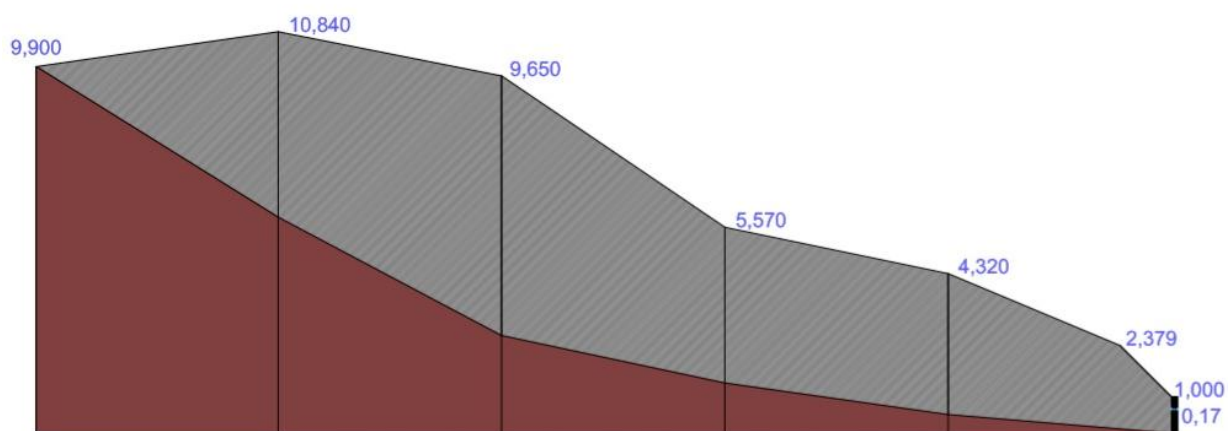
$$M_{p2} = 1.82 \times 0.6 = 1.09 \text{ ტ.მ} \quad (\text{ხიმინჯების საკუთარი წონა})$$

$$M_{p3} = 1.22 \times 0.09 = 0.11 \text{ ტ.მ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

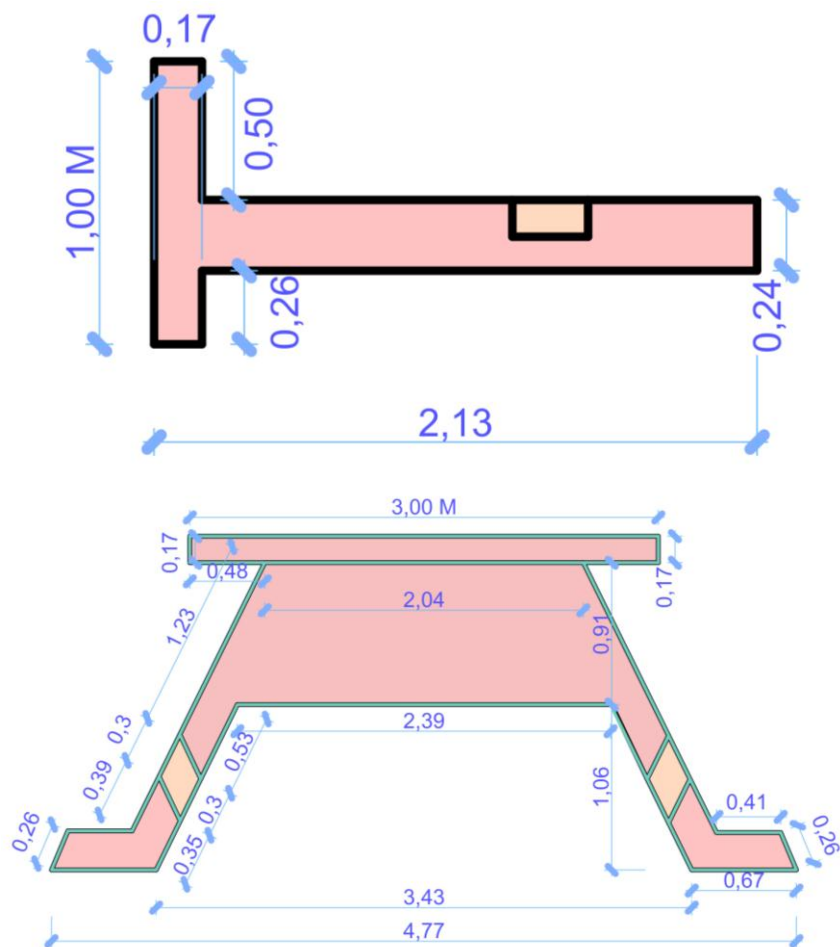
$$F.S. = \frac{5.85 + 1.09 + 0.11}{1.32} = 5.13 \geq 1.50 \text{ ის არის უსაფრთხო. [5,24]}$$



ნახ. 4.4 ასაწყო საყრდენი კედლის ბლოკი



ნახ. 4.5 ასაწყო საყრდენი კედლის ბლოკი, პირველი მოდელი



ნახ. 4.6 საწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი, პირველი მოდელი

ცხრილი No. 4.3

მუხათვერდის მეწყრის საანგარიშო ცხრილი. ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკის (ერთი ხაზი) სიმაღლე = 1.0 მ;

(სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$

ბლოკის No.	ბლოკის ზომები მ	ბლოკის მოცულობა მ ³	ბლოკის წონა ტ=გ	ბლოკის დახრა α	$\tan \alpha$	$H = g \tan \alpha$	C/P	$Fp = \tan \varphi + C/P$	$\Psi p = \arctan Fp$	$\alpha - \Psi p$	$\tan (\alpha - \Psi p)$	$E = g \tan (\alpha - \Psi p)$
1	(6.5×5)/2	16.25	29.25	32	0.62	18.14	0.07	0.18	10.20	21.80	0.34	9.95
2	((5+7)/2)×6	36.00	64.80	28	0.53	34.34	0.09	0.20	11.31	16.69	0.30	19.44
3	((7+4.2)/2)×6	33.60	60.48	12	0.21	12.70	0.14	0.25	14.04	-2.04	-0.04	-2.42
4	((4.2+4.02)/2)×2.63	10.81	19.46	8	0.14	2.72	0.25	0.36	19.80	-7.80	-0.14	-2.72
5	((4.02+3.32)/2)×3.37	12.37	22.27	0	0	0	0.30	0.41	22.29	-22.29	-0.41	-9.13
6	((0.80+3.32)/2)×6- (0.8×0.8/20	12.04	21.67	0	0	0	0.41	0.52	27.47	-27.47	-0.52	-11.27
						67.90						3.85
$K = (H-E)/H = (67.90-3.85)/67.90 = 0.94 < 1.0$ არ არის უსაფრთხო												

მეორე მოდელი :

მეორე მოდელში. ჩვენ დავამატეთ მეორე ხაზი ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი როგორც ეს მოცემულია ნახაზში ნახ. (4.7). ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი გაიზარდა და გახდა (1.11) მეტი, ვიდრე (1.0), რაც ნიშნავს, რომ ფერდობის მდგრადობა უსაფრთხოა ახლა, ცხრილი (4.2) და ცხრილი (4.4). ჩვენ დავადგინეთ, რომ მარაგის კოეფიციენტი შეადგენს 2.49 არის უსაფრთხო, ხოლო გადატრიალების მდგრადობის ფაქტორი 2.63 და ასევე უსაფრთხოა. მეწყრული ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი იქნება კრიტიკული, ამიტომ უნდა გამოიყენოთ მესამე ხაზი (ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი).

საყრდენი კედლის გაანგარიშება დეტალურად :

ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკის მოდელი, (სიმკვრივე) $\gamma = 1.8 \text{ ტ/მ}^3$, $\phi = 6^\circ$, $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$, $\delta = 0.75\phi$ (δ - ხახუნის კუთხე ხიმინჯებსა და გრუნტს შორის).

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = 0.81$$

$$\sigma_{ha} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \gamma h - 2C \sqrt{\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}} \quad (\text{მიწის აქტიური დაწოლა კედელზე})$$

$$\sigma_{ha} = (0.81 \times 1.8 \times 2.3 - 1.8) \times 1.15$$

$$\sigma_{ha} = 1.78 \text{ ტ/მ}$$

$$3 \text{ მ სიგრძე კედელითვის } \sigma_{ha} = 5.34 \text{ ტ/მ}$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = 1.23$$

$$\sigma_{hp1} = 1.22 \text{ ტ/მ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$\sigma_{hp2} = 1.83 \text{ ტ/მ} \quad (\text{ხიმინჯის საკუთარი წონა})$$

$$\sigma_{hp3} = (K \sigma_v \tan \delta + C) A_c \quad ((\text{ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი}))$$

$$K = 0.81$$

$$\sigma_{hp3} = [(0.81 \times 1.9 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 8.4 = 10.23 \text{ ტ/მ}$$

$$F.S. = \frac{1.22 + 1.83 + 10.23}{5.34} = 2.49 \text{ ის არის უსაფრთხო } F.S. = 1.25 - 2.00$$

გაანგარიშება საყრდენი კედელი გადატრიალების მდგრადობა:

$$M_o = \sigma_{ha} \times \text{მკლავი}$$

$$M_o = 1.78 \times 0.43 = 0.93 \text{ ტ.მ}$$

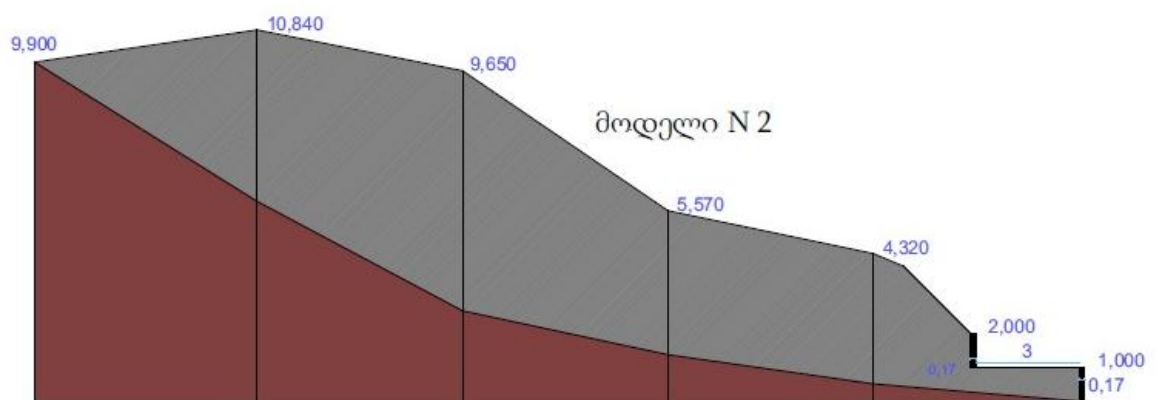
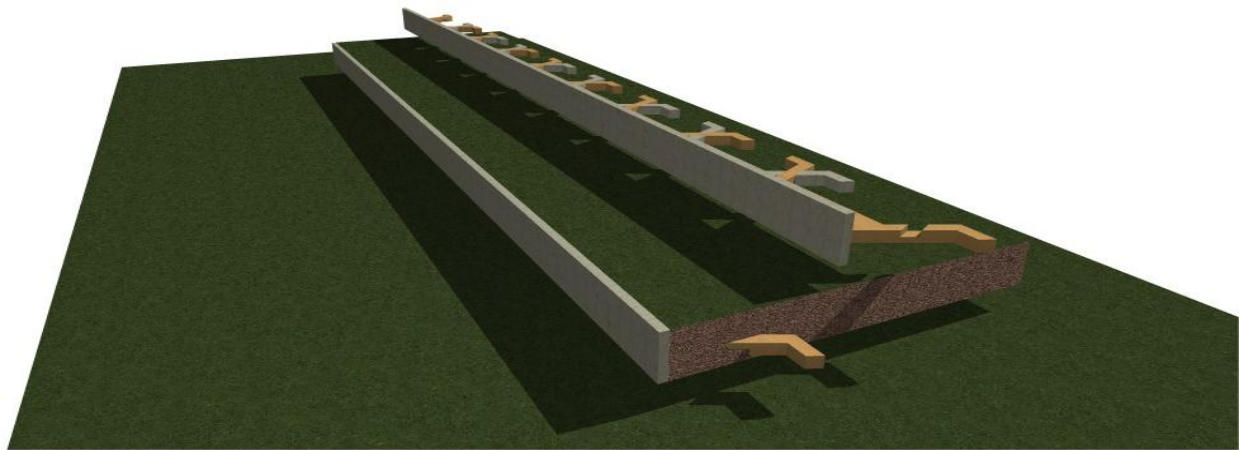
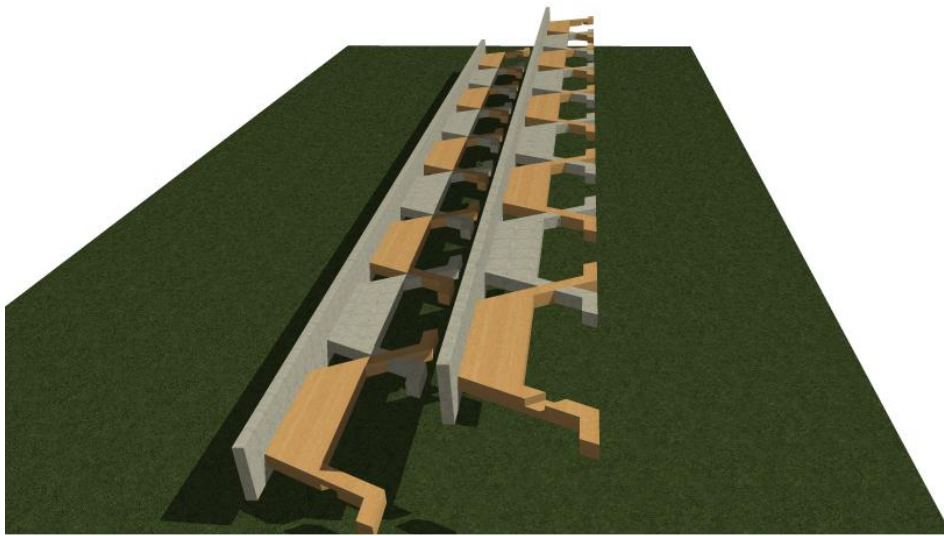
$$M_{P1} = (K\sigma_v \tan \delta + C) A_c \times \text{მკლავი} \quad (\text{ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი})$$

$$M_{P1} = [(0.81 \times 1.9 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 8.4 \times 0.6 = 6.14 \text{ ტ.მ}$$

$$M_{P2} = 1.82 \times 0.6 = 1.09 \text{ ტ.მ} \quad (\text{ხიმინჯის საკუთარი წონა})$$

$$M_{P3} = 1.22 \times 0.09 = 0.11 \text{ ტ.მ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$F.S. = \frac{6.14 + 1.09 + 0.11}{0.93 \times 3} = 2.63 \geq 1.50 \text{ ის არის უსაფრთხო. [5,24]}$$



ნახ. 4.7 სააწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი მეორე მოდელი

ცხრილი No. 4.4

მუხათგვერდის მეწყრის საანგარიშო ცხრილი. ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკის (ორი ხაზი) სიმაღლე = 2.0 მ;

(სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$

ბლოკის No.	ბლოკის ზომები მ	ბლოკის მოცულობა მ ³	ბლოკის წონა ტ= გ	ბლოკის დახრა α	$\tan \alpha$	$H = g \tan \alpha$	C/P	$Fp = \tan \varphi + C/P$	$\Psi p = \arctan Fp$	$\alpha - \Psi p$	$\tan (\alpha - \Psi p)$	$E = g \tan (\alpha - \Psi p)$
1	(6.5×5)/2	16.25	29.25	32	0.62	18.14	0.09	0.20	11.31	20.69	0.38	11.12
2	((5+7)/2)×6	36.00	64.80	28	0.53	34.34	0.12	0.23	12.95	15.05	0.27	17.50
3	((2.07×3.5)/2)+4.93×3.05+((0.65×3.05)/2)	19.19	34.54	12	0.21	7.25	0.19	0.30	16.7	-4.70	-0.08	-2.76
4	((2.95×2.01)/2)+3.57×2.95	13.49	24.28	0	0	0	0.25	0.36	19.80	-19.8	-0.36	-8.93
5	((1.25×6.00)/2)+2.32×6.00	17.67	31.81	0	0	0	0.37	0.48	25.64	-25.64	-0.48	-15.27
6	((1.26×3.00)/2)+1.06×3.00	5.07	9.13	0	0	0	0.79	0.90	42.00	-42.00	-0.900	-8.22
						59.73						-6.56
$K = (H-E)/H = (59.73-(-6.56))/59.73 = 1.11 > 1.0$ ის არის უსაფრთხო												

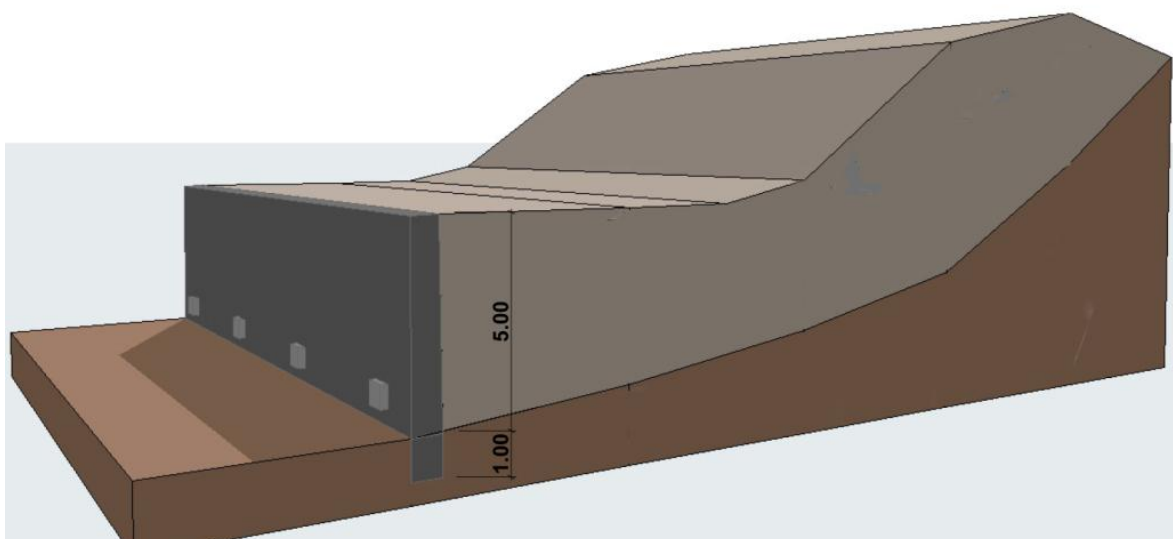
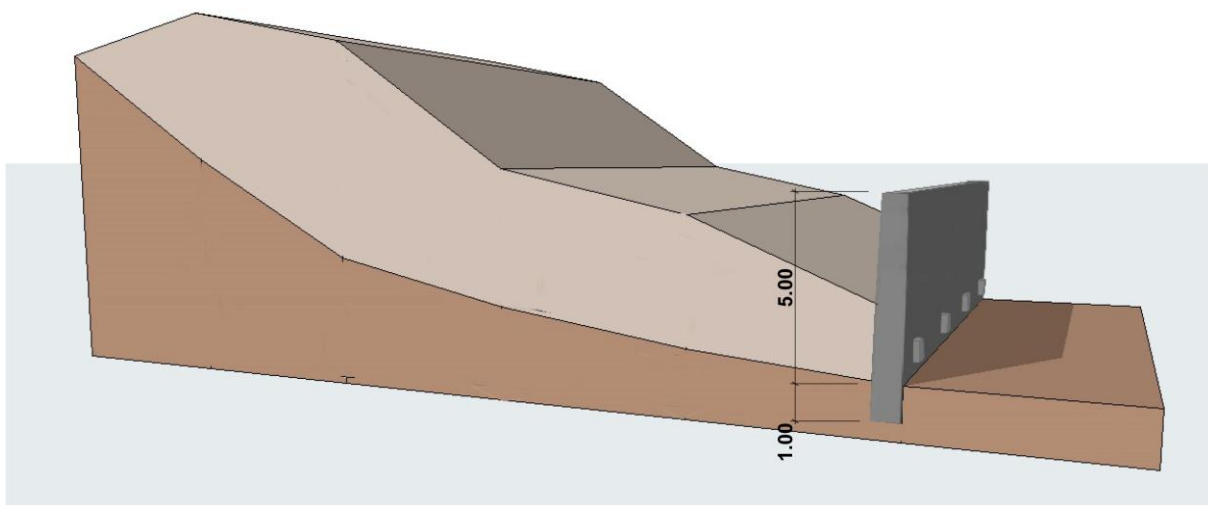
მესამე მოდელი :

საყრდენი კედელი ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით. საყრდენი კედლის ზომა, +5.0 მ სიმაღლე, საყრდენი კედლის სიგანე ზემოდან არის 0.7 მ და ქვემოდან 0.8 მ, ხიმინჯების სიგრძე (5.0) მ, კვადრატი ხიმინჯების (0.6*0.6) მ, მანძილი ხიმინჯებს შორის 5.0, (სიმკვრივე) $\gamma = 1.8 \text{ ტ/მ}^3$, $\varphi = 6^\circ$, $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$, $\delta = 0.75\varphi$ (δ - ხახუნის კუთხე ხიმინჯებსა და გრუნტს შორის). ნახ. (4.8).

გამოვთვალეთ მდგრადობა, საყრდენი კედლის როგორც დაცურების მდგრადობა და გადატრიალების მდგრადობა დავადგინეთ, რომ მოცურების მდგრადობის უსაფრთხოების ფაქტორი 0.83 ის არ არის უსაფრთხო, ხოლო გადატრიალების მომენტის ფაქტორი 0.55 ის არ არის უსაფრთხო. ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტის გაიზარდა (0.77)-დან (1.60-მდე) და ეს უფრო მეტია (1.0), ეს ნიშნავს, რომ ფერდობის მდგრადობა ამ შემთხვევაში უსაფრთხოა, ცხრილი (4.2) და ცხრილი (4.5).

პირველი ფაქტორი ამცირებს დონეს მეწყრული სხეულის მაღლა და ძირს შორის, ხოლო მეორე ფაქტორმა გაზარდა სიმტკიცის ზღვარი და შეამცირა ფერდობზე ძვრის დეფორმაცია.

ჩვენ შეგვიძლია შევამჩნიოთ ჰორიზონტალური ხიმინჯების ეფექტი, გაანგარიშებისას დაცურებისა შემთხვევაში ინარჩუნებს კედლის მდგრადობას და ასევე გადატრიალების კედლის მდგრადობა. დაცურების მდგრადობის დამაგრებული კედლის გაანგარიშებისთვის, ჰორიზონტალური ხიმინჯები დაემატა 4.32 ტ როგორც წონა და 17.54 ტ, როგორც ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი, ეს ნიშნავს, რომ გაიზრდება საყრდენი კედლის გამაგრების 25% (წინააღმდეგობის მთლიანი ძალებიდან), და საყრდენი კედლის გადამბრუნებელის ძალების გაანგარიშებისთვის, ჰორიზონტალური ხიმინჯებებს დაემატა წინააღმდეგობის მომენტი საყრდენი კედლის გადატრიალების მდგრადობის 11.75 ტ.მ (ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი), და 2.85 ტ.მ (ხიმინჯების წონა), და 2.85 ტ.მ (გრუნტის გადატვირთვა ხიმინჯებზე).



ნახ. 4.8 საყრდენი კედლის მესამე მოდელი

საყრდენი კედლის გაანგარიშება დეტალურად :

(საყრდენი კედლის ზომა, + 5.0 მ სიმაღლე , ხიმინჯების სიგრძე (5.0) მ, კვადრატი ხიმინჯების (0.6*0.6) მ , მანძილი ხიმინჯებს შორის 5.0, $\gamma = 1.8 \text{ ტ/მ}^3$, $\varphi = 6^\circ$, $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$, $\delta = 0.75\varphi$. (ბეტონის კედლის ტიპი) ნახ. (4.9).

$$\sigma_{hp} = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \gamma h + 2C \sqrt{\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}} \quad \text{მიწის პასიური დაწოლა}$$

$$Ka = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \quad \text{მიწის აქტიური კოეფიციენტი}$$

$$Kp = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

მიწის პასიური კოეფიციენტი

$$Ka = \frac{1 - \sin 6}{1 + \sin 6} = 0.81$$

$$\sigma_{ha} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \gamma h - 2C \sqrt{\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}}$$

$$\sigma_{ha} = 6.95 \times 3 = 20.85 \text{ ტ/მ}^2$$

5 მ სიგრძის კედელისთვის $\sigma_h = 104,25 \text{ ტ/5 მ}$

$$Kp = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = 1.23$$

$$\sigma_{hp} = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \gamma h + 2C \sqrt{\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}}$$

$$\sigma_{hp1} = ((1.23 \times 1 \times 1.8) + 2.22) \times 0.5 \times 5 = 11.09 \text{ ტ/5 მ (მიწის პასიური დაწოლა)}$$

$$\sigma_{hp2} = 5 \times 2.4 \times 0.6 \times 0.6 = 4.32 \text{ ტ (ხიმინჯის საკუთარი წონა)}$$

$$\sigma_{hp3} = 2.4 \times 0.75 \times 6 \times 5 = 54 \text{ ტ (კედლის საკუთარი წონა)}$$

$$\sigma_{hp4} = (K \sigma_v \tan \delta + C) A_c \times L \text{ (ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი)}$$

$$K = 0.81$$

$$= [(0.81 \times 4 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 2.4 \times 5 = 17.54 \text{ ტ/მ}$$

$$F.S. = \frac{11.09 + 4.32 + 54.00 + 17.54}{104.25} = 0.83, F.S. = 1.25 - 2.00, \text{ არ არის უსაფრთხო}$$

$$\sigma_{ha} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \gamma h - 2C \sqrt{\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}}$$

მიწის აქტიური დაწოლა კედელზე

გაანგარიშება საყრდენი კედელი გადატრიალების მდგრადობა ნახ.

(4.10).

$$M_o = \sigma_{ha} \times \text{მკლავი}$$

$$M_o = 20.85 \times 2 \times 5 = 208.5 \text{ ტ.მ}$$

$$M_{P1} = ((1.23 \times 1 \times 1.8) + 2.22) \times 0.5 \times 0.33 \times 5 = 3.66 \text{ ტ.მ (მიწის პასიური დაწოლა)}$$

$$M_{P2} = (K \sigma_v \tan \delta + C) A_c \times L \times \text{მკლავი (ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი)}$$

$$M_{P2} = [(0.81 \times 4.2 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 2.4 \times 5 \times 3.3 = 58.75 \text{ ტ.მ}$$

$$M_{P3} = 5 \times 0.6 \times 0.6 \times 2.4 \times 3.3 = 14.25 \text{ ტ.მ (ხიმინჯის საკუთარი წონა)}$$

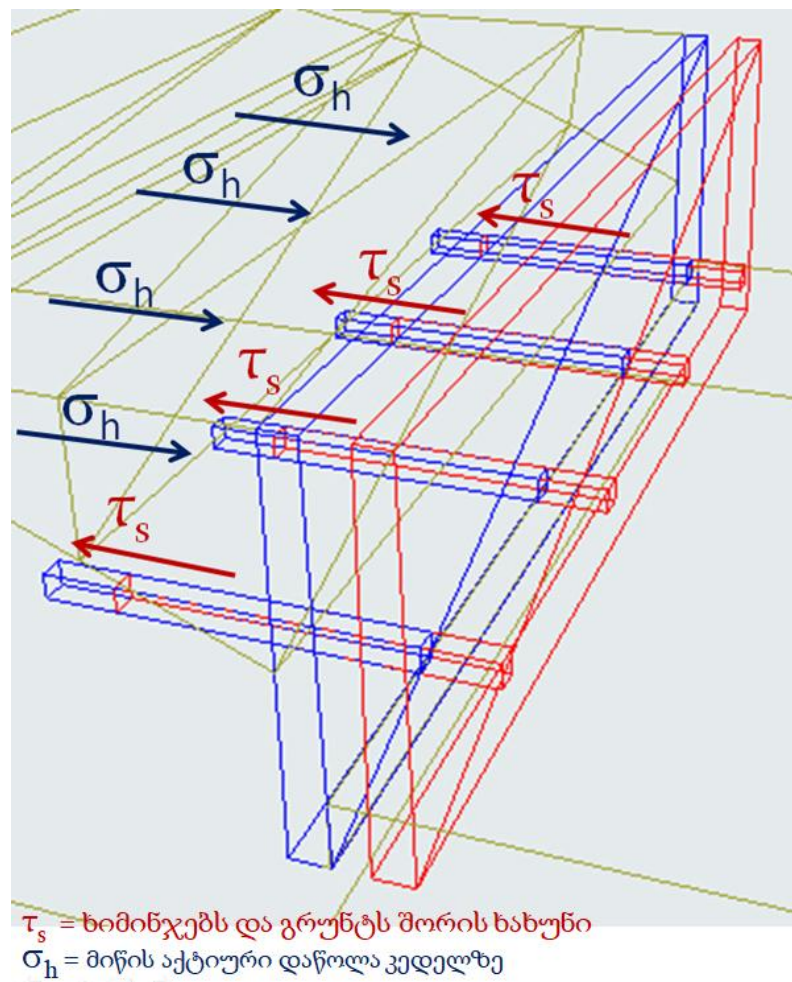
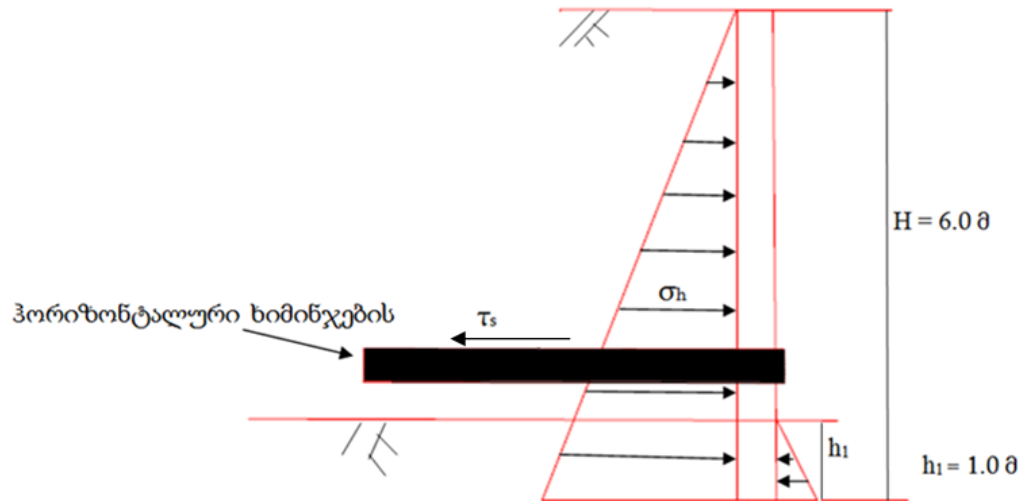
$$M_{P4} = (6 \times 0.1/2) \times 2.4 \times 0.07 \times 5 = 0.25 \text{ ტ.მ (კედლის საკუთარი წონა)}$$

$$M_{P5} = 6 \times 0.7 \times 2.4 \times 0.45 \times 5 = 22.70 \text{ ტ.მ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

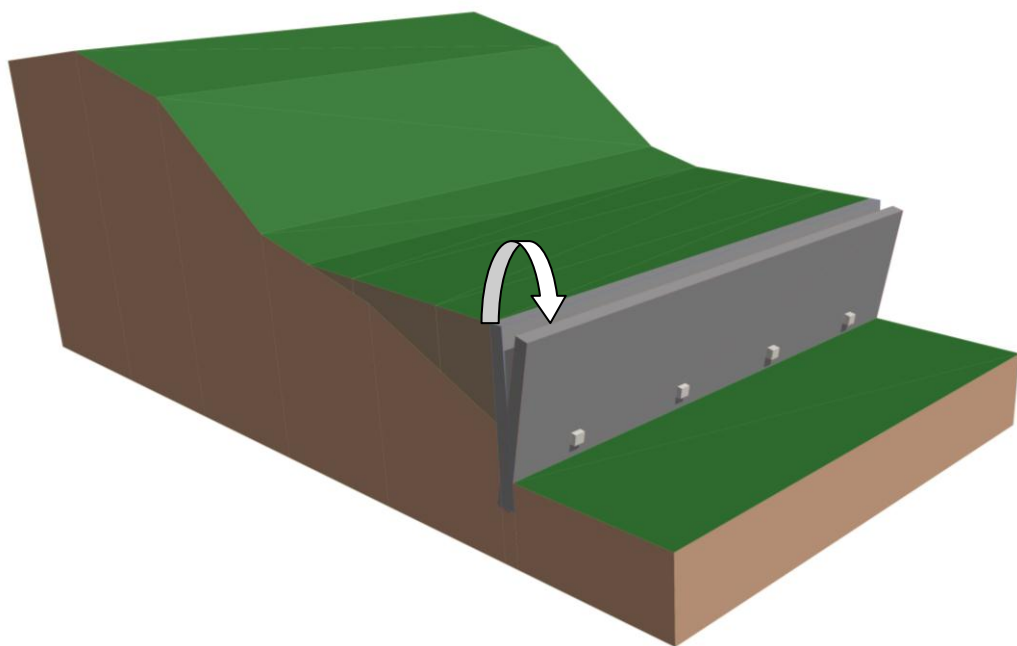
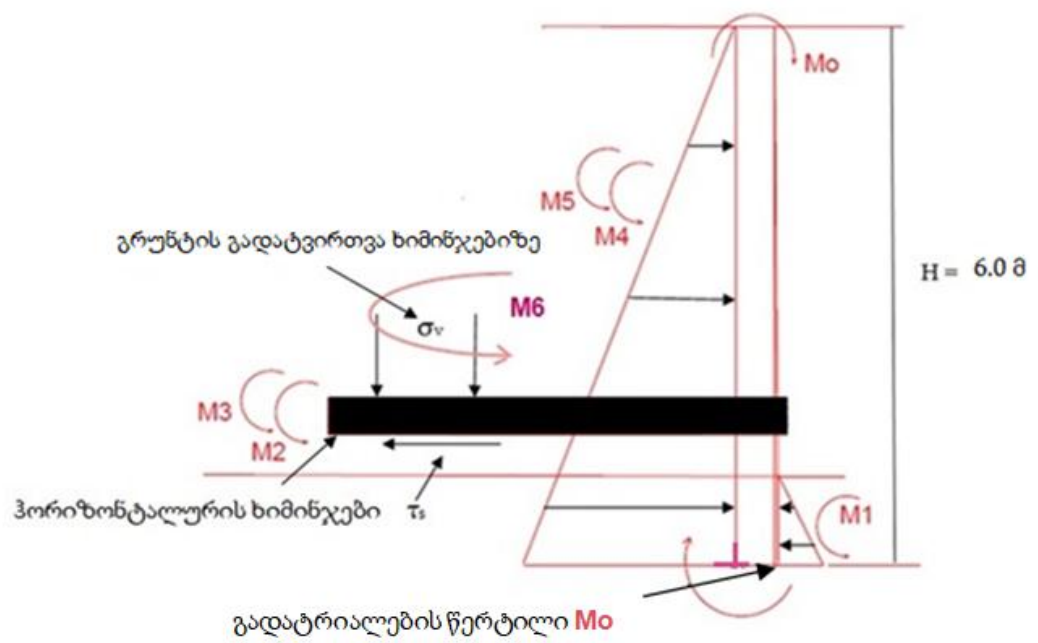
$$M_{P6} = 1.8 \times 4 \times 0.6 \times 3.3 = 14.26 \text{ ტ.მ} \quad (\text{გრუნთის გადატვირთვა ხიმინჯებიზე})$$

$$F.S. = \frac{3.66 + 58.75 + 14.25 + 0.25 + 22.70 + 14.26}{208.5} = 0.55 \leq 1.50, \text{ არ არის}$$

უსაფრთხო. [5,24]



ნახ. 4.9 გაანგარიშება საყრდენი კედლის მოცურების მდგრადობისას



ნახ. 4.10 გაანგარიშება საყრდენი კედლის გადატრიალების მდგრადობა

მუხათგვერდის მეწყრის საანგარიშო ცხრილი. საყრდენი კედლის სიმაღლე = 5.0 მ;
 (სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$

ბლოკის No.	ბლოკის ზომები მ	ბლოკის მოცულობა მ ³	ბლოკის წონა ტ= გ	ბლოკის დახრა α	$\tan \alpha$	$H = g \tan \alpha$	C/P	$Fp = \tan \varphi + C/P$	$\Psi p = \arctan Fp$	$\alpha - \Psi p$	$\tan (\alpha - \Psi p)$	$E = g \tan (\alpha - \Psi p)$
1	$(6.5 \times 5)/2$	16.25	29.25	32	0.62	18.14	0.15	0.26	14.57	17.43	0.31	9.07
2	$((5.53+5.00)/2) \times 1.58$	8.32	14.98	28	0.53	7.94	0.19	0.30	16.70	11.30	0.20	3.00
3	$((5.09+5.53)/2) \times 4.42$	23.47	42.25	0	0	0	0.22	0.33	18.26	-18.26	-0.33	-13.94
4	$((4.65+0.57)/2) \times 6$	15.66	28.19	0	0	0	0.35	0.46	24.70	-24.70	-0.46	-12.97
5	$(2.74 \times 0.57)/2$	0.78	1.40	0	0	0	2.92	3.03	71.74	-71.74	-0.57	-0.80
						26.08						-15.64
$K = (H-E)/H = (26.08 - (-15.64))/26.08 = 1.60 > 1.0$ ის არის უსაფრთხო												

მეთოდე მოდელი :

საყრდენი კედელი ჰორიზონტალურის ხიმინჯების გამოყენებით, საყრდენი კედლის ზომა, +5.0 მ სიმაღლე, საყრდენი კედლის სიგანე ზემოდან არის 0.7 მ და ქვემოდან 0.8 მ, ხიმინჯების სიგრძე (5.0) მ, წრიული ხიმინჯების დიამეტრი (0.6მ), მანძილი ხიმინჯებს შორის 2.5, (ბეტონის კედლის ტიპის, (სიმკვრივე) $\gamma = 1.8\text{ტ/მ}^3$, $\varphi = 6^\circ$, $C=0.1\text{ კგ/სმ}^2$, $\delta = 0.75\varphi$ (δ - ხახუნის კუთხე ხიმინჯებსა და გრუნტს შორი). ნახ. (4.11).

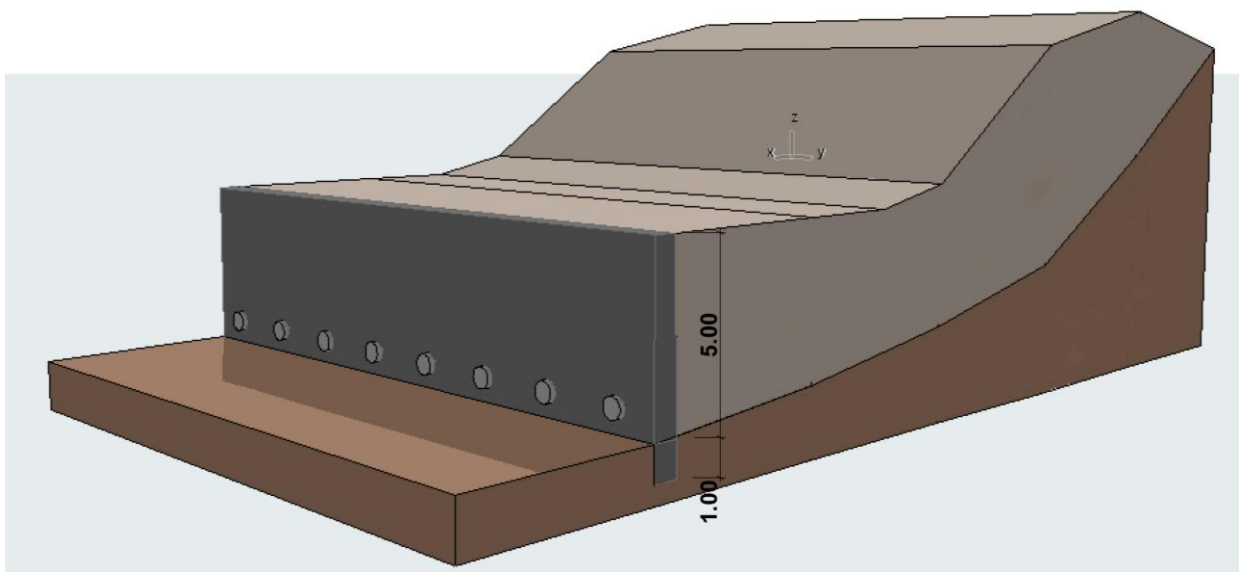
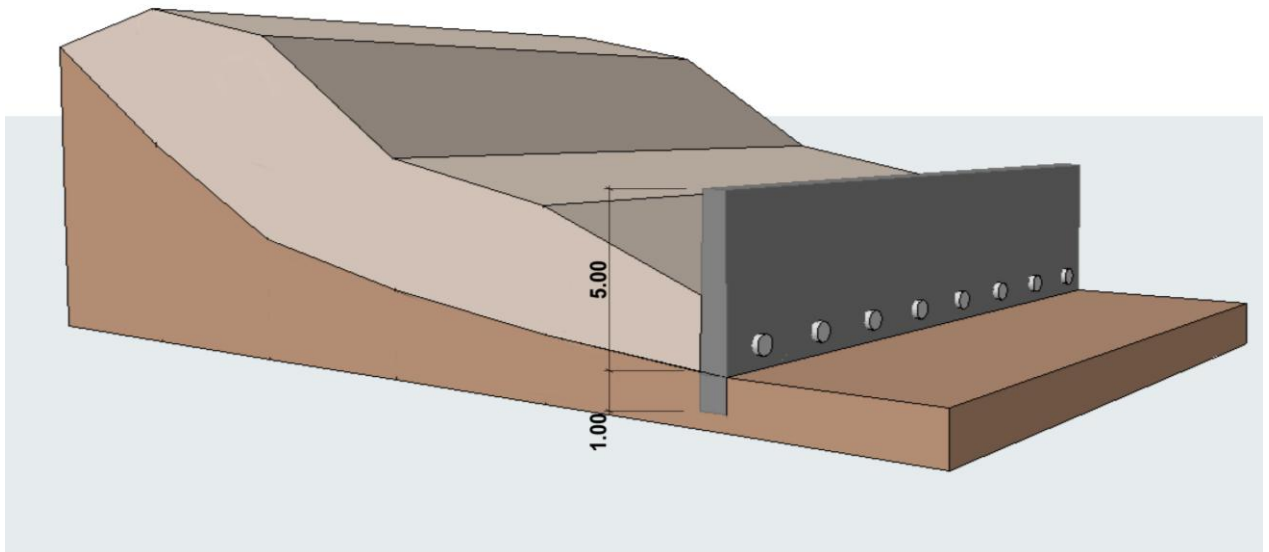
გამოვთვალეთ მდგრადობა, საყრდენი კედლის როგორც დაცურების მდგრადობა და გადატრიალების მდგრადობა დავადგინეთ, რომ მოცურების მდგრადობის უსაფრთხოების ფაქტორი 0.95 და არ არის უსაფრთხო, ხოლო გადატრიალების მომენტის ფაქტორი 0.75 და არ არის უსაფრთხო.

ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი გაიზარდა (0.77)-დან (1.60-მდე) და ეს უფრო მეტია (1.0), ეს ნიშნავს, რომ ფერდობის მდგრადობა ამ შემთხვევაში უსაფრთხოა) ცხრილი (4.2) და ცხრილი (4.5).

პირველი ფაქტორი ამცირებს დონეს მეწყრული სხეულის მაღლა და ძირს შორის, ხოლო მეორე ფაქტორმა გაზარდა სიმტკიცის ზღვარი და შეამცირა ფერდობზე ძვრის დეფორმაცია.

ჩვენ შეგვიძლია შევამჩნიოთ ჰორიზონტალური ხიმინჯების ეფექტი, გაანგარიშებისას დაცურების შემთხვევაში ინარჩუნებს კედლის მდგრადობას და ასევე გადატრიალების კედლის მდგრადობას. დაცურების მდგრადობის დამაგრებული კედლის გაანგარიშებისთვის, ჰორიზონტალური ხიმინჯები დაემატა 3.36 ტ როგორც წონა და 13.81 ტ, როგორც (ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი), ეს ნიშნავს, რომ გაიზარდება საყრდენი კედლის გამაგრება 31.07% (წინააღმდეგობა მთლიანი ძალებიდან), და საყრდენი კედლის გადატრიალების ძალების გაანგარიშებისთვის. ჰორიზონტალური ხიმინჯებს დაემატა წინააღმდეგობის მომენტი საყრდენი კედლის გადატრიალების მდგრადობის 12.47 ტ.მ (ხიმინჯს და გრუნტს შორის ხახუნი) და 4.54 ტ.მ

(ხიმინჯების საკუთარი წონა) და 9.03 ტ.მ (გრუნტის გადატვირთვა ხიმინჯებზე).



ნახ. 4.11 საყრდენი კედლის მეოთხე მოდელი

საყრდენი კედლის გაანგარიშება დეტალურად:

(საყრდენი კედლის ზომა, + 5.0 მ სიმაღლე , საყრდენი კედლის სიგანე ზემოდან არის 0.7 მ და ქვემოდან 0.8 მ, ხიმინჯების სიგრძე (5.0) მ , წრიული ხიმინჯების დიამეტრი (0.6მ), მანძილი ხიმინჯებს შორის 2.5, $\gamma = 1.8 \text{ ტ/მ}^3$, $\varphi = 6^\circ$, $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$, $\delta = 0.75\varphi$.

$$\sigma_{ha} = \frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi} \gamma h - 2C \sqrt{\frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi}} \quad (\text{მიწის აქტიური დაწოლა კედელზე})$$

$$\sigma_{hp} = \frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi} \gamma h + 2C \sqrt{\frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi}} \quad (\text{მიწის პასიური დაწოლა})$$

$$K_a = \frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi} \quad (\text{მიწის აქტიური დაწოლა, კოეფიციენტი})$$

$$K_p = \frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi} \quad (\text{მიწის პასიური დაწოლა, კოეფიციენტი})$$

$$K_a = \frac{1-\sin 6}{1+\sin 6} = 0.81$$

$$\sigma_{ha} = \frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi} \gamma h - 2C \sqrt{\frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi}}$$

$$\sigma_{ha} = 6.95 \times 3 = 20.85 \text{ ტ/მ}^2$$

$$2.5 \text{ მ სიგრძე კედელითვის } \sigma_h = 52.13 \text{ ტ/2.5 მ}$$

$$K_p = \frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi} = 1.23$$

$$\sigma_{hp} = \frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi} \gamma h + 2C \sqrt{\frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi}}$$

$$\sigma_{hp1} = ((1.23 \times 1 \times 1.8) + 2.22) \times 0.5 \times 2.5 = 5.54 \text{ ტ/2.5 მ} \quad (\text{მიწის პასიური დაწოლა})$$

$$\sigma_{hp2} = 5 \times 2.4 \times 0.28 = 3.36 \text{ ტ} \quad (\text{ხიმინჯის საკუთარი წონა})$$

$$\sigma_{hp3} = 2.4 \times 0.75 \times 6 \times 2.5 = 27 \text{ ტ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$\sigma_{hp4} = (K \sigma_v \tan \delta + C) A_c \times L \quad (\text{ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი})$$

$$K = 0.81$$

$$= [(0.81 \times 4 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 1.89 \times 5 = 13.81 \text{ ტ/მ}$$

$$F.S. = \frac{5.54 + 3.36 + 27.00 + 13.81}{52.13} = 0.95 \text{ F.S.} = 1.25 - 2.00, \text{ არ არის უსაფრთხო}$$

განგარიშება საყრდენი კედლის გადატრიალების მდგრადობა:

$$M_o = \sigma_{ha} \times \text{მკლავი}$$

$$M_o = 20.85 \times 2 = 41.7 \text{ ტ.მ}$$

$$M_{p1} = ((1.23 \times 1 \times 1.8) + 2.22) \times 0.5 \times 0.33 = 0.73 \text{ ტ.მ} \quad (\text{მიწის წინააღმდეგობა})$$

$$M_{p2} = (K \sigma_v \tan \delta + C) A_c \times L \times \text{მკლავი} \quad (\text{ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი})$$

$$M_{P2} = [(0.81 \times 4.2 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 1.89 \times 5 \times 3.3 / 2.5 = 12.47 \text{ ტ.მ}$$

$$M_{P3} = 5 \times 0.28 \times 2.4 \times 3.3 / 2.5 = 4.44 \text{ ტ.მ} \quad (\text{ხიმინჯის საკუთარი წონა})$$

$$M_{P4} = (6 \times 0.1 / 2) \times 2.4 \times 0.07 = 0.05 \text{ ტ.მ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$M_{P5} = 6 \times 0.7 \times 2.4 \times 0.45 = 4.54 \text{ ტ.მ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$M_{P6} = 1.8 \times 4 \times 0.95 \times 3.3 / 2.5 = 9.03 \text{ ტ.მ} \quad (\text{გრუნტის გადატვირთვა ხიმინჯებიზე})$$

$$F.S. = \frac{0.73 + 12.47 + 4.44 + 0.05 + 4.54 + 9.03}{41.7} = 0.75 \text{ F.S.} = 1.25 - 2.00, \text{ არ არის}$$

უსაფრთხო. [5,24]

მეხუთე მოდელი :

საყრდენი კედელი ჰორიზონტალურის ხიმინჯების გამოყენებით, საყრდენი კედლის ზომა, +4.0 მ სიმაღლე, საყრდენი კედლის სიგანე ზემოდან არის 0.7 მ და ქვემოდან 0.8 მ, ხიმინჯების სიგრძე (5.0) მ ,კვადრატი ხიმინჯების (0.6*0.6) მ, მანძილი ხიმინჯებს შორის 4.0 მ, (სიმკვრივე) $\gamma = 1.8$ ტ/მ³, $\varphi = 6^\circ$, $C = 0.1$ კგ/სმ², $\delta = 0.75\varphi$ (δ - ხახუნის კუთხე ხიმინჯებსა და გრუნტს შორის). (ბეტონის კედლის ტიპი) ნახ. (4.12).

გამოვთვალეთ მდგრადობა, საყრდენი კედლის როგორც დაცურების მდგრადობა და გადატრიალების მდგრადობა დავადგინეთ, რომ მოცურების მდგრადობის უსაფრთხოების ფაქტორი 1.19 და არ არის უსაფრთხო, ხოლო გადატრიალების მომენტის ფაქტორი 1.06 და არ არის უსაფრთხო.

ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი გაიზარდა 0.77 დან 1.45-მდე და ეს უფრო მეტია 1.0, ეს ნიშნავს, რომ ფერდობის მდგრადობა ამ შემთხვევაში უსაფრთხოა, ცხრილი (4.2) და ცხრილი (4.6).

პირველი ფაქტორი ამცირებს დონეს მეწყრული სხეულის მაღლა და ძირს შორის, ხოლო მეორე ფაქტორმა გაზარდა სიმტკიცის ზღვარი და შეამცირა ფერდობზე ძვრის დეფორმაცია.

ჩვენ შეგვიძლია შევამჩნიოთ ჰორიზონტალური ხიმინჯების ეფექტი, გაანგარიშებისას დაცურებისა შემთხვევაში ინარჩუნებს კედლის მდგრადობას და ასევე გადატრიალების კედლის მდგრადობას. დაცურების მდგრადობა დამაგრებული კედლის გაანგარიშებისთვის, ჰორიზონტალური ხიმინჯები დაემატა 4.32 ტ როგორც როგორც წონა და

16.15 ტ, როგორც (ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი), ეს ნიშნავს, რომ გაიზრდება საყრდენი კედლის გამაგრება 31.33% (წინააღმდეგობის მთლიანი ძალებიდან), და საყრდენი კედლის გადატრიალების ძალების გაანგარიშებისთვის, ჰორიზონტალური ხიმინჯებს დაემატა წინააღმდეგობის მომენტი საყრდენი კედლის გადატრიალების მდგრადობის 13.55 ტ.მ (ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი) და 3.78 ტ.მ (ხიმინჯების საკუთარი წონა) და 2.67 ტ.მ (გრუნტის გადატვირთვა ხიმინჯებზე).

საყრდენი კედლის გაანგარიშება დეტალურად:

საყრდენი კედლის ზომა, +4.0 მ სიმაღლე, საყრდენი კედლის სიგანე ზემოდან არის 0.7 მ და ქვემოდან 0.8 მ, ხიმინჯების სიგრძე (5.0) მ, კვადრატი ხიმინჯების (0.6*0.6) მ, მანძილი ხიმინჯებს შორის 4.0 მ, $\gamma = 1.8$ ტ/მ³, $\varphi = 6^\circ$, $C = 0.1$ კგ/სმ², $\delta = 0.75\varphi$. (ბეტონის კედლის ტიპი) ნახ. (4.13) .

$$\sigma_{ha} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \gamma h - 2C \sqrt{\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} \quad (\text{მიწის აქტიური დაწოლა კედელზე})$$

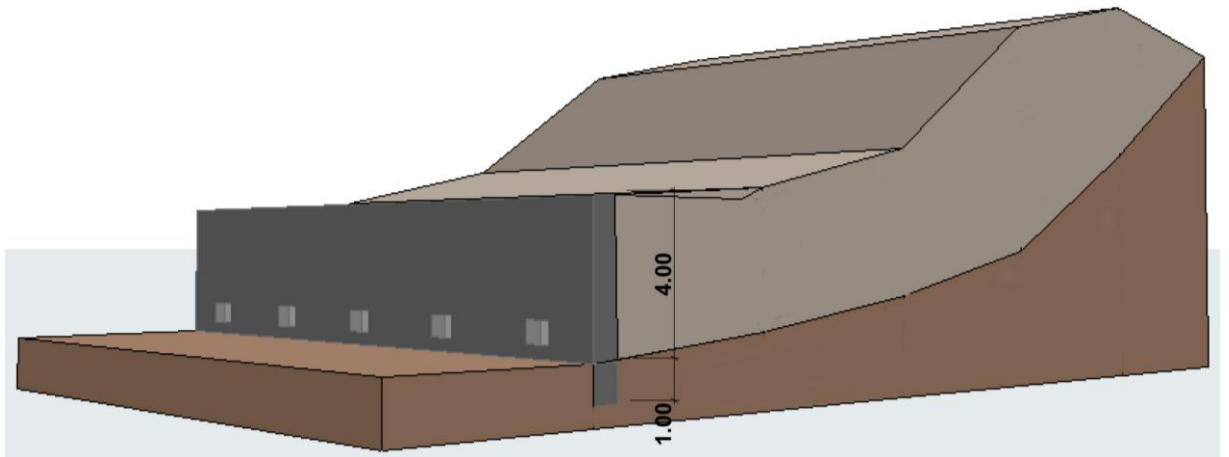
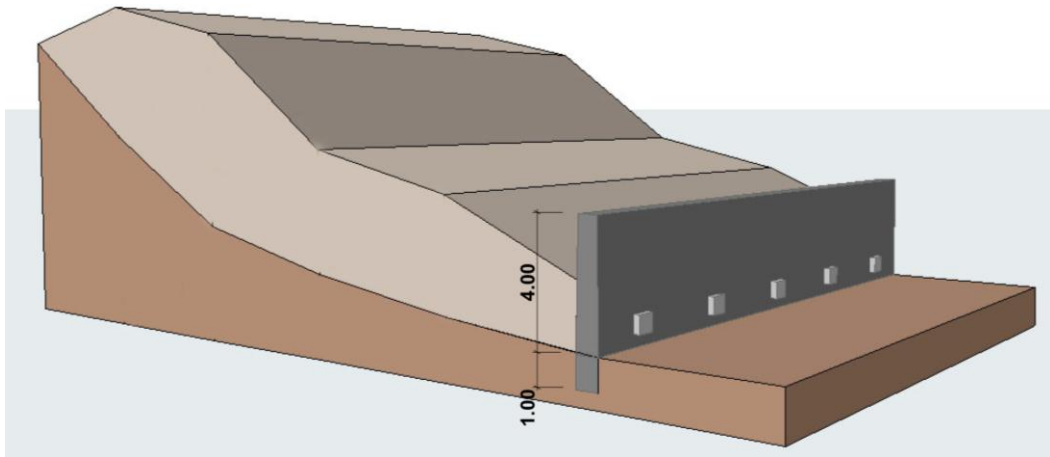
$$\sigma_{hp} = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \gamma h + 2C \sqrt{\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}} \quad (\text{მიწის პასიური დაწოლა}) [5,24]$$

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \quad (\text{მიწის წნევის აქტიური კოეფიციენტი})$$

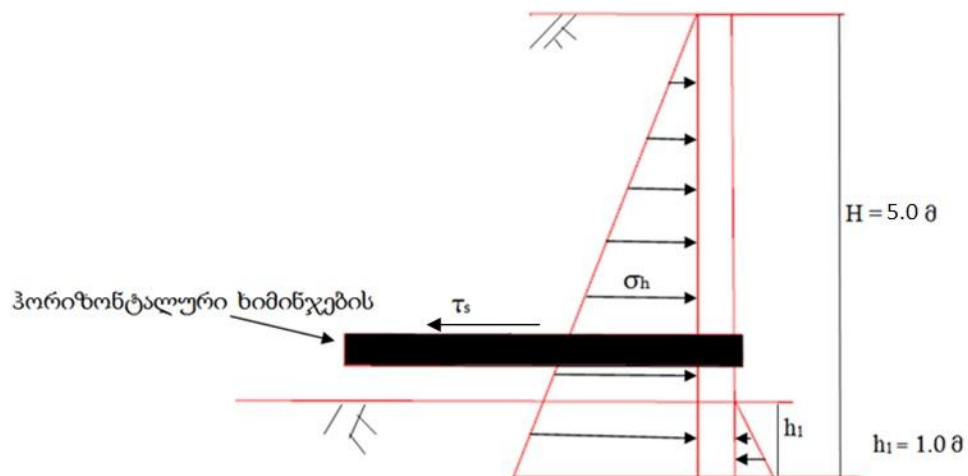
$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \quad (\text{მიწის წნევის პასიური კოეფიციენტი})$$

$$K_a = \frac{1 - \sin 6}{1 + \sin 6} = 0.81$$

$$\sigma_{ha} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \gamma h - 2C \sqrt{\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}}$$



ნახ. (4.12) საყრდენი კედლის მეხუთე მოდელი



ნახ. 4.13 . გაანგარიშება საყრდენი კედლის მოცურების მდგრადობა

$$\sigma_{ha} = 5.49 \times 2.5 = 13.73 \text{ ტ/მ}^2$$

$$4 \text{ მ სიგრძე კედელითვის } \sigma_h = 54.92 \text{ ტ/4 მ}$$

$$Kp = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = 1.23$$

$$\sigma_{hp} = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \gamma h + 2C \sqrt{\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}}$$

$$\sigma_{hp1} = ((1.23 \times 1 \times 1.8) + 2.22) \times 0.5 \times 4 = 8.87 \text{ ტ/მ} \quad (\text{მიწის წინააღმდეგობა})$$

$$\sigma_{hp2} = 5 \times 2.4 \times 0.6 \times 0.6 = 4.32 \text{ ტ} \quad (\text{ხიმინჯის საკუთარი წონა})$$

$$\sigma_{hp3} = 2.4 \times 0.75 \times 5 \times 4 = 36 \text{ ტ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$\sigma_{hp4} = (K \sigma_v \tan \delta + C) A_c \times L \quad (\text{ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი})$$

$$K = 0.81$$

$$= [(0.81 \times 3 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 2.4 \times 5 = 16.15 \text{ ტ/მ}$$

$$F.S. = \frac{8.87 + 4.32 + 36 + 16.15}{54.92} = 1.19 \text{ F.S.} = 1.25 - 2.00, \text{ არ არის უსაფრთხო}$$

გაანგარიშება საყრდენი კედლის გადატრიალების მდგრადობა ნახ. (4.14) .

$$M_o = \sigma_{ha} \times \text{მკლავი}$$

$$M_o = 13.73 \times 1.67 = 22.93 \text{ ტ.მ}$$

$$M_{P1} = ((1.23 \times 1 \times 1.8) + 2.22) \times 0.5 \times 0.33 = 0.73 \text{ ტ.მ} \quad (\text{მიწის წინააღმდეგობა})$$

$$M_{P2} = (K \sigma_v \tan \delta + C) A_c \times L \times \text{მკლავი} \quad (\text{ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი})$$

$$M_{P2} = [(0.81 \times 3.2 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 2.4 \times 5 \times 3.3/4 = 13.55 \text{ ტ.მ}$$

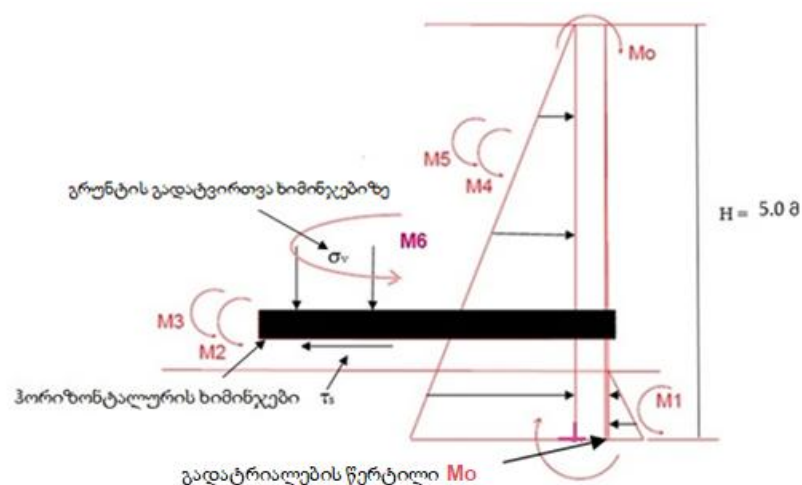
$$M_{P3} = 5 \times 0.6 \times 0.6 \times 2.4 \times 3.3/4 = 3.56 \text{ ტ.მ} \quad (\text{ხიმინჯის საკუთარი წონა})$$

$$M_{P4} = (5 \times 0.1 \div 2) \times 2.4 \times 0.07 = 0.04 \text{ ტ.მ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$M_{P5} = 5 \times 0.7 \times 2.4 \times 0.45 = 3.78 \text{ ტ.მ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$M_{P6} = 1.8 \times 3 \times 0.6 \times 3.3/4 = 2.67 \text{ ტ.მ} \quad (\text{გრუნტის გადატვირთვა ხიმინჯებიზე})$$

$$F.S. = \frac{0.73 + 13.55 + 3.56 + 0.04 + 3.78 + 2.67}{22.93} = 1.06 \leq 1.50, \text{ არ არის უსაფრთხო.}$$



ნახ. 4.14 გაანგარიშება საყრდენი კედლის გადატრიალების მდგრადობა

ცხრილი No. 4.6

მუხათვერდის მეწყრის საანგარიშო ცხრილი. საყრდენი კედლის სიმაღლე = 4.0 მ;
(სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$

ბლოკის No.	ბლოკის ზომები მ	ბლოკის მოცულობა მ ³	ბლოკის წონა ტ= გ	ბლოკის დახრა α	$\tan \alpha$	$H = g \tan \alpha$	C/P	$Fp = \tan \varphi + C/P$	$\Psi p = \arctan Fp$	$\alpha - \Psi p$	$\tan (\alpha - \Psi p)$	$E = g \tan (\alpha - \Psi p)$
1	$(6.5 \times 5)/2$	16.25	29.25	32	0.62	18.14	0.12	0.23	12.95	19.05	0.35	10.24
2	$((6.16+5.00)/2) \times 3.45$	19.25	34.65	28	0.53	18.36	0.13	0.24	13.50	14.50	0.26	9.01
3	$((5.65+6.16)/2) \times 2.55$	15.06	27.11	0	0	0	0.18	0.29	16.17	-16.17	-0.29	-7.86
4	$((5.65+1.57)/2) \times 6$	21.66	38.99	0	0	0	0.28	0.39	21.31	-21.31	-0.39	-15.21
5	$((1.57+0.32)/2) \times 6$	5.67	10.21	0	0	0	1.03	1.14	48.70	-48.70	-1.14	-11.64
6	$(0.32 \times 0.75)/2$	0.12	0.22	0	0	0	5.05	5.16	79.0	-79.00	-5.14	-1.13
						36.50						-16.59
$K = (H-E)/H = (36.50 - (-16.59))/36.50 = 1.45 > 1.0$ ის არის უსაფრთხო												

მექანიკური მოდელი :

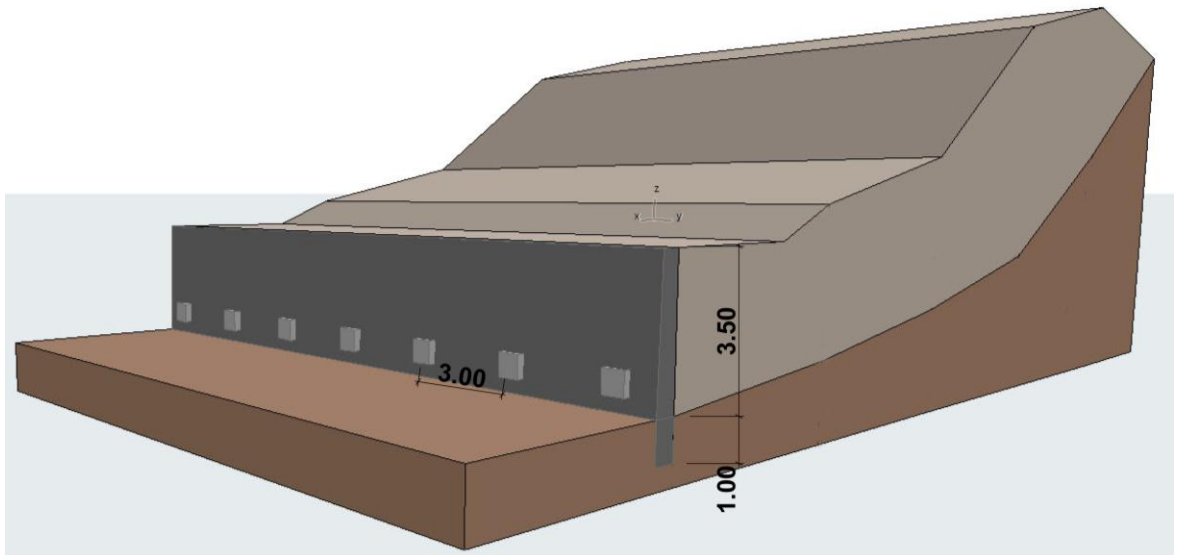
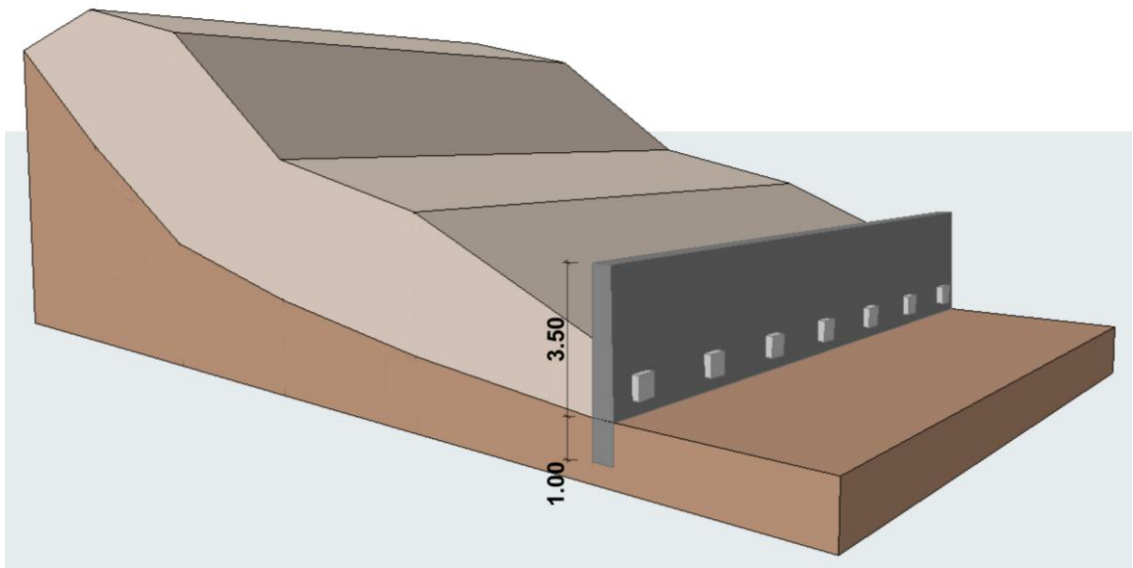
საყრდენი კედელი ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით. საყრდენი კედლის ზომა, +3.5 მ სიმაღლე, საყრდენი კედლის სიგანე ზემოდან არის 0.5 მ და ქვემოდან 0.6 მ, ხიმინჯების სიგრძე (5.0) მ, კვადრატი ხიმინჯების (0.6*0.6)მ, მანძილი ხიმინჯებს შორის 3.0 მ (სიმკვრივე) $\gamma = 1.8 \text{ ტ/მ}^3$, $\varphi = 6^\circ$, $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$, $\delta = 0.75 \varphi$, (δ - ხახუნის კუთხე ხიმინჯებსა და გრუნტს შორის), (ბეტონის კედლის ტიპი) ნახ. (4.15).

გამოვთვალეთ მდგრადობა, საყრდენი კედლის როგორც დაცურების მდგრადობა და გადატრიალების მდგრადობა დავადგინეთ, რომ მოცურების მდგრადობის უსაფრთხოების ფაქტორი 1.38 ($1.25 \leq 1.38 \leq 2.00$) ის არის უსაფრთხო, ხოლო გადატრიალების მომენტის ფაქტორი 1.63 ($1.63 \geq 1.5$) და არის უსაფრთხო. ნახ. (4.15).

ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი გაიზარდა (0.77)-დან (1.32-მდე) და ეს უფრო მეტია (1.0), ეს ნიშნავს, რომ ფერდობის მდგრადობა ამ შემთხვევაში უსაფრთხოა, ცხრილი (4.2) და ცხრილი (4.7).

პირველი ფაქტორი ამცირებს დონეს მეწყრული სხეულის მაღლა და ძირს შორის, ხოლო მეორე ფაქტორმა გაზარდა სიმტკიცის ზღვარი და შეამცირა ფერდობზე ძვრის დეფორმაცია.

ჩვენ შეგვიძლია შევამჩნიოთ ჰორიზონტალური ხიმინჯების ეფექტი, გაანგარიშებისას დაცურების შემთხვევაში ინარჩუნებს კედლის მდგრადობას და ასევე გადატრიალების კედლის მდგრადობას. დაცურების მდგრადობის დამაგრებული კედლის გაანგარიშებისთვის, ჰორიზონტალური ხიმინჯებს დაემატა 4.32 ტ, როგორც წონა და 15.46 ტ, (ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი), ეს ნიშნავს, რომ გაიზარდება საყრდენი კედლის გამაგრება 44.7% (წინააღმდეგობის მთლიანი ძალებიდან),



ნახ. 4.15 საყრდენი კედლის მეექვსე მოდელი

და საყრდენი კედლის გადამბრუნებელის ძალების გაანგარიშებისთვის, ჰორიზონტალური ხიმინჯებს დაემატა წინააღმდეგობის მომენტი საყრდენი კედლის გადატრიალების მდგრადობის 16.25 ტ.მ (ხიმინჯს და გრუნტს შორის ხახუნი) და 4.46 ტ.მ (ხიმინჯების საკუთარი წონა) და 2.79 ტ.მ (გრუნტის გადატვირთვა ხიმინჯებიზე), ნახ. (4.16).

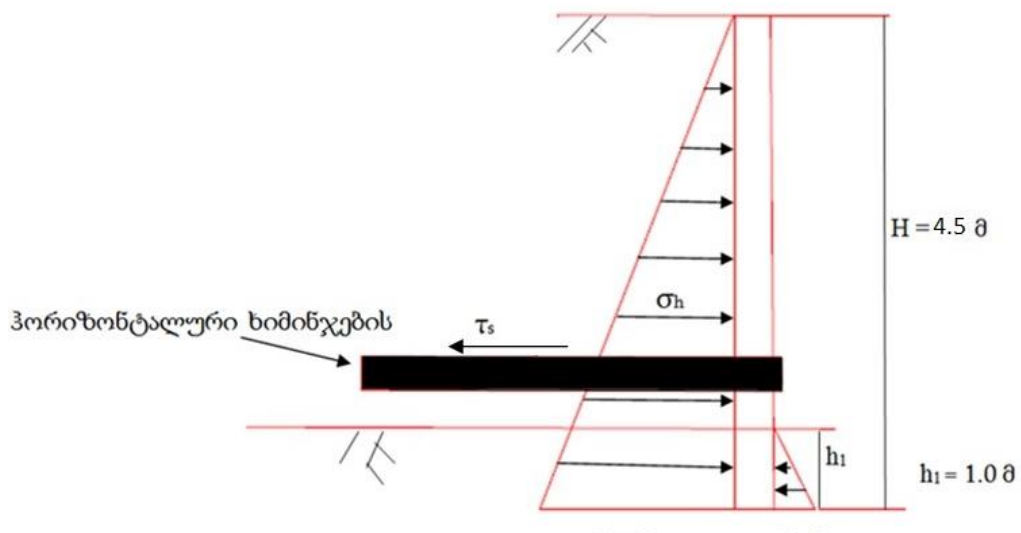
საყრდენი კედლის გაანგარიშება დეტალურად:

საყრდენი კედლის ზომა, +3.5 მ სიმაღლე, საყრდენი კედლის სიგანე ზემოდან არის 0.5 მ და ქვემოდან 0.6 მ, ხიმინჯების სიგრძე (5.0) მ, კვადრატი ხიმინჯების (0.6*0.6)მ, მანძილი ხიმინჯებს შორის 3.0 მ (სიმკვრივე) $\gamma = 1.8 \text{ ტ/მ}^3$, $\varphi = 6^\circ$, $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$, $\delta = 0.75 \varphi$,

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{ha} &= \frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi} \gamma h - 2C \sqrt{\frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi}} && (\text{მიწის აქტიური დაწოლა კედელზე}) \\ \sigma_{hp} &= \frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi} \gamma h + 2C \sqrt{\frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi}} && (\text{მიწის პასიური დაწოლა}) \end{aligned} \right\}$$

$$K_a = \frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi} \quad (\text{მიწის წნევის აქტიური კოეფიციენტი})$$

$$K_p = \frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi} \quad (\text{მიწის წნევის პასიური კოეფიციენტი})$$



ნახ. 4.16 გაანგარიშება საყრდენი კედლის მოცურების მდგრადობაზე

$$K_a = \frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi} = 0.81$$

$$\sigma_{ha} = \frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi} \gamma h - 2C \sqrt{\frac{1-\sin \varphi}{1+\sin \varphi}}$$

$$\sigma_{ha} = 4.76 \times 2.25 = 10.71 \text{ ტ/მ}^2$$

$$3 \text{ მ სიგრძე კედლისთვის } \sigma_h = 32.13 \text{ ტ/3 მ}$$

$$K_p = \frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi} = 1.23$$

$$\sigma_{hp} = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} \gamma h + 2C \sqrt{\frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi}} \quad [5,24]$$

$$\sigma_{hp1} = ((1.23 \times 1 \times 1.8) + 2.22) \times 0.5 \times 3 = 6.7 \text{ ტ/მ} \quad (\text{მიწის წინააღმდეგობა})$$

$$\sigma_{hp2} = 5 \times 2.4 \times 0.6 \times 0.6 = 4.32 \text{ ტ} \quad (\text{ხიმინჯის საკუთარი წონა})$$

$$\sigma_{hp3} = 2.4 \times 0.55 \times 4.5 \times 3 = 17.82 \text{ ტ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$\sigma_{hp4} = (K \sigma_v \tan \delta + C) A_c \times L \quad (\text{ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი})$$

$$K = 0.81$$

$$= [(0.81 \times 2.5 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 2.4 \times 5 = 15.46 \text{ ტ/მ}$$

$$F.S. = \frac{6.70 + 4.32 + 17.82 + 15.46}{32.13} = 1.38 \quad (1.25 \leq 1.38 \leq 2.00) \text{ ის არის უსაფრთხო}$$

განგარიშება საყრდენი კედელი გადამბრუნებელის მდგრადობაზე ნახ. (4.17) .

$$M_o = \sigma_{ha} \times \text{მკლავი}$$

$$M_o = 10.71 \times 1.5 = 16.07 \text{ ტ.მ}$$

$$M_{P1} = ((1.23 \times 1 \times 1.8) + 2.22) \times 0.5 \times 0.33 = 0.73 \text{ ტ.მ} \quad (\text{მიწის წინააღმდეგობა})$$

$$M_{P2} = (K \sigma_v \tan \delta + C) A_c \times L \times \text{მკლავი} \quad (\text{ხიმინჯებს და გრუნტს შორის ხახუნი})$$

$$M_{P2} = [(0.81 \times 2.7 \times 1.8 \times 0.079) + 1] \times 2.4 \times 5 \times 3.1/3 = 16.25 \text{ ტ.მ}$$

$$M_{P3} = 5 \times 0.6 \times 0.6 \times 2.4 \times 3.1/3 = 4.46 \text{ ტ.მ} \quad (\text{ხიმინჯის საკუთარი წონა})$$

$$M_{P4} = (4.5 \times 0.1 \div 2) \times 2.4 \times 0.03 = 0.02 \text{ ტ.მ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$M_{P5} = 4.5 \times 0.5 \times 2.4 \times 0.35 = 1.89 \text{ ტ.მ} \quad (\text{კედლის საკუთარი წონა})$$

$$M_{P6} = 1.8 \times 2.5 \times 0.6 \times 3.1/3 = 2.79 \text{ ტ.მ} \quad (\text{გრუნტის გადატვირთვა})$$

ხიმინჯებიზე)

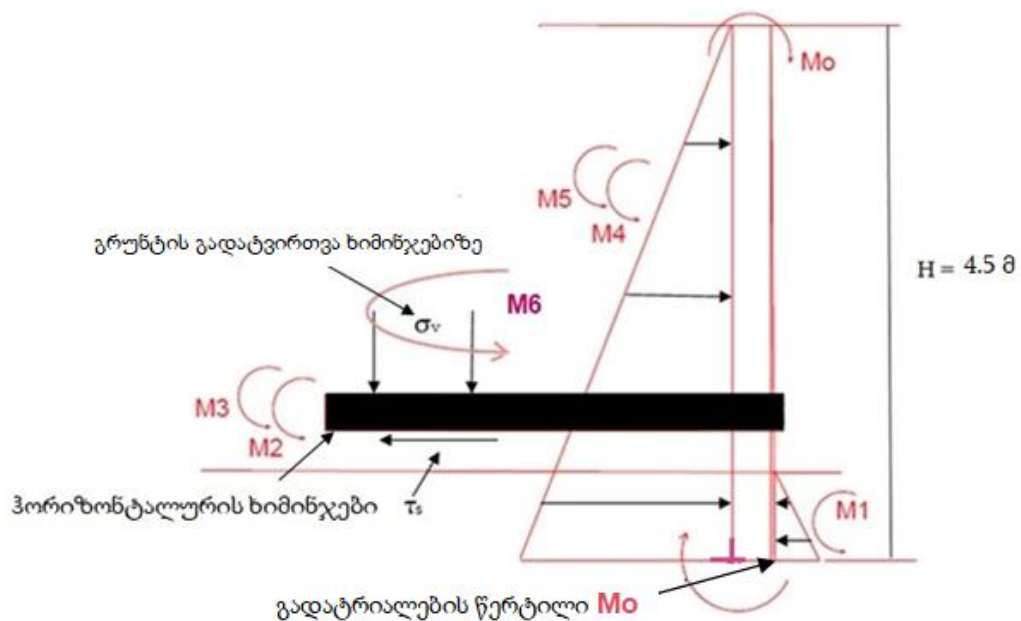
$$F.S. = \frac{0.73 + 16.25 + 4.46 + 0.02 + 1.89 + 2.79}{16.07} = 1.63 \geq 1.50 \quad \text{ის არის უსაფრთხო}$$

ცხრილი No. 4.7

მუხათვერდის მეწყრის საანგარიშო ცხრილი. საყრდენი კედლის სიმაღლე = 3.5 მ;

(სიმკვრივე, შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა) $\gamma = 1,8 \text{ ტ/მ}^3$ - $\varphi = 6^\circ$ - $C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$

ბლოკის No.	ბლოკის ზომები მ	ბლოკის მოცულობა მ ³	ბლოკის წონა ტ = გ	ბლოკის დახრა α	$\tan \alpha$	$H = g \tan \alpha$	C/P	$Fp = \tan \varphi + C/P$	$\Psi p = \arctan Fp$	$\alpha - \Psi p$	$\tan (\alpha - \Psi p)$	$E = g \tan (\alpha - \Psi p)$
1	(6.5×5)/2	16.25	29.25	32	0.62	18.14	0.11	0.22	12.41	19.56	0.36	10.53
2	((5.00+6.66)/2)×4.4	25.65	46.17	28	0.53	24.47	0.11	0.22	12.41	15.59	0.28	12.93
3	((6.66+6.15)/2)×1.6	10.25	18.45	0	0	0	0.17	0.28	15.64	-15.64	-0.28	-5.17
4	((6.15+2.07)/2)×6	24.66	44.39	0	0	0	0.25	0.36	19.80	-19.80	-0.36	-15.98
5	((2.07+0.82)/2)×6	8.67	15.61	0	0	0	0.72	0.83	39.69	-39.69	-0.83	-12.96
6	(0.82×1.95)/2	0.80	1.44	0	0	0	2.06	2.17	65.26	-65.26	-2.17	-3.12
						42.61						-13.77
$K = (H-E)/H = (42.61-(-13.77))/42.61 = 1.32 > 1.0$ ის არის უსაფრთხო												



ნახ. 4.17 გაანგარიშება საყრდენი კედელის გადატვირთვის მდგრადობაზე

ჰორიზონტალური ხიმინჯის არმატურის გაანგარიშება

საწყისი მონაცემები :

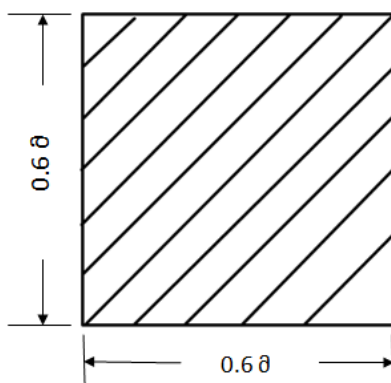
$$M = 24.06 \text{ ტ.მ}$$

ხიმინჯების კვადრატულის კვეთის ზომა (0.6*0.6) მ .

$$h = 0.6 \text{ მ} ; h_0 = 0.55 \text{ მ} ;$$

ბეტონი მძიმე B 20 კლასის (მ 250); $R_b = 11.5 \text{ მპა}$;

არმატურა S, AT-IIIC კლასის ($R_s = 365 \text{ მპა}$), ნახ. (4.18, 4.19)



ნახ. 4.18 ხიმინჯების კვადრატულის კვეთის

კოეფიციენტის გათვალისწინებით

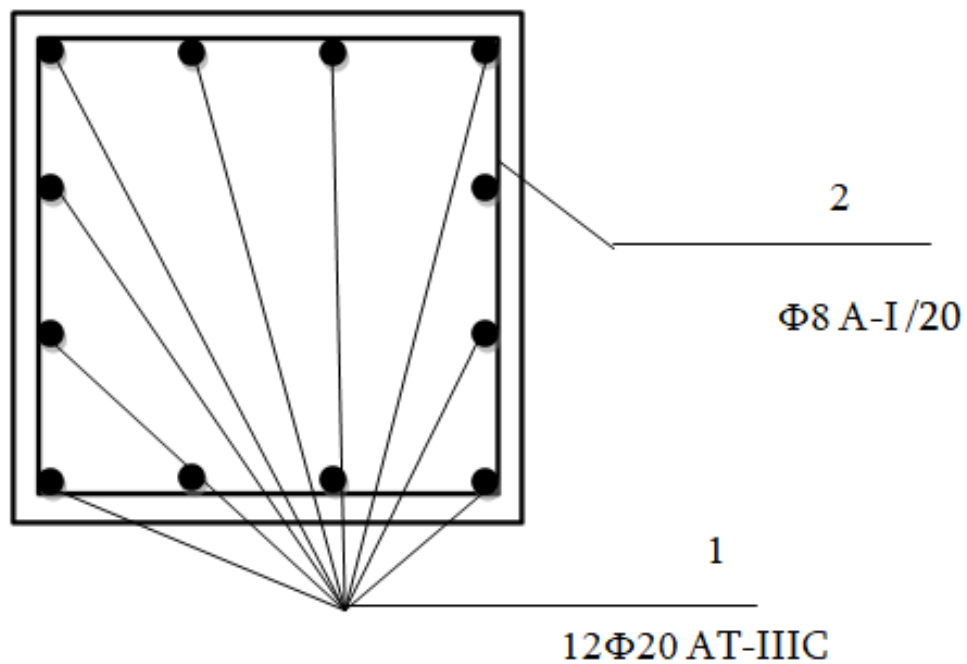
$$R_b \cdot \gamma_{b2} = 11.5 \cdot 0.9 = 10.35 \text{ მპა} = 103.5 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$R_o = \frac{2406000}{60 \times 55^2 \times 103.5} = 0.13 < 0.4$$

(გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტი) $V = 0.74$

$$A_s = \frac{2406000}{0.74 \times 55 \times 3650} = 16.20 \text{ სმ}^2$$

6 $\Phi 20$ AT-IIIIC ($A_s = 18.84 \text{ სმ}^2$)



ნახ. 4.19 ხიმინჯის დაარმატურება

საყრდენი კედელი არმატურის გაანგარიშება

საწყისი მონაცემები :

1. როგორც ანგარიშმა გვაჩვენა მომენტი $M = 16.07 \text{ ტ.მ}$

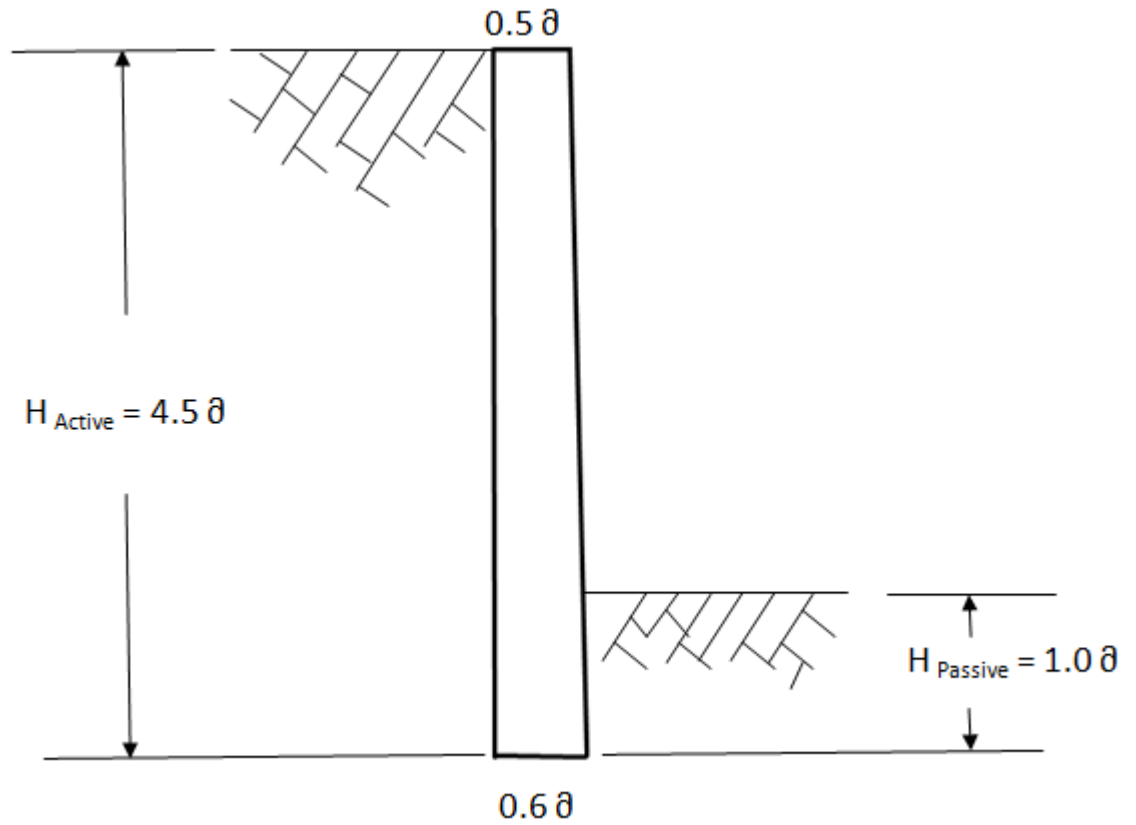
2. კედლის სისქის საშუალო $h_3 = 0.55 \text{ მ}$

3. ბეტონის B-20 კლასის ($R = 11.5 \text{ მპა}$)

4. არმატურა A=IIIIC კლასის ($R_s = 365 \text{ მპა}$).

$h = 0.55 \text{ მ}$, $a = 0.05 \text{ მ}$, $h_o = 0.50 \text{ მ}$, $b = 1.0 \text{ მ}$

შევამოწმებთ კედლის სისქეს, ნახ. (4.20, 4.21) :



ნახ. 4.20 საყრდენი კედლის კვეთის

$$b \cdot h_0 \cdot R_b = 100 \cdot 50 \cdot 9 = 45000 \text{ კგ} = 45.0 \text{ ტ}$$

$$E = 10.71 \text{ ტ}, \quad 1,2E = 12.85 < 45.0 \text{ ტ}$$

ე.ი. განივი არმატურის ანგარიში საჭირო არ არის.

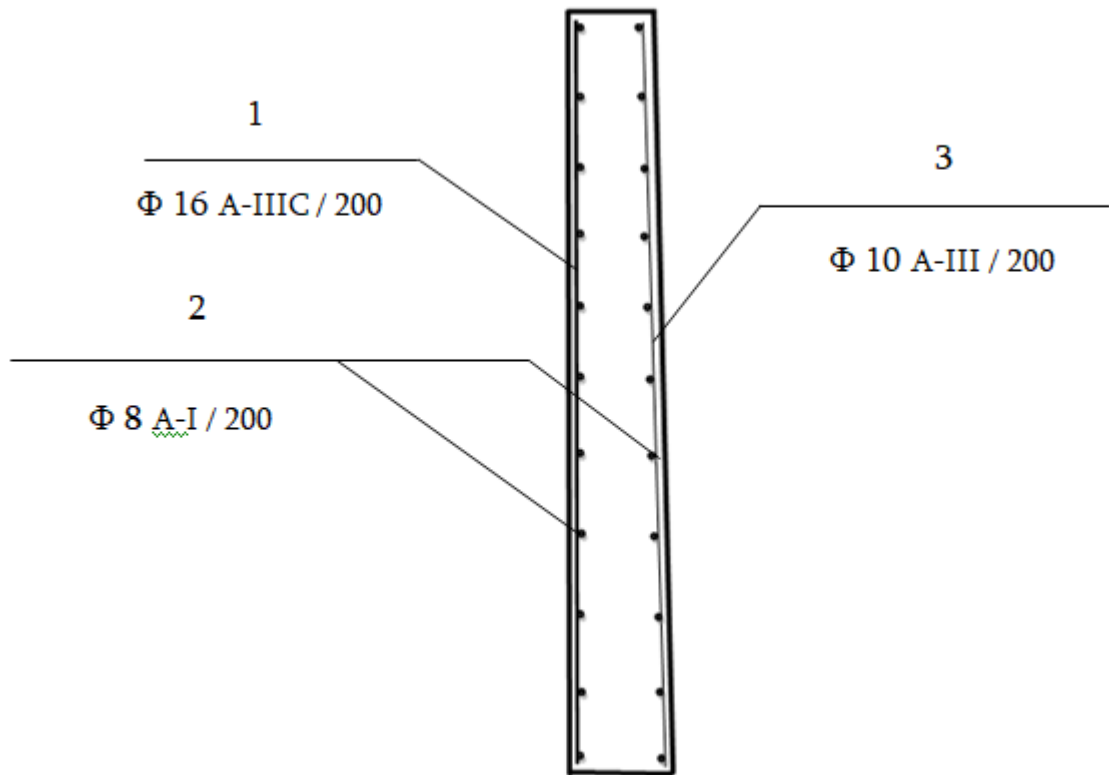
B 20 კლასის ბეტონისათვის

$$R_b \cdot \gamma_{b2} = 11.5 \cdot 0.9 = 10.35 \text{ მპა} = 103.5 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$B_o = \frac{1607000}{100 \times 50^2 \times 103.5} = 0.062 \quad \ell = 0.85$$

$$A_s = \frac{1607000}{0.85 \times 50 \times 3650} = 10.36 \text{ სმ}^2$$

6 Φ 16 AT-IIIC ($A_s = 12.06 \text{ სმ}^2$)

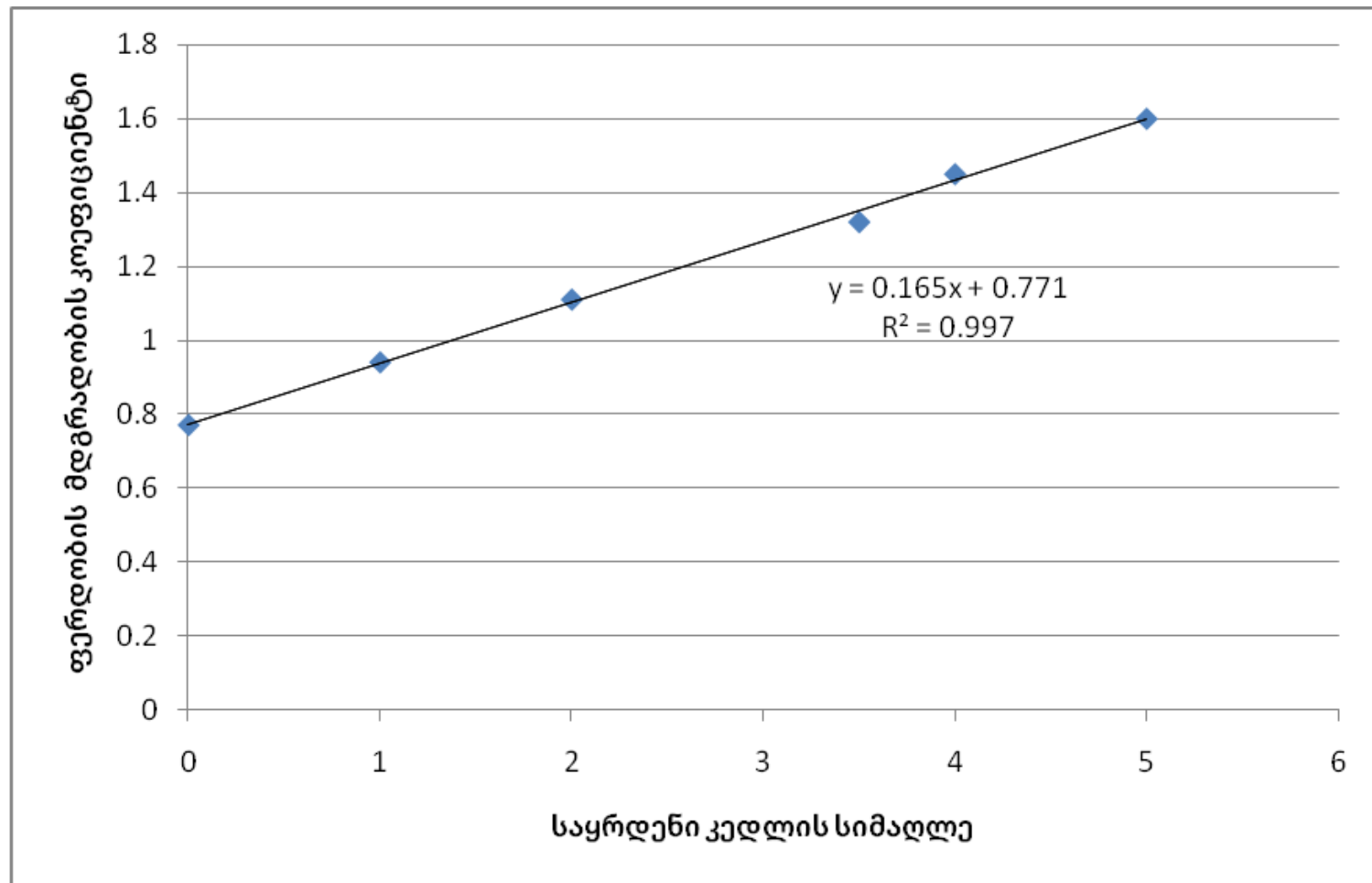


ნახ. 4.21 საყრდენი კედელი დაარმატურება

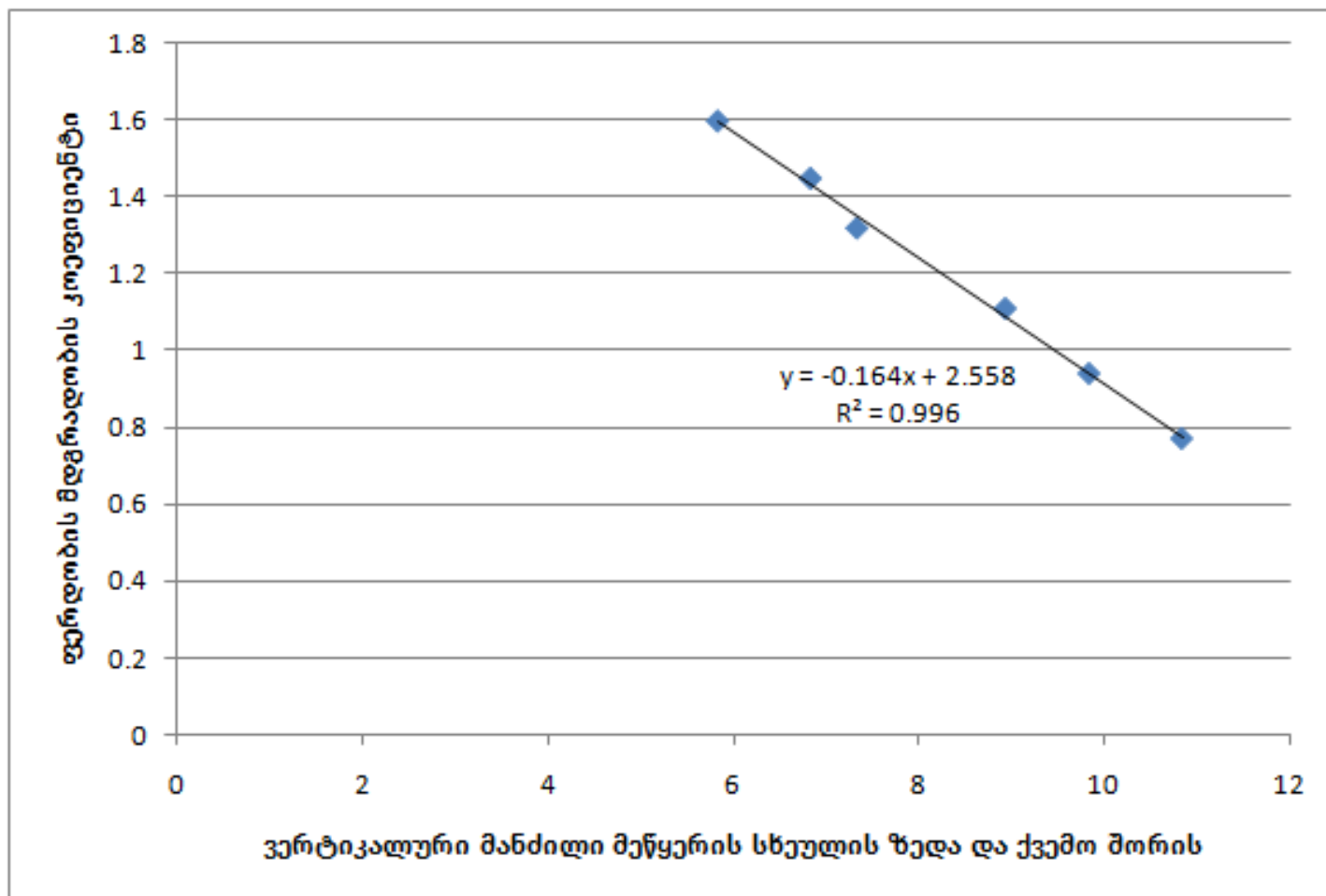
ურთიერთობის სტატისტიკა

ექვსი მოდელის გაანგარიშების შედეგად შეგვიძლია ვიპოვოთ ურთიერთობა, სტატისტიკის ექსელის პროგრამის გამოყენებით მეწყრული მდგრადობის კოეფიციენტსა და საყრდენი კედლის სიმაღლეს შორის . ურთიერთობა არის ხაზოვანი და კვადრატული ფესვი იყო $R^2 = 0.997$,

მეწყრული მდგრადობის კოეფიციენტსა და მეწყრული სხეულის სიმაღლეს შორის ურთიერთობა არის ხაზობრივი, ხოლო კვადრატული ფესვი $R^2 = 0.996$, გრაფიკი (4.1) და გრაფიკი (4.2).



გრაფიკი 4.1 მეწერული მდგრადობის კოეფიციენტს და საყრდენი კედლის სიმაღლეს შორის ურთიერთობა



გრაფიკი 4.2 მეწყერული მდგრადობის კოეფიციენტი და მეწყერული სხეულის სიმაღლეს შორის ურთიერთობა

4.3. დასკვნები და რეკომენდაციები

ჩატარებული სამუშაოების მიხედვით, მუხათგვერდის მეწყრული პროცესების წარმოშობა და მეწყრული ფერდობების გამაგრება საყრდენი კედლის ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით, შეიძლება შემდეგი დასკვნების გაკეთება :

1. გეომორფოლოგიურად, ქ. თბილისი წარმოადგენს მთაგორიან ქვეყანას, სადაც მეწყრული პროცესები საკმაოდ განვითარებულია.
2. ძირითადი ფაქტორებიდან, რომელიც იწვევენ მეწყერებს, წყლებია. ამიტომ მეწყრულ ზონებში მკაცრად უნდა იქნეს დაცული ტერიტორიები როგორც ზედაპირული ისე გრუნტის წყლებისგან.
3. ამრიგად ფერდობის ქანობის გაზრდამ და ზედაპირული წყლების გააქტიურებამ გამოიწვია მუხათგვერდის მეწყრის წარმოქმნა.
4. ჩვენ გამოვიყენეთ ჰორიზონტალური (კონტრფორსულის) ხიმინჯების საყრდენი კედლის ექვსი სხვადასხვა მოდელი, ზოგი ასაწყობი საყრდენი კედლის ბლოკი, ზოგიც საყრდენი კედლის ჰორიზონტალური ხიმინჯების გამოყენებით. მეწყერის მდგრადობის კოეფიციენტი გაზრდილია 0.77-დან (1.60, 1.45, 1.32, 1.11)-მდე და გახდა უსაფრთხო.
5. საყრდენი კედლის მოწყობისთვის, თუ ტერიტორია შეზღუდულია, შეგვიძლია გამოვიყენოთ თხელკედლიანი ანკერული საყრდენი კედელი.
6. ეკონომიკური ფაქტორები მნიშვნელოვანია საყრდენი კედლის ტიპის ასარჩევად.
7. ზოგჯერ მეწყრის მდგრადობა და გადატრიალების მომენტის მდგრადობა არ არის უსაფრთხო, ამ შემთხვევაში საჭიროა ხიმინჯების რაოდენობის გაზრდა ან საყრდენი კედლების ზომების შეცვლა.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Арешидзе Г.М. Оползны Грузинской ССР. Тбилиси, Мецниереба, 1980, 180 С.
2. Terzaghi K., Theoretical Soil Mechanics, J. Wiley, New York, 1943, 510 p.
3. გ. ჭოხონელიძე და სხვები. გრუნტების მექანიკა და ფუძე-სადირკვლები, ქ. თბილისი, 2005წ, 212 გვ.
4. გ. ჭოხონელიძე და სხვები. „საინჟინრო გეოლოგია, გრუნტების მექანიკა და ფუძე-სადირკვლები“, ქ. თბილისი, 2018წ., 77 გ.
5. Arnold V. Soil mechanics Delft University of Technology, 2006, 311 p.
<https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/SoilMechBook.pdf> საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 22.09.2020
6. Bowles Joseph E. , Foundation analysis and design , fifth edition , McGraw-Hill , 1997. 1241 p.
7. Fu Z., Wanxi Z., and Mingzhi S. A New Calculation Method for the Soil Slope Safety Factor, Mathematical Problems in Engineering, 2017, p. 1-6.
<https://www.hindawi.com/journals/mpe/2017/3569826/> საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 13.06.2021.
8. Цитович Н.А. Механика грунтов. Высшая школа. 1979, 272 С.
9. Гинзбург Л.К. противооползневые удерживающие конструкции. Москва. Высшая школа, 1979, 109 С.
10. Емепинова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. Москва. 1972, 275 С.
11. კერესელიძე დ. გრუნტების მექანიკა და ფუძე-სადირკვლები. თბილისი, განათლება, 1977წ., 326 გვ.
12. მხეიძე ო.რ., ჭოხონელიძე გ.ი. და ალ-იმამ ბ. მეწყრული ფერდობების გამაგრება ახალი ტიპის საყრდენი კედლის გამოყენებით „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“, სსს, ISSN 1512-0287, No.1, Vol. 90, 2020 გ. 52-56.
13. ორაგველიძე ზ. ხიმინჯოვანი მეწყერსაწინააღმდეგო ნაგებობების ფერდობებზე განლაგებისას მჭკრივებს შორის მანძილების განსაზღვრა. ს.ტ.უ. შრომები, №2, 1998 წელი, გვ.1-12.
14. ორაგველიძე ზ. მეწყერების შეკავება ხიმინჯოვანი ნაგებობების გამოყენებით, სამთო ჟურნალი, №1(3), 1999 წელი, გვ. 1-10.

15. AL-IMAM B. New type of retaining Wall, SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL “BUILDING”#2(55), 2020.p. 62-65.
16. ჯაფარიძე ვ., არეშიძე გ., გარსევანიშვილი ტ. და ღვინჯილია ნ. დეფორმირებულ შენობა-ნაგებობათა საძირკვლების ნაბურღინიექციური ხიმინჯებით გაძლიერების შესახებ, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნ. „მშენებლობა“, ISSN 1512-3936 #1(28), 2013, გ.124-128.
17. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. М. Стройиздат, 1977, 320 С.
18. არეშიძე გ. მეწყრული პროცესები და მათი მდგრადობის ანგარიშის თანამედროვე მდგომარეობა . სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნ. „მშენებლობა“, ISSN 1512-3936 #2(33), 2014, გ. 130-135.
19. Shunqing L., Xianwen H., Aizhao Z., Jun H. and Wei W. Soil-Rock Slope Stability Analysis by Considering the Nonuniformity of Rocks, Hindawi Mathematical Problems in Engineering Volume 2018, 15 p. <https://downloads.hindawi.com/journals/mpe/2018/3121604.pdf> საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 11.06.2021.
20. Тер-степанян Г.И. О длительной устойчивости склонов. Ереван.1961, 136 С.
21. Шихуненц Г.М. К вопросу расчета устойчивости откосов. Труды мнит. 1964, 83 С.
22. Ломидзе Г.М. Нахождение опасной поверхности скольжения при расчете устойчивости склона гидротехнического строительство. 1954. №2, С. 8-9.
23. Маслов Н.Н. Условие устойчивости склонов и откосов в гидротехническом строительстве. Москва. Госэнергоиздат. 1959, 328 С.
24. [https://en.wikipedia.org/wiki/Slope_stability_analysis#Modified Bishop's Method of Analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Slope_stability_analysis#Modified_Bishop's_Method_of_Analysis) საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 10/6/2021.
25. Peerdawood C. and Mawlood Y. Analytical Study for Stability of Gabion Walls Zanco, Journal of Pure and Applied Sciences, Salahaddin University, Hawler, Vol. 22 No. 5, 2010, p. 21-34.
26. Sabatini, P.J., Pass, D.G., and Bachus, R.C. Ground anchors and anchored systems, Geotechnical Circular No. 4, FHWA-IF-99-015, Federal Highway Administration, Department of Transportation, Washington DC. (1999), 304 p.
27. Ashour M. and Ardalan H., Analysis of landslide and slopes stabilized using one row of piles. Ph.D. Dissertation, Deep Foundation Institute (DFI) and The University of Alabama in Huntsville, Canada, March 2013, 119 p.

<http://www.dfi.org/update/DFIFinalReportAnalysisofLandslidesandSlopesStabilizedMarch%202013.pdf> საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 12.06.2021.

28. James R. Bartz, C. Derek Martin and Michael T. Hendry Design Procedure for Landslide Stabilization using Sheet Pile Ribs, Canadian Geotechnical Journal. May, 2018 P. 1-46. <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/93555/1/cgj-2018-0082.pdf> საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 12.06.2020.
29. Şengör M.Y., Ergun M.U., and Huvaj N. Landslide stabilization by piles: A case history. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, 2013p. 2235-2256 . <https://www.cfmsols.org/sites/default/files/Actes/2253-2256.pdf> საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 03.06.2020.
30. Gotman A., and Suvorov M. A. Calculation of Features of Many Row Pile Landslide Protection Structures, 6th International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, Arlington, VA, USA, August 11-16, 2008 p. 1-7.
31. Sun S.-W., Zhao F., and Zhang K. Stability of Slopes Reinforced with Truncated Piles, Hindawi Publishing Corporation , Advances in Materials Science and Engineering 2016 p. 1-17. <https://www.hindawi.com/journals/amse/2016/1570983/> საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 12.06.2020.
32. Ancuța R., Daniel O. and Paulică R. Analysis of the Landslide Movements International journal of geology Issue 3, Volume 1, 2007 p.71-72. <https://naun.org/multimedia/NAUN/geology/ijgeo-10.pdf> საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 12.06.2021.
33. Gaprindashvili G. (Landslide hazard assessment in Georgia) , university of Twente, 2011, p. 1-15. http://drm.cenn.org/Local_Case_studies/Landslide%20hazard%20assessment%20in%20Georgia1.pdf საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 11.06.2021
34. ალ-იმამ ბაშარ. ხიმიჯები და მათი გამოყენება მშენებლობაში „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“, სსს, ISSN 1512-0287, N2, Vol. 91, 2020 გ. 50-52.
35. არეშიძე გ. ქ. თბილისის მუხათგვერდის მეწყრის მდგრადობის შესახებ. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნ. „მშენებლობა“, ISSN 1512-3936 #3(38), 2015 გ. 60-62.
36. Heisnam B., Ramawadh S., Mairembam Ch, and Moirangthem O. Physical properties of soil and its implication to slope stability of Nungbi Khunou, NH-150, Manipur, International Journal of Geosciences, Vol. 8 No.11, November 2017 <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=80559> საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 12.06.2021.

37. Zhen-Ming S., Chen-Xi Z., Qing-Zhao Z., Bo-An J. and Jing S. Experimental investigations of platform landslide during rainfall processes, Geotechnical Research, ice publishing, 2019, p. 1-13.
<https://www.icevirtuallibrary.com/doi/pdf/10.1680/jgere.18.00038> საიტი
 უკანასკნელად გადამოწმდა 12.06.2020.
38. Tofani V, Bicocchi G., Rossi G., Segoni S., D'Ambrosio M., Casagli N., and Catani F., Soil characterization for shallow landslides modeling: a case study in the Northern Apennines (Central Italy) 2017, p. 755-770.
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10346-017-0809-8.pdf> საიტი
 უკანასკნელად გადამოწმდა 12.06.2020.
39. ალ-იმამ ბ., მხეიძე ო., და ჭოხონელიძე გ. გრუნტის თვისებების გავლენა მეწყერზე სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი "მშენებლობა", No.2(55), 2020 გ. 107-109.
40. Brakorenko N., Leonova A. and Nikitenkov A. Effect of soil water saturation on slope stability: Tomsk case study, E3S Web of Conferences 98, published by EDP Sciences, 2019, p. 1-5. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/24/e3sconf_wri-162018_05005.pdf
 საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 12.06.2021.
41. Vasudevan N., Ramanathan and K. Geological factors contributing to landslides: case studies of a few landslides in different regions of India, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 30, 2016, p.1-6.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/30/1/012011/pdf> საიტი
 უკანასკნელად გადამოწმდა 12.06.2020.
42. Singh H. and Akhtar S. A Review on Economic Analysis of Reinforced Earth Wall with Different Types of Reinforcing Materials International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering ISSN 2278 – 2540 Volume 5, Issue 12, November 2015, p. 68-74. <https://www.ijltemas.in/DigitalLibrary/Vol.4Issue12/68-74.pdf> საიტი უკანასკნელად გადამოწმდა 11.06.2016.
43. ალ-იმამ ბ. საყრდენი კედლების ტიპის შერჩევა საინჟინრო ეკონომიკის შესაბამისად ჟურნალი „ბიზნეს-ინჟინერინგი“, ISSN 1512-0538, No.3, 2020 გ. 154-155.