



საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი
1922 წლიდან

ქეთევან ჯერენაშვილი

მონოლითურ რკინაბეტონის მაღლივ
შენობებში შემსუბუქებული სართულშუა
გადახურვები კომპოზიტური კობიაქსის
სისტემის გამოყენებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

შიფრი 0732

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0160, საქართველო

2023 წ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფაკულტეტი სამშენებლო

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ქეთევან ჯერენაშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: მონოლითურ რკინაბეტონის მაღლივ შენობებში შემსუბუქებული სართულშუა გადახურვები კომპოზიტური კობიაქსის სისტემის გამოყენებით და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო, ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

-----, ----- 2023 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელები: პროფესორი თამაზ ხმელიძე

ასოცირებული პროფესორი ფატიმა ვერულაშვილი

რეცენზენტი: ტეფ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი გელა ყიფიანი

რეცენზენტი: ტეფ. მეცნ. დოქტორი ედიშერ მაჩაიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2023 წ

ავტორი: ქეთევან ჯერენაშვილი

დასახელება : მონოლითურ რკინაბეტონის მაღლივ შენობებში შემსუბუქებული

სართულშუა გადახურვები კომპოზიტური კობიაქსის სისტემის გამოყენებით

სადოქტორო პროგრამა: მშენებლობა

ხარისხი: დოქტორის აკადემიური ხარისხი

მისანიჭებელი კვალიფიკაცია: მშენებლობის ინჟინერიის დოქტორი

სხდომა ჩატარდა _____

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

ავტორის ხელმოწერა _____

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

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

რეზიუმე

თანამედროვე საერთაშორისო სამშენებლო ნორმების (ISO, EN, DIN, СНиП) თანახმად, სამოქალაქო დანიშნულების მაღლივი შენობების (სიმაღლე >75 მ) დაპროექტების ერთიანი ნორმები არსებობს, რადგან ეს შენობები აღიქმება როგორც უნიკალური ნაგებობები და მათი არქიტექტურული და კონსტრუქციული გადაწყვეტები მიიღება ინდივიდუალურად. ძირითადი საშენი მასალაა ფოლადი და რკინაბეტონი. ცნობილია, რომ ასეთი შენობებში მზიდი კონსტრუქციების (საძირკველი, სვეტი, რიგელი, გადახურვის ფილა და სხვ.) წილი დაახლოებით 37-40%-ია. რკინაბეტონის გამოყენება ზრდის სიხისტეს, ცეცხლმედეგობას, საექსპლუატაციო ვადას, საშუალებას იძლევა მექანიზებული გავხადოთ სამშენებლო-სამონტაჟო პროცესები, გავამრავალფეროვნოთ შენობის ინტერიერები და ექსტერიერები და საბოლოო ჯამში გავაუმჯობესოთ სამშენებლო ეკონომიკური მაჩვენებლები.

მიუხედავად რკინაბეტონის უამრავი დადებითი თვისებისა საცხოვრებელი და კომერციული დანიშნულების ობექტების მშენებლობაში, მათ გააჩნიათ მნიშვნელოვანი ნაკლიც - დიდი მასა, რის გამოც შენობა საჭიროებს დიდი ზომის საძირკველებს, ანტისეისმური ღონისძიებების ჩატარებას, დაცვას აგრესიული გარემოს ზემოქმედებისგან, ქარისა და სეიმური დატვირთვებისგან გამოწვეულ რხევების ჩაქრობ ღონისძიებებს და ა.შ., რაც საბოლოო ჯამში მოქმედებს სახარჯთაღრიხვო ღირებულებაზე.

მასის გავლენა შენობის მზიდუნარიანობასა და სეიმომდგრადობაზე განსაკუთრებით ცხადად შეინიშნება მაღლივ შენობებში (ცათამბჯენებში), რის საკომპენსაციოდ მიმართავენ სხვადასხვა, ძვირად ღირებული, გასაძლიერებელი და დამცავი ღონისძიებების ჩატარებას.

მაღლივი შენობის მასის შემცირება შესაძლებელია თვითმზიდ კედლებსა და ტიხრებში მსუბუქი მასალების გამოყენებით, რკინაბეტონის მზიდი კონსტრუქციების განივკვეთების შემცირებით მაღალი კლასის (B60-B80) ბეტონების მეშვეობით, ხისტი არმატურის გამოყენებით, სართულშუა რკინაბეტონის მონოლითურ გადახურვებში სიცარიელეების წარმომქმნელი სადებების შემოტანით (ბაბლდეკის, კობიაქსის სისტემები და სხვ.), ასევე მსუბუქი მასალის (პერლიტი, ქაფპლასტი, ქაპოლიურეთანი, ქაფპოლისტირენი, ფიჭაპლასტი, ტორფი, პემზა) ბლოკების ჩანართებით გადახურვებში და სხვ.

ჩატარებული თეორიულ-ექსპერიმენტალური კვლევების საფუძველზე შემოთავაზებულია მაღლივ კარკასულ შენობებში ურიგელო მონოლითურ სართულშუა გადახურვების მასის შემცირების ღონისძიებები, კობიაქსის სისტემებთან შედარებით, იაფფასიანი სადებების გამოყენებით (პლასტმასის მეორადი სარგებლობის ბოთლები (GEO Ket), საკანალიზაციო მილების ნარჩენები (GEO Tam - გადანაჭრები).

შესრულებულია ექსპერიმენტალური კვლევები 2 ლ ტევადობის პოლიპროპილენისგან დამზადებულ ბოთლებზე მათი ქცევის შესასწავლად ბეტონის მასივში ტევადობის შიგნით სხვადასხვა წნევის პირობებში, ასევე

განისაზღვრა შიდა ჭარბი წნევის კრიტიკული სიდიდე და გრძივი თანაბარგანაწილებული დატვირთვის კრიტიკული მნიშვნელობა.

ექსპერიმენტალური კვლევების ჩატარების შედეგების ანალიზის საფუძველზე შემოთავაზებულია სართულშუა მონოლითურ გადახურვებში, ასევე სპორტული და საბავშვო მოედნების, საბაღე ბილიკების, საგზაო ტროტუარების, ფარდულებისა და სავაჭრო ობიექტების, საწარმოების, საგამოფენო დარბაზების, პავილონებისა და მისთ. იატაკების მონოლითურ რკინაბეტონის ფილებში საყოფაცხოვრებო ნარჩენების, კერძოდ, ნიპელის თავსახურიანი პოლიპროპილენის ბოთლების გამოყენება, შიდა ჭარბი წნევით 1,8-2,0 ატმ. შესაძლებელია ბოთლების ნაცვლად ორმხრივად დახუფული პლასტმასის საკანალიზაციო მილების (დიამეტრი 100-200 მმ) ნარჩენების (სიგრძით 300-600 მმ) გამოყენებაც.

შევისწავლეთ 2018-2021 წლებში ქ. ბათუმში აშენებული ავტომობილების ტექნიკური მომსახურების ორსართულიანი მრავალფუნქციური კომპლექსი („თეგეტა მოტორსის“). ამ ობიექტზე გადახურვის ფილის (ფართობით 1411,6 მ²) შესამსუბუქებლად გამოიყენეს ევროპიდან შემოტანილი კობიაქსის ბურთულები. დოკუმენტაციის ანალიზმა აჩვენა, რომ კობიაქსის სადებების გამოყენებამ ობიექტზე 33%-ით შეამცირა ბეტონის ხარჯი, მაგრამ მთლიანი შენობის ღირებულება არ შემცირებულა, რაც გამოიწვია ქართულ სამშენებლო ბაზარზე ამ სადებების ძალიან მაღალმა ფასმა (ერთი ცალის ღირებულება საქმეში 25-30 ლ).

შემუშავდა გადახურვებში სიცარიელეწარმომქმნელი სადებებიანი (კობიაქსის ტიპის) სხვადასხვა სართულიანობისა და კონფიგურაციის მქონე რეალური (მშენებლობისა და დაპროექტების პროცესში მყოფი) შენობების (მრავალფუნქციური საავადმყოფო ქ. თბილისში, ჭავჭავაძის გამზ. №5; საცხოვრებელი კარკასული შენობა ქ. თბილისში, ვარკეთილის დასახლება, თრიალეთის ქ. № 36) გაანგარიშების კომპიუტერული პროგრამები „Лира Camp 2017“ და „Lira-CAIP 2013“ ვერსია R3-ს მეშვეობით.

შეიქმნა გაანგარიშების კომპიუტერული პროგრამა დაპროექტების სტადიაში მყოფი რეასართულიანი კარკასული შენობისა ურიგელო სართულშუა გადახურვებით შემსუბუქებული სიცარიელეწარმომქმნელი სადებებით, რომლებიც საანგარიშო მოდელში ჩაიდო ექვივალენტური ოთხკუთხა პრიზმების სახით. გაანგარიშებამ მოგვცა დადებითი შედეგები (კომპიუტერული პროგრამის შექმნის კონსულტანტი იყო სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი ზურაბ კაპანაძე).

რკინაბეტონის სართულშუა გადახურვებსა და მოედნების მოსაწყობად პოლივილინქლორიდის საკანალიზაციო მილების გადანაჭრების (GEO Tam) გამოყენების მიზნით დამუშავდა სადებების ტექნიკური მახასიათებლების მონაცემები ფილის სისქეზე დამოკიდებულებით. მონოლითური და სიცარიელეებანი ფილების შედარებითმა ანალიზმა აჩვენა რომ ბეტონის ხარჯი შემცირდა 33,8%-ით.

2021 წლის 23 სექტემბერს საქართველოს პარლამენტის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების კომიტეტმა სხდომაზე (იხ. საქართველოს პარლამენტის დოკუმენტები, 2021 წელი, გარემოს დაცვისა და

ბუნებრივი რესურსების კომიტეტის სხდომის ოქმი №25, 23 სექტემბერი), განიხილა „ინერტული ნარჩენების მდგრადი მართვის“ თემატური მოკვლევის საკითხი, სადაც კოდექსის მეოთხე მუხლის შესაბამისად (ნარჩენების მართვის იერარქია), რომელიც ნარჩენების მართვისათვის მოითხოვს პრევენციას, ხელახალი გამოყენებისათვის მომზადებას და რეციკლირებას, პარლამენტს წარედგინა ჩვენი ჯგუფის მიერ შემუშავებული საერთო მოსაზრებები, რომელიც ეხებოდა მონოლითურ რკინაბეტონის კონსტრუქციებში და ზოგადად ბეტონების წარმოებაში პლასტმასის მეორადი ნარჩენების გამოყენების საკითხს (მომხსენებელი პროფესორი თ. ხმელიძე). პარლამენტმა გამოხატა საგნობრივი დაინტერესება აღნიშნული საკითხის მიმართ და ამ წინადადებამ ასახვა პოვა დადგენილების რეგლამენტში (იხ. რეკომენდაცია 5. საქართველოს პარლამენტის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების კომიტეტის სხდომის ოქმი N41. 2022 წლის 19 აპრილი, 16:30 საათი, საქართველოს პარლამენტი, პირველი რესპუბლიკის დარბაზი).

პარლამენტის დადგენილების რეალიზაციის საუკეთესო გზად გვესახება ამ მიმართულებით სამეცნიერო კვლევების გააქტიურება და პრობლემის გადაჭრაში პლასტმასებისა და კომპოზიტების მწარმოებელი ფირმებისა და ორგანიზაციების ქმედითი ჩართვა.

Abstract

According to the modern international construction norms (ISO, EN, DIN, СНиП), there are uniform norms for designing high-rise civil purpose buildings (height >75 m), because these buildings are perceived as unique structures and their architectural and construction solutions are adopted individually. The main building materials are steel and reinforced concrete. It is known that in such buildings the share of load-bearing structures (foundation, column, rafters, roof tiles, etc.) is about 37-40%. The use of reinforced concrete increases hardness, fire resistance, service life, allows to mechanize the construction and installation processes, to diversify the interiors and exteriors of the building, and ultimately to improve the economic indicators of construction.

Despite the advantages of reinforced concrete in the construction of residential and commercial objects, they also have a significant disadvantage - a large mass, which is why the building requires big foundations, anti-seismic measures, protection from the effects of an aggressive environment, damping measures of oscillations caused by wind and seismic loads, etc. , which ultimately affects the cost-effectiveness value.

The influence of mass on the carrying capacity and seismic stability of the building is especially clearly observed in high-rise buildings (skyscrapers), for which various, expensive, strengthening, and protective measures are used to compensate.

It is possible to reduce the mass of a high-rise building by using light materials in self-supporting walls and partitions, by reducing the cross-section of reinforced concrete load-bearing structures through high-grade (B60-B80) concrete, by using rigid reinforcement, by introducing void-forming joints in monolithic reinforced concrete roofs between floors (bubble deck, Cobiax systems, etc.), Also in roofing with inserts of blocks of light material (perlite, foam plastic, foam polyurethane, polystyrene foam, fichaplast, peat, pumice) etc.

On the basis of the conducted theoretical-experimental studies, measures to reduce the mass of irregular monolithic inter-floor roofs in high-rise frame buildings are proposed, compared to Cobiax systems, using cheap materials (recycled plastic bottles, sewage pipe waste (offcuts).

Experimental studies have been carried out on bottles made of polypropylene with a capacity of 2 L to study their behavior in the concrete array under different pressure conditions. The critical value of the internal brow pressure and the critical value of the longitudinal uniformly distributed load were also determined.

Based on the analysis of the results of experimental studies, it is proposed to use monolithic roofs between floors, as well as sports and children's playgrounds, garden paths, road pavements, sheds and shopping facilities, enterprises, exhibition halls, pavilions, etc. In monolithic reinforced concrete slabs of floors, the use of

household waste, in particular, polypropylene bottles with nipple caps, with an internal excess pressure of 1.8-2.0 atm. It is also possible to use plastic waste pipes (diameter 100-200 mm) (length 300-600 mm) closed on both sides instead of bottles.

We studied in 2018-2021 A two-story multi-functional car maintenance complex ("Tegeta Motors") built in Batumi. Cobiax balls imported from Europe were used to lighten the roofing slab (area 1411.6 m²) at this facility. The analysis of the documentation showed that the use of Cobiax tiles on the site reduced the cost of concrete by 33%, but the cost of the entire building did not decrease, which was caused by very high price of these tiles on Georgian construction market (the cost of one piece is 25-30 GEL per case).

Through version R3, real (under construction and design) buildings with void-creating roofs (Kobiax type) of different storeys and configurations were developed (multifunctional hospital in Tbilisi, Chavchavadze Avenue No. 5; residential frame building in Tbilisi, Varketili settlement, Trialeti St. No. 36) calculation computer programs "Лира САПР 2017" and "Лира-САПР 2013".

A calculation computer program has been created for the 8-story frameless building in the design stage, created with void-creating beams relieved by inter-floor roofs. Placements were inserted into the calculation model in the form of equivalent quadrangular prisms. The calculation gave us positive results (the consultant for the creation of the computer program was Professor Zurab Kapanadze of the Construction Faculty).

On September 23, 2021, the Committee on Environment Protection and Natural Resources of the Parliament of Georgia discussed the issue of "sustainable management of inert waste" thematic research at the session (see documents of the Parliament of Georgia, 2021, minutes of the meeting of the Committee on Environment Protection and Natural Resources No. 25, September 23), where In accordance with the fourth article of the Code (the hierarchy of waste management), which requires prevention, preparation for reuse and recycling for waste management, the general opinions developed by our group were presented to the Parliament, which related to the issue of using plastic secondary waste in monolithic reinforced concrete constructions and in general concrete production (reporter Professor T. Khmelidze). The Parliament expressed a substantive interest in the mentioned issue and this proposal was reflected in the regulations of the resolution (see recommendation 5. Minutes of the meeting of the Environmental Protection and Natural Resources Committee of the Parliament of Georgia N41. April 19, 2022, 4:30 p.m., Parliament of Georgia, First Republic Hall).

The best way to implement the resolution of the Parliament is the activation of scientific research in this direction and in solving the problem the effective involvement of companies and organizations producing plastics and composites.

შინაარსი

შესავალი	20
თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა	25
1.1. მალლივი შენობები	25
1.1.1. ზოდადი ცნობები	25
1.1.2. არქიტექტურულ-დაგეგმარებითი გადაწყვეტები	27
1.1.3. მალლივი შენობების მიწისქვეშა ნაწილის კონსტრუქციული გადაწყვეტები	28
1.1.4. მალლივი შენობების მიწისზედა ნაწილის კონსტრუქციული გადაწყვეტები	28
1.2. სართულშუა გადახურვები	30
1.2.1. სართულშუა გადახურვების ზოგადი მიმოხილვა	30
1.2.2. ასაკრები სართულშუა გადახურვები	32
1.2.3. მონოლითური სართულშუა გადახურვები	33
1.2.4. ანაკრებ-მონოლითური სართულშუა გადახურვები	34
1.2.5. ურიგელო სართულშუა გადახურვები	36
1.1. მრავალსივრცელებიანი რკინაბეტონის ფილა	41
I თავის დასკვნები	46
თავი 2. შემსუბუქებული სართულშუა გადახურვები	48
2.1. ზოგადი მიმოხილვა	48
2.2. სართულშუა გადახურვები პლასტმასის სადებების გამოყენებით	49
2.2.1. კობიაქსის სისტემის დადებითი თვისებები	53
2.2.2. კობიაქსის სისტემის უარყოფითი თვისებები	54
2.3. მრავალსივრცელებიანი (კობიაქსი) სართულშუა გადახურვის (ფილის) გაანგარიშება კომპიუტერული პროგრამების მეშვეობით	57
2.3.1. მაგალითი 1	58
2.3.2. მაგალითი 2	65
2.3.3. მაგალითი 3	76
II თავის დასკვნები	79
თავი 3. ექსპერიმენტალური კვლევები და ეკოლოგიის პრობლემები	81
3.1. ექსპერიმენტის დაგეგმვა	81

3.1.1. ექსპერიმენტის მომზადება.....	83
3.1.2. ნიმუშების შერჩევა	84
3.2. ექსპერიმენტის აღწერა და გამოყენებული მასალები	85
3.3. ექსპერიმენტის შედეგები და ანალიზი.....	100
3.4. პლასტმასის ნარჩენები და ეკოლოგია.....	116
3.4.1. ზოგადი მიმოხილვა.....	116
3.4.3. ეკოლოგიური სახლების მშენებლობის პრინციპები.....	117
3.4.4. პლასტმასის ნარჩენების გავლენა გარემოზე.....	120
3.4.5. ინერტული ნარჩენების მდგრადი მართვის საკითხები	124
III თავის დასკვნები	134
დასკვნა.....	137
გამოყენებული ლიტერატურა	140
დანართი.....	147

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. კობიაქსის ტექნოლოგიის არმატურის მოდულის ტიპები (Slime-Line).....	55
ცხრილი 2. კობიაქსის ტექნოლოგიის (Slime-Line) გადახურვის კონსტრუქციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები.....	55
ცხრილი 3. კობიაქსის ტექნოლოგიის არმატურის მოდულების ტიპები (Eco-Line).....	56
ცხრილი 4. კობიაქსის ტექნოლოგიის (Eco-Line) გადახურვის კონსტრუქციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები.....	55
ცხრილი 5. ბოთლების გამოცდა რღვევამდე შიდა ჭარბი წნევის გავლენით.....	89
ცხრილი 6. დაჭირხნილი ბოთლების გამოცდა რღვევამდე გარე თანაბარგანაწილებული დატვირთვით.....	92
ცხრილი 7. დასაბეტონებელი მონოლითური ფილის სისქის მიხედვით...100	
ცხრილი 8. გაანგარიშების შედეგების შედარებითი ანალიზი.....	105
ცხრილი 9. შემსუბუქებული მონოლითური ფილის რეკომენდებული გეომეტრიული ზომები.....	131
ცხრილი 10. შემსუბუქებული ფილის გეომეტრიული მახასიათებლები ...	133
ცხრილი 11. მთლიანკვეთიანი და შემსუბუქებული ფილების მოდელირების შედეგები.....	33

ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1. მრავალსივრცეობიანი ფილის განივკვეთი -----	43
ნახ. 2. ეკვივალენტური ორტესებრი განივკვეთი-----	43
ნახ. 3. ეკვივალენტური ტესებრი განივკვეთი-----	43
ნახ. 4. ტესებრი განივკვეთის ელემენტში გრძივი არმატურისკვეთის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა-----	45
ნახ. 5. კობიაქსის სადებების განლაგების სქემა +4,17 ნიშნულზე-----	60
ნახ. 6. კობიაქსის სადებების განლაგების სქემა +8,07 ნიშნულზე-----	60
ნახ. 7. კობიაქსის სადებების განლაგების სქემა +11,97 ნიშნულზე-----	61
ნახ. 8. შენობის გეგმა-----	67
ნახ. 9. შენობის ჭრილი-----	68
ნახ. 10. რიგელების არმირება-----	73
ნახ. 11. სართულშუა გადახურვის ფილის არმირება, კობიაქსის სისტემის გამოყენებით-----	73
ნახ. 12. კობიაქსის სისტემის განლაგების გეგმა-----	74
ნახ. 13. ბოთლის გეომეტრიული ზომები-----	86
ნახ. 14. დამოკიდებულება ბოთლის დატვირთვისა და დეფორმაციას შორის-----	91
ნახ. 15. არმატურის ბადე და ბოთლების კარკასი ყალიბში-----	96
ნახ. 16. დაბეტონებული ფილის კვეთი-----	96
ნახ. 17. საკანალიზაციო მილის გადანაჭერი-----	99
ნახ. 18. გადახურვის ტიპური გეგმა-----	102
ნახ. 19. განაწილების ინტეგრალური კანონი - განაწილების ფუნქცია: ა - უწყვეტი შემთხვევითი სიდიდეების; ბ - დისკრეტული შემთხვევითი სიდიდეების-----	114
ნახ. 20. განაწილების დიფერენციალური კანონი - $f(x)$ განაწილების სიმკვრივე-----	115

ნახ. 21. ალბათობების ნორმალური განაწილება-----	117
ნახ. 22. მრავალსიცარიელეებიანი მონოლითური ფილის ფრაგმენტი-----	129
ნახ. 23. ფილის კვეთის გეომეტრიული ზომები (გრაგმენტი)-----	130
ნახ. 24. გადახურვის ფილის სქემა 6x6 მ.-----	132
ნახ. 25. გადახურვის ფილების ჩალუნვები-----	134
ნახ. 26. გადახურვის ფილის წონების შედარება-----	135

სურათების ნუსხა

სურ. 1. მაღლივი შენობები -----	26
სურ. 2. სარდაფის გადახურვა-----	32
სურ. 3. ცოკოლის გადახურვა -----	32
სურ. 4. ანაკრები გადახურვა-----	33
სურ. 5. მონოლითური გადახურვა-----	34
სურ. 6. ანაკრებ-მონოლითური კომბინირებული გადახურვა რკინაბეტონის კოჭებით-----	35
სურ. 7. ანაკრებ-მონოლითური კომბინირებული გადახურვა ფოლადის კოჭებით-----	36
სურ. 8. უკოჭო (ურიგელო) გადახურვები-----	37
სურ. 9. კესონური გადახურვები-----	37
სურ. 10. მრავალსილუეებიანი ფილა -----	38
სურ. 11. წიბოვანი ფილა-----	38
სურ. 12. კოჭოვანი უჯრედის სქემები (გამარტივებული, ნორმალური, გართულებული)-----	39
სურ. 13. კესონური გადახურვები -----	39
სურ. 14. რომის პანთეონი. მე-2 ს. გუმბათის დიამეტრი 43,2 მ.-----	39
სურ. 15. კაპიტლებიანი გადახურვები -----	40
სურ. 16. მონოლითური ფილა-----	40
სურ. 17. სადები აირდეკი (Airdeck)-----	50
სურ. 18. სადები ბაბლდეკი (BubbleDeck) -----	50
სურ. 19. სადები ნაუტილუსი (Nautilus) -----	50
სურ. 20. სადები კობიაქსი (Cobiax) -----	50
სურ. 21. სადები ბიიპლეტი (Beeplate)-----	50
სურ. 22. სადები უ-ბუტ ბეტონი (U-Boot Beton) -----	50

სურ. 23. სადები უ-ბან ბეტონი (U-Bahn Beton) -----	50
სურ. 24. სადები დონატ ტაიპი (Donut Type) -----	50
სურ. 25. რკინაბეტონის მონოლითური მოედნის მოწყობა კობიაქსის სისტემის გამოყენებით-----	51
სურ. 26. კობიაქსის სისტემის კარკასი სამი ბურთულით: მარცხენა – სისტემა სლაიმ-ლაინი; მარჯვენა – სისტემა ეკო-ლაინი-----	51
სურ. 27. კობიაქსის სისტემის მონტაჟი -----	52
სურ. 28. მონოლითური მოედნის დაბეტონების პროცესი-----	52
სურ. 29. კოლეჯი Harvey Mudd, ქ. კლერმონტი, აშშ-----	53
სურ. 30. მრავალფუნქციური საავადმყოფო ქ. თბილისში (იზომეტრიული ხედები)-----	59
სურ. 31. შენობის ვერტიკალური გადაადგილებები (მმ) საანგარიშო-----	62
სურ. 32. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „Y,, მიმართულებით (საკუთარი რხევის მეხუთე ფორმა)-----	63
სურ. 33. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „X,, მიმართულებით (საკუთარი რხევის მეორე ფორმა)-----	63
სურ. 34. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „Y,, მიმართულებით (საკუთარი რხევის მეცხრე ფორმა)-----	64
სურ. 35. საანგარიშო მოდელის საერთო ხედები-----	69
სურ. 36. სართულშუა გადახურვის ფილის მაქსიმალური გადაადგილება Z ღერძის მიმართულებით-----	70
სურ. 37. რეაქციები საძირკვლის ძირზე Rz -----	71
სურ. 38. გადაადგილება X ღერძის მიმართულებით-----	72
სურ. 39. გადაადგილება Y ღერძის მიმართულებით-----	72
სურ. 40. გადახურვის ფილის არმირება-----	72
სურ. 41. შენობის საერთო ხედი #1-----	76
სურ. 42. შენობის საერთო ხედი #2-----	76
სურ. 43. საერთო ხედი +4.40 მ ნიშნულზე-----	76

სურ. 44 გადახურვაზე კობიაქსის სადებების განლაგების გეგმის ფრაგმენტი-	77
სურ. 45 კობიაქსის სადებები	77
სურ. 46. ბოთლის საერთო ხედი	86
სურ. 47. ჩაუმქრალ კირზე გამოცდილი ბოთლები	87
სურ. 48. ჩაუმქრალ კარბიდზე გამოცდილი ბოთლები	88
სურ. 49. ნიპელი	88
სურ. 50. ბოთლის თავსახური ნიპელით	88
სურ. 51. ბოთლი ნიპელიანი თავსახურით	88
სურ. 52. ბოთლში წნევისკონტროლი	88
სურ. 53. კომპრესორი TORNADO	89
სურ. 54. შიდა წნევით დარღვეული ბოთლი	90
სურ. 55. წნეხი STYE-2000C	90
სურ. 56. ანათვლების ფიქსირება	90
სურ. 57. ბოთლის გამოცდის პროცესი თანაბარგანაწილებული გრძივი დატვირთვით	93
სურ. 58. ხის ყალიბი	94
სურ. 59. ბაზალტის არმატურის ბადე	94
სურ. 60. ბაზალტის არმატურის ბადე (ბ-1, ბ-2)	95
სურ. 61. ყალიბში ბადისა და ბოთლებიანი კარკასის განთავსება	95
სურ. 62. ფილის დაბეტონება	95
სურ. 63. ბეტონის გამოცდილი ნიმუშები	97
სურ. 64. GEO Ket ბოთლებიანი ბეტონის ფილის ჭრილი	97
სურ. 65. პვე საკანალიზაციო მილები	98
სურ. 66. პვე საკანალიზაციო მილის გადანაჭერი ხუფებით	98
სურ. 67	103

სურ. 68 -----	103
სურ. 69. შენობის ვერტიკალური გადაადგილებები (მმ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გარეშე)-----	107
სურ. 70. შენობის ვერტიკალური გადაადგილებები (მმ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გათვალისწინებით)--- -----	107
სურ. 71. ტიპური გადახურვის ფილის ვერტიკალური გადაადგილებები (მმ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას-----	108
სურ. 72. ტიპური გადახურვის ფილის ვერტიკალური გადაადგილებები (მმ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გათვალისწინებით)-----	108
სურ. 73. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „X,, მიმართულებით იგივე მიმართულებით მოქმედი სეისმური დატვირთვისაგან(საკუთარი რხევის მეორე ფორმა)-----	109
სურ. 74. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „X,, მიმართულებით იგივე მიმართულებით მოქმედი სეისმური დატვირთვისაგან (საკუთარი რხევის მეორე ფორმა)-----	109
სურ. 75. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „Y,, მიმართულებით იგივე მიმართულებით მოქმედი სეისმური დატვირთვისაგან (საკუთარი რხევის პირველი ფორმა)-----	110
სურ. 76. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „Y,, მიმართულებით იგივე მიმართულებით მოქმედი სეისმური დატვირთვისაგან (საკუთარი რხევის პირველი ფორმა) -----	110
სურ. 77. რკ.ბ-ის სვეტებში მოქმედი ნორმალური ძალების მნიშვნელობები (ტ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გარეშე)-----	111
სურ. 78. რკ.ბ-ის სვეტებში მოქმედი ნორმალური ძალების მნიშვნელობები (ტ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გარეშე)-----	111
სურ. 79. შენობის კონსტრუქციული სქემის ოპტიმიზაცია-----	128

გამოყენებული აბრევიატურების ნუსხა

სძშ - საანგარიშო ძალების შეხამება

სე - სასრულო ელემენტი

სს - სიცარიელეწარმომქმნელი სადები

Geo Ket - გეო კეტ

Geo Tam - გეო ტამ

სძშ - საანგარიშო ძალების შეხამება

მადლიერების გვერდი

მადლობას ვუხდით საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს, რექტორს პროფესორ დავით გურგენიძეს, სამშენებლო ფაკულტეტის დეკანს პროფესორ ზურაბ გვიშიანს, სამეცნიერო ხელმძღვანელებს: პროფესორ თამაზ ხმელიძესა და ასოცირებულ პროფესორს ფატიმა ვერულაშვილს, სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის და სამშენებლო მანქანების დეპარტამენტების აკადემიურ პერსონალს, ასევე სამშენებლო ფაკულტეტის სასწავლო, სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორიის თანამშრომლებს ყურადღებისა და გაწეული დახმარებისთვის, რომელიც ჩემი სამეცნიერო მუშაობის დროს გამოიჩინეს.

შესავალი

კვლევის აქტუალობა.

რკინაბეტონი ფართოდ გამოიყენება საცხოვრებელი და კომერციული დანიშნულების ობიექტების მშენებლობაში. მათ გამოარჩევთ მაღალი სიმტკიცე, სიხისტე, ტექნოლოგიურობა, ცეცხლმდეგობა, სიიაფე, ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა და სხვა უამრავი დადებითი თვისება. თუმცა რკინაბეტონს აქვს მნიშვნელოვანი ნაკლიც – დიდი წონა, რის გამოც შენობა-ნაგებობა მოითხოვს დიდი ზომის საძირკვლებს, საჭირო ხდება ბევრი მზიდი ელემენტისა და კონსტრუქციის დამატებითი გაძლიერება, ანტისეისმური ღონისძიებების ჩატარება, დაცვა აგრესიული გარემოს ზემოქმედებისაგან და სხვ., რაც საბოლოო ჯამში მოქმედებს სახარჯთაღრიცხვო დანახარჯებზე.

მშენებლობაში რკინაბეტონის გამოჩენის დღიდან მეცნიერები, ინჟინრები და კონსტრუქტორები მუდმივად ეძებდნენ და დღესაც ეძებენ რაციონალურ გზებს რკინაბეტონის ნაკეთობების წონის შესამცირებლად. ამის კარგი მაგალითია XIX საუკუნის 30-იან წლებში თბილისში შექმნილი სართულშუა გადახურვის მრავალსიბრტყიანი ფილების – ე.წ. სიმკარების გავრცელება ყოფილ საბჭოთა კავშირსა და მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში.

ამ მიმართულებით უთუოდ საინტერესოა შვეიცარიული სისტემა კობიაქსის ტექნოლოგია დაფუძნებული სისტემა „ბაბლდეკ“-ზე (იყენებს მეორადი პოლიმერული მასალების და პლასტიკების ნარჩენებს ბურთულების დასამზადებლად), რის შედეგადაც მცირდება რკინაბეტონის კონსტრუქციების წონა და უტილიზაციისათვის განკუთვნილი პლასტმასის ნარჩენები კვლავ გამოიყენება ახალ მშენებლობაში გარემოს დაუზიანებლად.

ბაბლდეკის სისტემა სამშენებლო სივრცეში გამოჩნდა 1992 წელს (ავტორი დანიელი ინჟინერ-მშენებელი იორგენ ბრიონინგი) და წარმოადგენს სიცარიელებიან რკინაბეტონის გადახურვას. კონსტრუქციული თვალთახედვით იგი შედგება მზა მოდულებისგან: ყალიბი, არმატურის კარკასი,

ბადეები და სხვადასხვა ფორმის (უპირატესად სფერული) სიცარიელეწარ-
მომქმნელი სადებები (პლასტიკური ნაკეთობები).

ასეთი ტექნოლოგიით შესაძლებელია მონოლოთური რკინაბეტონის
სართულშუა გადახურვების, გასართობი და სპორტული მოედნების,
საფეხმავლო გადასასვლელებისა და პანდუსების, სამხედრო სააღლუმო და
სასწავლო პლაცების მოწყობა, აგრეთვე დიდმალიანი კონსტრუქციების აგება
და სხვ.

სამშენებლო პრაქტიკაში ჯერჯერობით არ არსებობს კობიაქსის
სისტემის გამოკვლევების სრული პაკეტი და შესაბამისი ნორმატიული დო-
კუმენტაცია, რაც მნიშვნელოვნად აფერხებს მის გამოყენებას მშენებლობაში.
ამიტომ, ამ სისტემების მეცნიერული კვლევა გარკვეული მასტიმული-
რებელი ნაბიჯია ქართული სამშენებლო ინდუსტრიის განვითარების გზაზე
და სწორედ ეს განსაზღვრავს არჩეული სადისერტაციო თემის აქტუალობას.

სამეცნიერო-ტექნიკური სიახლე.

კობიაქსის სისტემები სრულიად ახალი მიმართულებაა სამშენებლო
სფეროში და მხოლოდ ორ ათეულ წელს ითვლის. მისი გამოყენება იწვევს
რკინაბეტონის გადახურვის ფილის წონის შემცირებას (დაზუსტდება
კვლევის პროცესში) ბეტონის ხარჯზე, რომელიც პრაქტიკულად
მონაწილეობას არ ღებულობს ფილის მუშაობაში და ერთდროულად არ
აუარესებს ნაკეთობის სიმტკიცის მახასიათებლებს; ზრდის მზიდუნარი-
ანობას, ბგერა და თბომედეგობას.

ასეთი სისტემების დასამზადებლად შესაძლებელია გამოყენებული
იქნეს მეორადი გადამუშავების პოლიმერული ნარჩენები (ბოთლები,
აფსკები, პლასტმასისა და კომპოზიტების საწარმოთა ნარჩენები და სხვ.), რაც
გაამჯობესებს ქვეყნის ეკოლოგიურ მდგომარეობას და წინგადადგმული
ნაბიჯი იქნება პოლიმერული ნარჩენების უტილიზაციის გზაზე.

შეიქმნება შემოთავაზებული სიცარიელეებიანი სადებების
გამოყენებით დამზადებული რკინაბეტონის სართულშუა გადახურვების
(ფილების) საანგარიშო პროგრამა და ალგორითმი.

სამუშაოს მიზანი და ამოცანები.

კვლევის მიზანია თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების ანალიზის საფუძველზე, სამშენებლო ინდუსტრიაში გაჩნდეს შესაძლებლობა ბრტყელ რკინაბეტონის სართულშუა გადახურვებსა და სხვა კონსტრუქციებში გამოყენებული იყოს როგორც ქართული წარმოების სიცარიელებიანი სადებების სისტემები, ასევე GEO Ket და GEO Tam (კობიაქსის სისტემების ანალოგიური), რაც ქვეყანას საშუალებას მისცემს მიიღოს ბეტონის მნიშვნელოვანი ეკონომია პროდუქტის ამტანუნარიანობის უპირობო შენარჩუნებით.

შეიქმნას სიცარიელებიანი სიტემის მონოლითური რკინაბეტონის სართულშუა გადახურვის გასაანგარიშებელი მარტივი ელექტრონული პროგრამა, რომელიც ხელმისაწვდომი იქნება ნებისმიერი საინჟინრო განათლების მქონე პირისათვის.

შესაძლებლობების ფარგლებში, საქართველოს პარლამენტს მიაწოდოს ინფორმაცია მშენებლობაში (მონოლითურ რკინაბეტონის კონსტრუქციებში) პლასტმასის მეორადი ნარჩენების გამოყენების შესახებ.

კვლევის ამოცანაა ქართულ სამშენებლო ბაზარს შევთავაზოთ ღუნვადი რკინაბეტონის გადახურვებისა და ბრტყელი ფილების შემსუბუქების ახალი ვარიანტები საყოფაცხოვრებო ნარჩენი მეორადი ტევადობებისა (ძირითადად 2 ლ ტევადობის ბოთლები) და იაფფასიანი საკანალიზაციო მილების ნარჩენების (გადანაჭრების) გამოყენებით.

კვლევის ობიექტს წარმოადგენს რკინაბეტონის მაღლივი შენობების მონოლითური ურიგელო სართულშუა გადახურვები, გაანგარიშების პროგრამული უზრუნველყოფა ალგორითმის შექმნით, კობიაქსის სისტემები, პლასტმასის საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, ეკოლოგია.

კვლევის საგანს წარმოადგენს რკინაბეტონის შენობების მონოლითურ ურიგელო სართულშუა გადახურვებში მეორადი ტევადობების (ბოთლების), პლასტმასის მილების ნარჩენებისა და კომპოზიტურ ნაკეთობათა (ბაზალტ-კომპოზიტი) საწარმოების ნარჩენების გამოყენების შესაძლებლობების

დადგენა თეორიული და ექსპერიმენტალური ლაბორატორიული კვლევების შედეგად.

სამუშაოს სამეცნიერო სიახლეა მაღლივი კარკასული შენობების რკინაბეტონის ურიგელო სართულშუა გადახურვებში კობიაქსის სისტემის სხვადასხვა ტიპის სიცარიელებიანი სადებების კვლევა და გაანგარიშების უზრუნველყოფა ინჟინრებისათვის ხელმისაწვდომი ალგორითმისა და პროგრამების დამუშავებით;

სამუშაოს თეორიული და პრაქტიკული ღირებულება მდგომარეობს რკინაბეტონის მაღლივ შენობებში გადახურვის მონოლითური ფილების მასის შემცირების მიზნით მინიმალური ღირებულების სადებების გამოყენების შემოთავაზებაში. წინადადება წარედგინა საქართველოს პარლამენტს, განხილული იქნა საქართველოს პარლამენტის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების კომიტეტის სამ სხდომაზე (კომიტეტის სხდომები: 23.09.2021 წ., 10.04.2022 წ. და 19.12.22 წ.). ეს წინადადება შეტანილი იყო მიღებულ რეგლამენტში მე-5-ე პუნქტად (სულ რეგლამენტი შედგებოდა რვა პუნქტისაგან).

შემოთავაზებული წინადადების დანერგვა საშუალებას მისცემს სამშენებლო ორგანიზაციებს რკინაბეტონის შენობებზე მიიღონ ბეტონის ეკონომია 22-30%-ის ფარგლებში ნაგებობის მზიდუნარიანობისა და მდგრადობის დაუზიანებლად.

კვლევის მეთოდები და მეთოდოლოგია ძირითადად ეფუძნება დასავლეთის ქვეყნების (აშშ, გერმანია, შვეიცარიის, ავსტრია, პოლონეთი და სხვ.) დიდ გამოცდილებას მაღლივი შენობების შემსუბუქებულ სართულშუა გადახურვებში სიცარიელებიანი სადებების გამოყენების, პლასტმასის ნაკეთობათა წარმოებისა და მასთან დაკავშირებულ ეკოლოგიის საკითხების ანალიზს, ასევე გამოვიყენეთ უკრაინელი მეცნიერების გამოცდილება, და რაც ყველაზე მთავარია, ქართული ბაზალტკომპოზიტური პროდუქციის (არმატურა, ბადეები, პლასტიკები, ბოჭკოები, ბამბა და სხვ.) მწარმოებელი ერთადერთი საწარმო საქართველოში - რუსთავის ფირმა „ბაზალტ-

ფაიბერსის“ ქმედითი დახმარება, რომელსაც ჩვენი კვლევების მიმართულებით საკმაო გამოცდილება დაუგროვდა.

ნაშრომის შედეგების აპრობაცია: კვლევის შედეგად მიღებული შედეგები მოხსენებული იქნა სასწავლო პროცესში 3 კოლოქვიუმზე. მიღებული შედეგები გამოქვეყნდა 3 კონფერენციაზე. 1 სამეცნიერო სტატია თანაავტორების გარეშეა გამოქვეყნებული.

პუბლიკაციები: დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 6 სამეცნიერო სტატია, მათ შორის 3 საერთაშორისო კონფერენციაზე.

თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

ამ თავში მოცემულია რკინაბეტონის მაღლივი შენობების ზოგადი მიმოხილვა, მისი არქიტექტურულ-დაგეგმარებითი გადაწყვეტები, მიწის-ქვეშა და მიწისზედა ნაწილების კონსტრუქციული გადაწყვეტები, სართულ-შუა გადახურვის სახეები (ასაწყობი, მონოლითური, ასაწყობ-მონოლითური, ურიგელო, მრავალსივარტელებიანი). აქცენტი გაკეთებულია შემსუბუქებულ სართულშუა გადახურვებზე პლასტმასის სადებების გამოყენებით (კობიაქსის სისტემები). განხილულია მისი შექმნის ისტორია, წინაპირობები, დადებითი და უარყოფითი მხარეები, ასევე წარმოდგენილია საქართველოში ამ სისტემების გამოყენების თვალსაჩინო მაგალითები.

1.1. მაღლივი შენობები

1.1.1. ზოდადი ცნობები

მაღლივი ეწოდება მრავალსართულიან შენობას, რომლის სიმაღლე მეტია 75 მ-ზე (მეტი 25 სართულზე) (სურ. 1). დიდი სიმაღლის გამო ასეთი შენობის გეგმარება, კონსტრუქცია და ტექნიკური აღჭურვილობა ხარისხობრივად განსხვავდება ამაღლებული (16-25 სართული), მაღალი (11-16 სართული), საშუალო (4-10 სართული) და დაბალი (1-3 სართული) სართულიანობის შენობებისგან. ყველა პროექტი უნიკალურია, რადგან მოითხოვს მრავალი სპეციფიკური პრობლემის ინდივიდუალურ გადაწყვეტას (ქარი, ხმაური, ტემპერატურის ცვალებადობა, ლიფტები, კომუნიკაციები, კონსტრუქციების მუდმივი მონიტორინგი და ა.შ.) [1, 5].

მაღლივი მშენებლობის განვითარებას ხელს უწყობს შემდეგი გარემოება: განვითარებულ ქვეყნებს ამით სურთ ყველას დაანახონ მათი კაპიტალის სიძლიერე, ხოლო განვითარებადი ქვეყნები ცდილობენ წარმოაჩინონ თავიანთი პოტენციალი. მაღლივი მშენებლობა სამშენებლო სივრცეში ცალკე მიმართულებაა - შექმნილია საერთაშორისო კომიტეტი — CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Habitat), რომელიც წელიწადში

ორჯერ სხვადასხვა ქვეყნების დიდ ქალაქებში ატარებს კონგრესებს მიძღვნილს მაღლივი შენობების დაპროექტებისა და მშენებლობისადმი.



სურ. 1 . მაღლივი შენობები

აღსანიშნავია, რომ აშშ-ს კოდეზში, გერმანულ DIN-ში, ევროპულ EN-ში, ბრიტანულ EU-სა და სხვა განვითარებული ქვეყნების სამშენებლო მიმართულების ნორმატიულ დოკუმენტაციებში, მაღლივი შენობების დაპროექტების ერთიანი ნორმები არ არსებობს. ეს, როგორც ზევით იყო აღნიშნული, გამოწვეულია მაღლივი შენობების უნიკალურობით [1, 5].

ამჟამად მოქმედი საერთაშორისო ნორმების (ISO, EN, DIN, CHиП) თანხმად 75 მეტრზე მეტი სიმაღლის სამოქალაქო დანიშნულების შენობების დაპროექტება, როგორც უნიკალური შენობებისა, გამოდის მოქმედი სამშენებლო ნორმების ჩარჩოებიდან და მათი დაპროექტება ხდება ინდივიდუალურად. აქვე აღვნიშნავთ, რომ საცხოვრებელ მაღლივ შენობებში არასაცხოვრებელი სათავსები შეიძლება დაგეგმარდეს მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტების საფუძველზე.

მუსირებს აზრი, რომ მაღლივ შენობებში უპირატესობა ენიჭება ფოლადის კონსტრუქციებს, რასაც ვერ დავეთანხმებით. საერთოდ მაღლივ შენობებში მზიდ კონსტრუქციებზე მოდის ხარჯების 37-40%. რკინაბეტონის გამოყენება შენობებში 70 სართულამდე, საშუალებას იძლევა გავზარდოთ სიხისტე, ცეცხლმედეგობა, მექანიზირებული გავზადოთ სამშენებლო-

სამონტაჟო პროცესები, ასევე გავამრავალფეროვნოდ შენობის არქიტექტური სახე. ამით მიიღწევა უფრო ეფექტური ეკონომიკური მაჩვენებლები.

ლიტერატურული მონაცემებით ცნობილია, რომ მაღლივ შენობებში ფოლადის მზიდი კონსტრუქციებით, ფოლადის ხარჯი შეადგენს 150-220 კგ/მ² ფართობზე, ხოლო მსოფლიოში ყველაზე ცნობილი „ემპაიერ სტეიტ ბილდინგის“ (ქ. ჩიკაგო, აშშ) მშენებლობისას ფოლადის ხარჯმა ერთ სართულზე შეადგინა 244 კგ/მ². გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ასეთი შენობების მზიდ კონსტრუქციებში გამოიყენებოდა მაღალი ხარისხის და მცირედლევირებული ფოლადი დენადობის ზღვრით 30-40 კგ/მმ² (0,3-0,4 კნ/მმ²), ზოგიერთ შემთხვევაში კი 70 კგ/მმ². რკინაბეტონის მზიდი კონსტრუქციების გამოყენებისას ეს მაჩვენებელია 40-45 კგ ფოლადი და 0,8-1,2 მ³ ბეტონი სართულის ერთ კვადრატულ მეტრზე, რაც დაახლოებით ისეთივეა, როგორც 9-17 სართულიანი მსხვილპანელოვანი სახლისთვის [5, 30].

1.1.2. არქიტექტურულ-დაგეგმარებითი გადაწყვეტები

მაღლივი შენობები მიეკუთვნება I კატეგორიის შენობებს, ამიტომ კომფორტის, სანიტარულ-ჰიგიენური, ხანძარსაწინააღმდეგო, ეკოლოგიური, კონსტრუქციული და სხვა მოთხოვნები შესაბამისობაში უნდა იყოს I კატეგორიის შენობების დაპროექტების მოთხოვნებთან.

შენობის მიწისქვედა და მიწისზედა სართულების რაოდენობა, მათი სტრუქტურა და საცხოვრებელი, საზოგადოებრივი და საინჟინრო-ტექნიკური სათავსების განლაგება განისაზღვრება დამკვეთის მიერ მოწოდებული მოთხოვნების შესაბამისად.

სარდაფში და პირველ სართულებზე სასურველია განლაგდეს საზოგადოებრივი დანიშნულების სათავსები და ავტოფარეხები. ზედა სართულებზე საზოგადოებრივი დანიშნულების სათავსების განლაგება რეკომენდებული არ არის.

დაპროექტებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს ტექნიკური საშუალებები ფასადებისა და შემინვის გაწმენდითი და სარემონტო სამუშაოებისათვის. იმისათვის რომ მაცხოვრებელს არ შეექმნას ფსიქოლოგიური დისკომფორტი, რეკომენდებულია 20 სართულის ზევით ფანჯრის ალათები არ გაიღოს შიგნიდან გარეთ, ხოლო ყველა აივანი, სამზერი ან დასასვენებელი მოედანი შემოზღუდული უნდა იყოს მყარი მოაჯირით.

1.1.3. მაღლივი შენობების მიწისქვეშა ნაწილის კონსტრუქციული გადაწყვეტები

ფუძეების, საძირკვლებისა და მიწისქვეშა ნაწილის დაგეგმარების დაწყებამდე აუცილებელია ზედმიწევნით იქნას შესწავლილი ტერიტორიის გეოლოგია და გეოლოგიური პროცესები. განსაკუთრებული გრუნტული პირობების გამოვლენისას შენობის მშენებლობა და საძირკვლების ტიპის შერჩევა განსახილველად გამოტანილი უნდა იქნას სპეციალურ საექსპერტო-საექსპლუატაციო კომისიაზე, ხოლო დაგეგმარება და მშენებლობა დასაშვებია აწარმოოს ლიცენზირებულმა სამშენებლო ორგანიზაციამ. საძირკვლებისათვის სამი ტიპი განიხილება:

- ხიმინჯოვანი;
- კომბინირებული – ფილა-ხიმინჯები;
- ფილისებრი მაღალი სიხისტის.

1.1.4. მაღლივი შენობების მიწისზედა ნაწილის კონსტრუქციული გადაწყვეტები

მაღლივი შენობები პასუხისმგებლობის კლასის მიხედვით მიეკუთვნება I დონეს, ამიტომ დანიშნულების მიხედვით საიმედოობის კოეფიციენტის (γ_n) მნიშვნელობა მიიღება 1,1-1,2-ის ზღვრებში შენობის სიმაღლეზე დამოკიდებულებით:

- შენობის სიმაღლე 75 მ-დან 100 მ-მდე – $\gamma_n = 1,1$;
- შენობის სიმაღლე 100 მ-დან 200 მ-მდე – $\gamma_n = 1,15$;

- შენობის სიმაღლე >200 მ – $\gamma_n = 1,2$.

ამ კოეფიციენტებზე მრავლდება შენობის დამტვირთავი ეფექტი (კონსტრუქციებისა და საძირკვლების შიდა ძალები და გადაადგილებები, რომლებიც გამოწვეულია დატვირთვებითა და ზემოქმედებებით).

შენობის ხანგამძლეობის შეფასება ხდება საერთაშორისო ISO 15686-2000 ნორმებით.

შენობის ყველაზე მაღალი წერტილის გადახრა არ უნდა იყოს მეტი სიმაღლის $1/500$ -ისა. გამოცდილებით დადგენილია, რომ ეს პირობა კარგად სრულდება, როცა გეგმაში შენობის მოკლე გვერდის ფარდობა შენობის სიმაღლესთან ნაკლებია $1/7$ -ზე.

მაღლივ შენობებს გააჩნიათ თავიანთი დადებითი და უარყოფითი მხარეები:

დადებითი:

- მიწის ნაკვეთის გამოყენება მაქსიმალური ინტენსივობით;
- შენობის ყოველი კვადრატული მეტრის თვითღირებულების შემცირება;
- ლამაზი ხედი ზედა სართულებიდან;
- ხმაურის დაბალი დონე ზედა სართულებზე.

უარყოფითი:

- დიდი დანახარჯები შენობის საიჟინრო სისტემების დამონტაჟებასა და ტექნიკურ აღჭურვილობაზე;
- მაღალ სართულებზე ხალხის ტრანსპორტირების დიდი დრო;
- მნიშვნელოვანი პრობლემები ლიფტების უწყესივრობის დროს;
- ევაკუაციის პრობლემები ხანძრის ან ძლიერი დაკვამლიანების შემთხვევებში.

მაღლივ შენობებში ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემაა რხევების ჩაქრობა ქარისა და სეისმური დატვირთვების მოქმედებისას, რაც მიიღწევა შენობის მასის შემცირებით. ეს კი შესაძლებელია გარე შემომზღუდავი თვითმზიდი კედლებისა და შიდა ტიხრებისათვის მსუბუქი მასალების

გამოყენებით, რკინაბეტონის მზიდი კონსტრუქციების განივკვეთების შემცირებით (B60-B80 მაღალი კლასის ბეტონების გამოყენება; ხისტი არმატურის გამოყენება; განივკვეთების დაარმირების დასაშვები პროცენტის გადახედვა), სართულშუა რკინაბეტონის მონოლითურ გადახურვებში სიცარიელების წარმომქმნელი სადებების შემოტანით (ბაზლდეკის, კობიაქსის სისტემები და სხვ.). არის ასევე მცდელობები რკინაბეტონის სართულშუა გადახურვებში მსუბუქი მასალების (მაგალიტად, პერლიტი) ჩანართების გამოყენებისა და სხვ.

მიგვაჩნია, რომ მონოლითურ რკინაბეტონის გადახურვებში (და არა მარტო გადახურვებში) ერთ-ერთი საინტერესო მიმართულებაა მასის შემცირება სიცარიელების წარმომქმნელი სადებების მეშვეობით. მართალია საქართველოს სინამდვილეში, ამჟამად, მისი გამოყენება პრობლემატურია საკმაოდ მაღალი ფასის გამო (შემოაქვთ ევროპიდან), მაგრამ სადებების დამზადება მარტივად შეიძლება მოხდეს ადგილობრივ საწარმოებში, რასაც სჭირდება სტანდარტის შემუშავება მეცნიერული კვლევებისა და ექსპერიმენტების საფუძველზე. არის მეორე მარტივი გზაც: ღუნვაზე მომუშავე რკინაბეტონის მონოლითურ ფილებში მეორადი გამოყენების პლასტმასის ნარჩენების (კონკრეტულად ბოთლების) გამოყენება ან ამ ნარჩენებისგან სადებების დამზადება ქარხნული წესით.

1.2. სართულშუა გადახურვები

1.2.1. სართულშუა გადახურვების ზოგადი მიმოხილვა

გადახურვა ნებისმიერი სამოქალაქო, საზოგადოებრივი თუ სამრეწველო დანიშნულების შენობის მზიდი კონსტრუქციების განუყოფელი ნაწილია. დანიშნულების მიხედვით იგი შეიძლება იყოს: სარდაფის, ცოკოლის, სართულშუა და სხვენის; გამოყენებული მასალის მიხედვით – ხის, ლითონის და რკინაბეტონის. სადისერტაციო ნაშრომის შინაარსიდან გამომდინარე, ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ რკინაბეტონის სართულშუა გადახურვებს.

სართულშუა გადახურვის დანიშნულებაა მომიჯნავე სათავსების გამოყოფა ერთმანეთისგან სიმაღლეზე, სტატიკური და დინამიკური დატვირთვების მიღება და გადაცემა ქვედა მზიდ კონსტრუქციებზე (კედლები, საძირკვლები) (სურ. 2. სურ. 3), ასევე შენობის სიხისტის უზრუნველყოფა ჰორიზონტალური მიმართულებით. იგი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს [2, 5, 8, 9]:

- საკმარისი სიმტკიცე – უზრუნველყოფს მდგრადობას როგორც საკუთარი წონის, ასევე სასარგებლო (ავეჯი, ტექნიკა, ადამიანები და ა.შ.) დატვირთვების ზემოქმედებისას. სასარგებლო დატვირთვა განისაზღვრება სათავსის დანიშნულების მიხედვით. სხვენის გადახურვებისათვის იგი, როგორც წესი, არ აღემატება 100 კგ/მ^2 , ხოლო ცოკოლისა და სართულშუა გადახურვებისათვის – 200 კგ/მ^2 ;
- სიხისტე და საკმარისი სისქე – უზრუნველყოფს კონსტრუქციის მდგრადობას დეფორმაციების (ჩაღუნვების) მოქმედი დატვირთების მოქმედებისას;
- ბგერაიზოლაცია – განისაზღვრება სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით სათავსის დანიშნულების მიხედვით;
- თბოიზოლაცია – აქტუალურია კონსტრუქციებისათვის, რომლებიც ყოფენ სართულებს სხვადასხვა ტემპერატურით 10°C -დან ზევით (მაგალითად, პირველი სართულის სარდაფის ან ქერის გადახურვა);
- ცეცხლმედეგობის ზღვარი – ვერცერთი სამშენებლო კონსტრუქცია ვერ ეწინააღმდეგება ღია ცეცხლის ზემოქმედებას ხანგრძლივი დროით, თუმცა სასურველია, რომ მათი ცეცხლმედეგობის ზღვარი იყოს რაც შეიძლება მეტი.



სურ. 2. სარდაფის გადახურვა



სურ. 3. ცოკოლის გადახურვა

1.2.2. ასაკრები სართულშუა გადახურვები

რკინაბეტონის ანაკრები გადახურვების გეგმარება ძირითადად სამი სახის კონსტრუქციებით ხორციელდება: ფენილები (ფილები), პანელები და კოჭები. ფენილოვანი გადახურვა შედგება ბრტყელი ან წიბოვანი ერთი ტიპის მჭიდროდ შეერთებული ელემენტებისგან (სურ. 4). მონტაჟის შემდეგ შეერთებები დამონოლითდება ცემენტის ხსნარით. საყრდენებად გამოყენებულია კედლები და რიგელები. როცა მალი <4 მეტრზე, მზიდ ელემენტებად გამოიყენება მრავალსიცარიელებიანი ფენილები სისქით 160 მმ, ხოლო მეტი მალეების შემთხვევაში ასეთივე კონსტრუქციის ფილები სისქით 220 მმ.

პანელური გადახურვის პირობებში გამოიყენება მთლიანკვეთიანი ან სიცარიელებიანი (წრიული ფორმის) პანელები ქვედა სუფთა ზედაპირით. მთლიანკვეთიანი მალა 3,6 მ, სისქე - 140 მმ; სიცარიელებიანის – მალი 6-6,6 მ, სისქე 140-180 მმ.

კოჭური ტიპის გადახურვა შედგება ტესებრი პროფილის კოჭების სისტემისა და მათ შორის განთავსებული თაბაშირბეტონის ან სხვა შემადგენლობის მსუბუქი ბეტონის შემავსებლისგან (ბლოკებისგან).



სურ. 4 . ანაკრები გადახურვა

1.2.3. მონოლითური სართულშუა გადახურვები

რკინაბეტონის მონოლითური სართულშუა გადახურვა მთლიანკვეთიანი უწყვეტი ფილაა, რომელიც ისხმება შენობის მთელ პერიმეტრზე და ეყრდნობა მზიდ კედლებს. სამუშაოები სრულდება უშუალოდ ობიექტზე. ფილის დაარმირება და სისქის განსაზღვრა ხდება გაანგარიშების საფუძველზე მოქმედი დატვირთვების შესაბამისად. ბეტონის კლასი და მარკა ინიშნება შენობის (სათავსის) დანიშნულების მიხედვით.

ღუნვაზე მომუშავე მონოლითური გადახურვის (სურ. 5) ფილის სისქე მიიღება (ინიშნება) l მალზე დამოკიდებულებით და შეადგენს $l/30$, ანუ თუ გადახურვის უჯრედის ფილის მალაია 6,0 მ, მაშინ ფილის სისქე ინიშნება 200 მმ-ის ტოლი. სისქის გაზრდა ან შემცირება (დასაშვებია 10-15%-ის ფარგლებში) დამოკიდებულია გადახურვაზე მოსულ დატვირთვებზე.

რაც შეეხება ფილის კონსტრუქციულ გაანგარიშებას იგი იწარმოება თანამედროვე საინჟინრო ტექნიკური პროგრამული კომპლექსების მეშვეობით: ArchiCad, AutoCad, Лира, ЛИРА-САПР, Сапфир 3D, Мономах-САПР, NormCAD, SCAD, Revit, LibreCAD, FreeCAD, DraftSight, Renga Software, MSC Nastran და სხვ. [9, 31].



სურ. 5. მონოლითური გადახურვა

მონოლითური გადახურვების უპირატესობებია:

- სიმტკიცის მაღალი მახასიათებლები;
- ნებისმიერი არასტანდარტული კონფიგურაციის ფორმის გადახურვის მოწყობა;
- მონტაჟის მიმდინარეობისას არ საჭიროებს მძიმე სამშენებლო ტექნიკას.

ნაკლოვანებებს შეიძლება მივაკუთვნოთ:

- ძალიან დიდი წონა – 200 მმ სისქის 1 მ² ფილის წონაა 500 კგ-მდე;
- მონტაჟს აუცილებლად სჭირდება ასაწყობ-დასაშლელი ყალიბები;
- მაღალი შრომატევადობა – ყალიბების მოწყობა და არმატურის კარკასების შეკვრა დიდ დროსა და შრომატევადობას მოითხოვს;
- სპეციალური სამშენებლო მანქანების აუცილებლობა – მეორე და საშუალო სიმაღლის შენობების სართულებზე საჭიროებს ბეტონტუმბოების გამოყენებას; ასევე, ყ ველა სამუშაოსათვის აუცილებელია ვიბრაციული მოწყობილობების გამოყენება ბეტონის სრული ჩაწყობადობისათვის.

როგორც ვხედავთ დაბეტონების პროცესი საკმაოდ რთული და ხანგრძლივი პროცესია. გარდა ამისა, სართულზე სამშენებლო სამუშაოების გაგრძელება შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როცა ბეტონი მიაღწევს საკმარის სიმტკიცეს.

1.2.4. ანაკრებ-მონოლითური სართულშუა გადახურვები

ასაწყობ-მონოლითური კომბინირებული გადახურვა სართულშუა გადახურვის ერთ-ერთი თანამედროვე სახეობაა. კონსტრუქცია შედგება

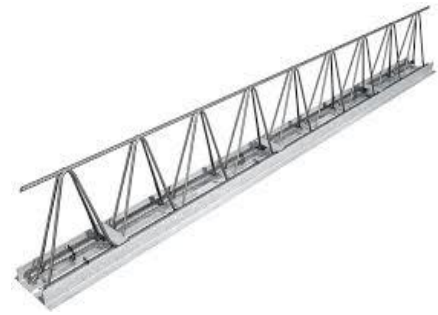
ბეტონის (სურ. 6) ან ფოლადის (სურ. 7) მზიდი კოჭებისა და გადახურვის სილრუეებიანი ბეტონის ბლოკებისგან, რომლებიც ასრულებენ სტაციონარული (მოუხსნელი) ყალიბის როლს. ბლოკებისა და სხვა კონსტრუქციული ელემენტების მცირე წონის გამო, მონტაჟს მძიმე ტვირთამწვევი ტექნიკა არ სჭირდება. გადახურვაზე ზედა მხრიდან ეწყობა არმატურის ბადე (ძვ-8 მმ, კარკასის უჯრედით 100x100 მმ) და ბეტონდება B15 კლასის ბეტონით.



სურ. 6. ანაკრებ-მონოლითური კომბინირებული გადახურვა

რკინაბეტონის კოჭებით

ანაკრებ-მონოლითურ კომბინირებულ გადახურვას რკინაბეტონის კოჭებით უპირატესად იყენებენ ერთ, ორსართულიან შენობებში, ფოლადის კოჭებს კი – მაღლივში [13, 14, 15, 22]. ფოლადის კოჭებად საუკეთესოა გაგლინული ან შენადული ორტესებრი კოჭები, თუმცა შესაძლებელია კუთხედებისა და შველერების გამოყენებაც. ფოლადის კოჭების მოწყობა გადახურვებში ბევრად ეფექტურია ხის კოჭებთან მიმართებით, რადგან ამცირებს სათავსის სამშენებლო სიმაღლესა და საშუალებას იძლევა გადაიხუროს შედარებით დიდი მალეები.



სურ. 7. ანაკრებ-მონოლითური კომბინირებული გადახურვა ფოლადის კოჭებით

ასეთი გადახურვების უპირატესობებია:

- მცირე წონა მონოლითურთან მიმართებით;
- მონტაჟი მინიმალური რაოდენობის მუშახელით;
- მაღალი ბგერა და თბოიზოლაცია (განსაკუთრებით მაშინ, როცა გამოყენებულია უჯრედოვანი ან პოლისტირენბეტონი);
- რთული ფორმის გადახურვების მოწყობის შესაძლებლობა.

უარყოფით მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს ბლოკებისა და კოჭების საფუძვლის მონტაჟის შედარებით ხანგრძლივი პროცესი.

1.2.5. ურიგელო სართულშუა გადახურვები

ურიგელო სართულშუა გადახურვა შედგება უწყვეტი მონოლითური რკინაბეტონის ფილისგან რომელიც უშუალოდაა დაყრდნობილი სვეტებზე ან კაპიტელებზე. გამოიყენება მრავალსართულიან საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობებში, კვების მრეწველობის საწარმოებში, მაცივრებში, რეზერვუარებში, სადაც ექსპლუატაციის პირობების მოთხოვნების შესაბამისად საჭიროა ბრტყელი გლუვი ჭერები, ასევე სათავსებში აგრესიული გარემოთი.

მალივ შენობებში ყველაზე მეტადაა გავრცელებული სვეტებზე დაყრდნობილი (უკაპიტელო) სართულშუა გადახურვები (სურ. 8). ასეთი კონსტრუქციული გადაწყვეტები შესაძლებლობას იძლევა ოპტიმალურად იყოს გამოყენებული სართულის შიდა სივრცე და მაქსიმალურად

გაიზარდოს სართულის სიმაღლე. ასეთი გადახურვები, როგორც წესი, მისაღებია ფილის მალისთვის 6x6 მ-მდე გადახურვაზე მცირე, დროებითი ან თანაბარგანაწილებული ნორმალური დატვირთვების მოქმედებისას. იგი ეფექტურია გეგმაში სვეტების კვადრატული განლაგებისას ან მართკუთხა განლაგებისას, როცა გვერდების ფარდობა არ აღემატება 1,5. ფილა შესაძლებელია გამოდიოდეს განაპირა სვეტების გარეთაც კონსოლების სახით (აივანი).



სურ. 8. უკოჭო (ურიგელო) გადახურვები

სამშენებლო პრაქტიკაში საკმაოდაა გავრცელებული უკოჭო კესონური გადახურვებიც (სურ. 9).



სურ. 9. კესონური გადახურვები

ფილის სისქე მიიღება გაანგარიშებით და იცვლება ზღვრებში 120-250 მმ. აივნის ფილებს, რომლებიც მონოლითური ფილის ნაწილს შეადგენს, აქვთ მაღალი სიმტკიცე და ხანგამძლეობა ანალოგიური ასაწყობი ფილების მიმართ. ფილის დაარმირება მარტივია – ზედა და ქვედა არმატურის

ბადეები, რომელთა გრძივი და განივი ღეროები ეწყობა ერთნაირი ბიჯით (150x200 მმ). ფილის სვეტებთან, კაპიტელებთან ან კედლებთან დაყრდნობის კვანძებში ხდება გამლიერება დამატებითი ღეროებით ან ბადეებით.

ურიგელო მონოლითური გადახურვების ყველაზე სუსტი ადგილია ფილის სვეტთან შეერთების კვანძი, რომლის მუშაობის მექანიზმი ჯერ კიდევ ბოლომდე შესწავლილი არ არის. ექსპერიმენტალური კვლევებით დადგენილია, რომ კვანძის მიმდებარედ ადგილი აქვს ბეტონის ჩაჭყლეტის დეფორმაციებს. გაირკვა, რომ ფილის გრძივი არმატურა ღუნვის ზონაში და ღეროების კონცენტრაცია გაჭიმულ ზონაში გავლენას არ ახდენენ ბეტონის ჩაჭყლეტაზე. თანამედროვე პირობებში ამ პრობლემური კვანძების გაანგარიშებას ახდენენ სასრული ელემენტების მეთოდით, რამაც საშუალება მოგვცა თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგები დაახლოებულიყო ერთმანეთთან [41, 42, 43]

ჯერ კიდევ პოსტსაბჭოთა პერიოდში (მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარი), ანაკრები რკინაბეტონის განვითარების პერიოდში, შენობის მასის შემცირების საკითხი წყდებოდა გადახურვებში მრავალსილრუებიანი ფილების (ე.წ. „სიმკარების“) გამოყენებით (სურ. 10), რომელთა დაყვანილი სისქე შეადგენდა დაახლოებით 10-11 სმ-ს (კვეთის საერთო სიმაღლე იყო 22 სმ), ან 35 სმ განივკვეთის სიმაღლის მქონე წიბოვანი რკინაბეტონის ფილებით (სურ. 11), რომელთა დაყვანილი სისქეც დაახლოებით იგივე იყო (10-11 სმ). თუმცა ამ ორივე შემთხვევაში შენობის მასას ზრდიდა რიგელები, რომლებზედაც ეწყობოდა ეს ფილები.



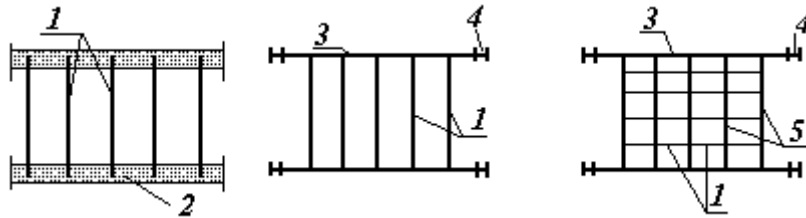
სურ. 10. მრავალსილრუებიანი ფილა



სურ. 11. წიბოვანი ფილა

მონოლითურ გადახურვებში მასის შემცირება მიიღწეოდა კოჭოვანი გადახურვების (უჯრედების) დამუშავებით (სურ. 12), სადაც გაჭიმულ

ზონაში ბეტონს აღარ აკეთებდნენ და რჩებოდა კოჭების სისტემა [მთავარი და დამხმარე კოჭები, კესონური გადახურვები (სურ. 9; სურ. 13; სურ. 14)], რომელზედაც ეყრდნობოდა 5-10 სმ სისქის, ბადეებით დაარმირებული, რკინაბეტონის ფილა.



სურ. 12. კოჭოვანი უჯრედის სქემები (გამარტივებული, ნორმალური, გართულებული):

1-ფენილის კოჭები; 2-კედლები; 3-მთავარი კოჭები; 4-სვეტები; 5-დამხმარე კოჭები



სურ. 13. კესონური გადახურვები

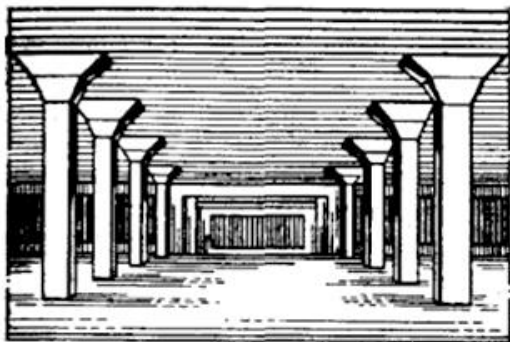


სურ. 14. რომის პანთეონი. მე-2 ს. გუმბათის დიამეტრი 43,2 მ.

მე-20 საუკუნის ბოლოს და 21-ე საუკუნის დასაწყისში მშენებლობაში გაბატონებული მდგომარეობა დაიკავა მონოლითურმა გადახურვებმა, რომელთა სამუშაო სიმაღლე რიგელების (კოჭების) სიმაღლის გათვალისწინებით აღწევდა 40-80 სმ-ს. ეს კი იწვევდა სართულის სასარგებლო სიმაღლის შემცირებას. აქვე გვინდა აღვნიშნოთ, რომ სართულშუა გადახურვების მასის შემცირებისათვის დაიწყო კაპიტელებიანი ანაკრები და მონოლითური გადახურვების გამოყენება (სურ. 15), თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ამ მიმართულებამ მშენებლობაში ფეხი ვერ

მოიკიდა, რადგან იგი სამოქალაქო ბინათმშენებლობაში მიუღებელი (მოუხერხებელი) გამოდგა.

მონოლითურ ბინათმშენებლობაზე გადასვლისას, განსაკუთრებით სამოქალაქო მშენებლობაში, გადახურვების მოწყობისას უპირატესობა მიენიჭა უწყვეტ მონოლითურ ფილას (ურიგელო გადახურვები, სურ. 16), რომელიც უშუალოდ იყო დაყრდნობილი სვეტებზე ყოველგვარი დამატებითი კოჭების ან კაპიტელების გარეშე. ასეთი ფილების მინიმალური სისქე მერყეობდა 16-20 სმ-ის ზღვრებში [5, 8, 12], რაც საკმაოდ აღემატებოდა ასაწყობი და მონოლითური კოჭოვანი გადახურვების დაყვანილ სისქეებს.



სურ. 15. კაპიტელებიანი გადახურვები



სურ. 16. მონოლითური ფილა

დიდი მასის მქონე სართულშუა გადახურვები უწყვეტი რკინაბეტონის ფილით ამძიმებს შენობას. საჭიროებს მეტ დაარმირებას, დაბალი აქვს თბო და ბგერაიზოლაცია, რაც მეტად მნიშვნელოვანი ფაქტორია საცხოვრებელი სახლების მშენებლობაში. ასეთი გადახურვების დადებითი თვისებებიდან შეიძლება გამოვყოთ კოჭების, რიგელების, კაპიტელების არ არსებობა, რომლებიც ზღუდავენ სათავსის სივრცეს.

ხაზგასასმელია ის, რომ ურიგელო გადახურვების ყველაზე სუსტი წერტილი ესაა ფილისა და სვეტების შეერთების კვანძები. როგორც ლიტერატურული მონაცემებით, ასევე ინტერნეტიდან მოძიებული მასალების მიხედვით ნათელია, რომ ამ მიმართულებით გაშლილია დიდი თეორიულ-ექსპერიმენტალური სამუშაოები და იმედია ამ კვანძის გადაწყვეტის საუკეთესო (მისაღები) ვარიანტი მალე დამუშავდება.

მონოლითური ფილა, როცა გვერდების თანაფარდობა მეტია ორზე, მუშაობს როგორც კოჭური კონსტრუქცია და ფილაში მუშა არმატურა უნდა განთავსდეს მოკლე გვერდის მიმართულებით. სიღრუეებიანი ფილების გამოყენების შემთხვევაში სიღრუეების მიმართვა მოკლე გვერდის მიმართულებით კონსტრუქციული მოსაზრებით მიუღებელია. სწორედ ეს განაპირობებს იმას, რომ მრავალსიღრუეებიანი რკინაბეტონის ფილები ძირითადად გამოიყენებოდა სრულკარკასულ შენობებში, რომლის სართულ-შუა გადახურვის ფილა მუშაობს ორივე მიმართულებით, რადგან ფილის გვერდების სიგრძეების ფარდობა დაახლოებით ერთის ტოლია. ასეთ კარკასებში უპრიანია ისეთი კონსტრუქციის მოწყობა, რომელშიც მუშა გრძივი არმატურა შესაძლებელი იქნება განლაგდეს ორივე ჰორიზონტალური მიმართულებით. ამ მიზნით ყურადსაღებია ურიგელო სართულ-შუა გადახურვის მონოლითურ ფილაში გამოვიყენოთ კობიაქსის სისტემები, რომლებიც მხოლოდ 20-25 წელია გამოჩნდა სამშენებლო სივრცეში.

1.1. მრავალსივარელებიანი რკინაბეტონის ფილა

მრავალსივარელებიანი (მრავალსიღრუეებიანი) რკინაბეტონის გადახურვის ფილა წარმოადგენს მზიდ რკინაბეტონის ტიხარს განლაგებულს ჰორიზონტალურად. გამოიყენება სართულშუა და სასხვეწო გადახურვებში. კონსტრუქციაში, წონის შემცირების თვალსაზრისით, გათვალისწინებულია რამდენიმე რიგის სივარელების (სიღრუეების) მოწყობა ფილის გრძივი მიმართულებით. სიღრუეებს შეიძლება ჰქონდეს წრის, ნახევარწრის ან ოვალის ფორმა. მზადდება მსუბუქი ან მძიმე ბეტონებისგან [46].

მრავალსიღრუეიანი ფილის ძირითადი დანიშნულებაა – ბეტონის, აგურის ან ბეტონის ბლოკების საცხოვრებელი მრავალსართულიანი მშენებარე სახლის სართულების შეპირაპირების ადგილებში გადახურვის მოწყობა. კონსტრუქციის პოპულარობას განაპირობებს დაბალი მასალათათევადობა (ბეტონის), სიმსუბუქე, ტრანსპორტაბელობა, კარგი თბო და ბერასაიზოლაციო თვისებები, მისაღები მზიდუნარიანობა,

საკომუნიკაციო გაყვანილობებისათვის სიღრუეების გამოყენების შესაძლებლობა და სხვ.

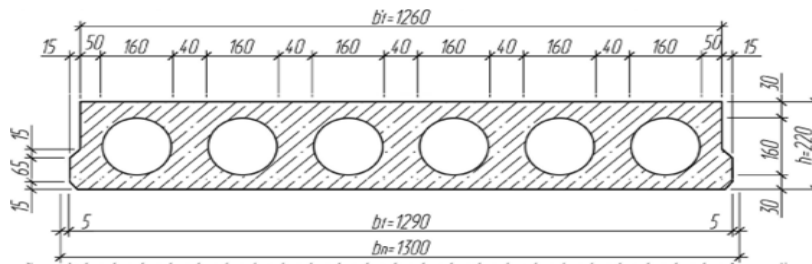
გადახურვის ფილის ტიპის შერჩევა დამოკიდებულია დროებითი სასარგებლო V დატვირთვის სიდიდეზე. როცა $V \leq 7,0$ კნ/მ²-ზე, მაშინ გამოიყენება მრავალსიღრუიანი ფილები, რომელთა განივკვეთის სიმაღლეა 20 სმ-დან 24 სმ-მდე. ფილა შეიძლება იყოს დაუძაბავი ან წინასწარ დაძაბული. ფილის სიგანეა 90 ... 240 სმ.

ფილის მზიდუნარიანობა და საექსპლუატაციო მახასიათებლები დამოკიდებულია სიცარიელების ზომებზე. წრიული სიცარიელების ზომებია 140 მმ-დან 203 მმ-მდე; სისქე – 220 მმ, თუმცა არსებობს 160 მმ და 300 მმ სისქის ფილებიც; სიგრძე – 1,5 მ-დან 16 მ-მდე; სიგანე – 1; 1,2; 1,5 და 1,8 მ; ერთი ფილის მასა – 500 კგ-დან 4000 კგ-მდე; მზიდუნარიანობის სტანდარტული სიდიდე – 800 კგ/მ². გვხვდება სართულშუა გადახურვები გაანგარიშებული 1200-1250 კგ/მ² დატვირთვაზეც; ფილის ბოლოების კედელზე დაყრდნობის სიღრმე – 90-250 მმ; გამოყენებული ბეტონის კლასი M300 და M400. ფილის მარკები რუსული ნორმების მიხედვით (ГОСТ 9561-91) – 1ПК (ПК), 2ПК, 3ПК, 4ПК, 5ПК, 6ПК, 7ПК, ПГ, ПБ. ფილის ზომები ემორჩილება მშენებლობის ერთიან მოდულურ სისტემას, რომელიც უზრუნველყოფს სამსენებლო პროცესების უნიფიკაციას, ტიპიზაციასა და სტანდარტიზაციას [47].

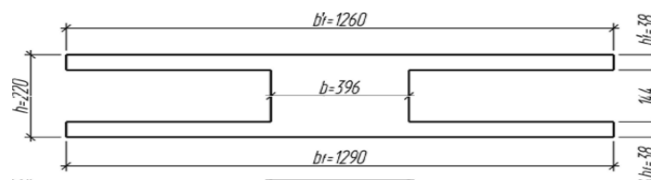
გადახურვებში რკინაბეტონის მრავალსიცარიელებიანი ფილების გამოყენება საშუალებას იძლევა დამონტაჟების შემდეგ გადახურვა დაიტვირთოს ცემენტის მოჭიმვის მოწყობამდე, მივიღოთ ბეტონის საგრძნობი ეკონომია, შევამციროთ სატრანსპორტო და მონტაჟის დანახარჯები, შევამსუბუქოთ სამირკვლები, გავზარდოთ გადახურვის ბგერა და თბიოზოლაციის ტექნიკური მახასიათებლები, შენობის სეისმომედეგობა და ა.შ.

გადახურვის რკინაბეტონის მრავალსიცარიელებიანი ფილა მოკლე გვერდებით ეყრდნობა რიგელებს და გაანგარიშდება როგორც ორ საყრდენზე თავისუფლად დაყრდნობილი ორტესებრი განივკვეთის კოჭი. წინასწარ

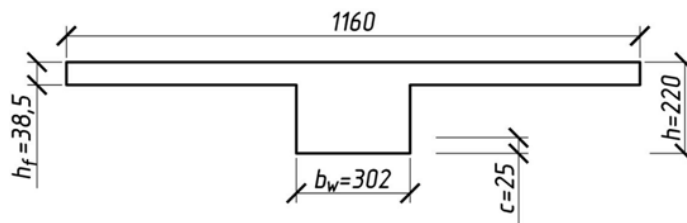
ზუსტდება ფილის განივკვეთის ზომები და დაყავთ იგი ეკვივალენტურ ორტესებრი განივკვეთზე შემდეგი კონსტრუქციული მოთხოვნების შესაბამისად: სიცარიელების დიამეტრი, რაოდენობა და განლაგება ინიშნება ფილის მასის მაქსიმალურად შემცირების პირობიდან, ამასთანავე ფილის ზედა და ქვედა შრეების სისქე უნდა იყოს არა ნაკლები 25-30 მმ, ხოლო სიცარიელებს შორის მანძილი - 30-35 მმ; გრძივ გვერდითი კონტურების ზედაპირებს უკეთდება ნაშვერები დამონოლითების ხარისხის ასამაღლებლად, ხოლო ფილის ქვედა ზედაპირის განაპირა წიბოებზე - ნაზოლები, რომ ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის დროს ფილის გვერდები არ დაზიანდეს. ფილის განივი კვეთის სქემა მოცემულია ნახ. 1 -ზე, ხოლო ეკვივალენტური ორტესებრი განივკვეთი სქემა - ნახ. 2. -ზე.



ნახ. 1. მრავალსიცარიელებიანი ფილის განივკვეთი



ნახ. 2. ეკვივალენტური ორტესებრი განივკვეთი



ნახ. 3. ეკვივალენტური ტესებრი განივკვეთი

განგარიშება სიმტკიცეზე ნორმალური კვეთების მიხედვით

ფილის ეკვივალენტური ორტესებრი კვეთის ზომები მიიღება წრიული სიცარიელების დიამეტრისა და რაოდენობის მიხედვით. წრიული ფორმის

სიცარიელე იცვლება კვადრატული ფორმის სიცარიელით გვერდის ზომით $a=0,9d$, სადაც d წრის დიამეტრია. ამიტომ როდესაც ფილის სიგანეა ზევით b'_f , სიმაღლე h , სიცარიელის დიამეტრი d , მაშინ ორტესებრი განივკვეთის ზომები იქნება:

- ზედა თაროს სიგანე - b'_f ;
- ქვედა თაროს სიგანე - b_f ;
- ზედა და ქვედა თაროების სიმაღლე - $h'_f = h_f = 0,5 \cdot (h - 0,9d)$;
- წიბოების სიგანე - $b = b'_f - n \cdot 0,9d$, სადაც n არის სიცარიელების რაოდენობა.

განივკვეთის ნეიტრალური ღერძის ორი ვარიანტი განიხილება: როცა ღერძი გადის თაროში ($x \leq h'_f$) და მეორე, როცა ღერძი გადის თაროს კვეთის გარეთ ($x < h'_f$).

ფილის საანგარიშო მალი ℓ_0 გამოითვლება ფორმულით:

$$\ell_0 = B - b - C_{კონ} - 2 \cdot C_{ღრ},$$

სადაც B არის სვეტებს შორის ბიჯი;

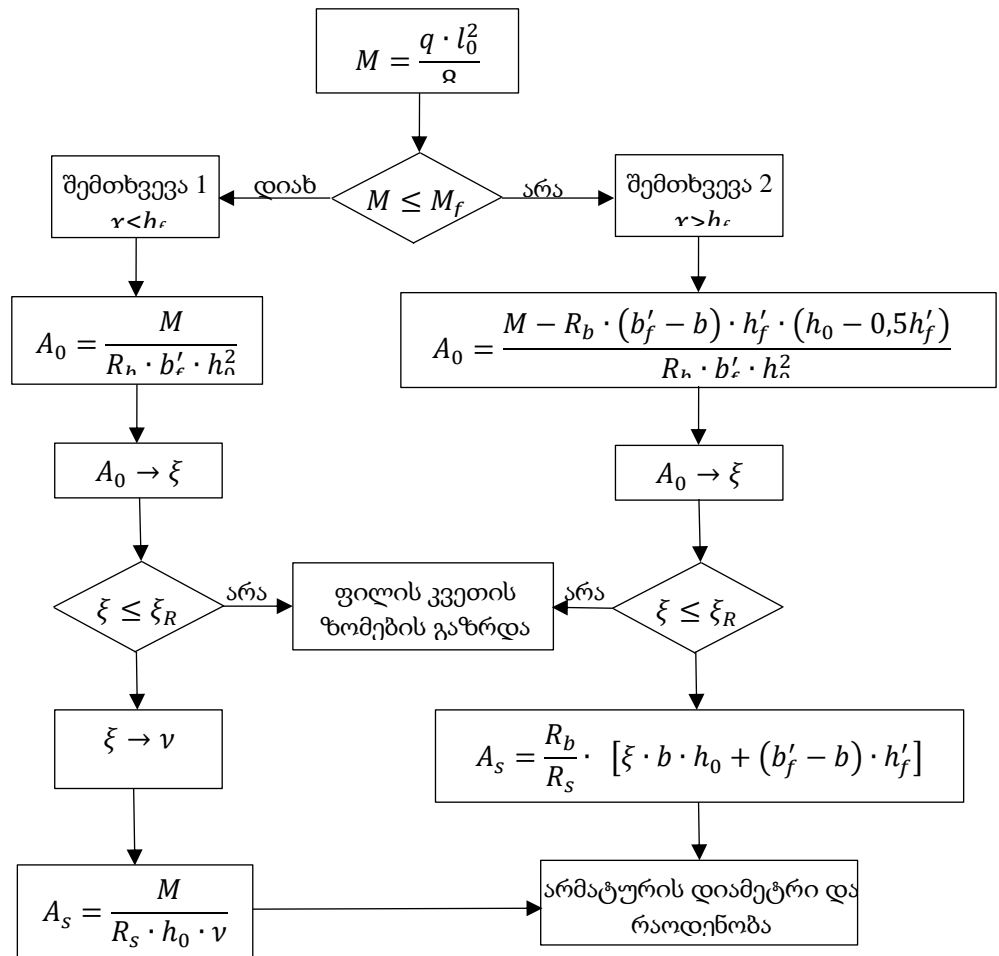
b – რიგელის სიგანე;

$C_{კონ}$ – რიგელის კონსოლის სიგანე (10 სმ);

$C_{ღრ}$ – ღრეჩო ფილის ბოლოსა და რიგელს შორის (2 სმ).

ფილის გეომეტრიის დადგენის შემდეგ გამოითვლება სრული საანგარიშო დატვირთვა ფილის 1 მ^2 -ზე (q) და ერთ გრძივ მეტრზე ($q_{გრძ}$), ასევე მაქსიმალური საანგარიშო მომენტი და განივი ძალა ფორმულებით:

$$M = 0,125 \cdot q \cdot \ell_0^2; \quad Q = 0,5 \cdot q_{გრძ} \cdot \ell_0.$$



ნახ. 4. ტესტბრი განივკვეთის ელემენტში გრძივი არმატურის კვეთის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა

როცა განივკვეთის ნეიტრალური ღერძი გადის თაროს ქვედა ნაწიშურის სიბრტყეში, მაშინ მღუნავი მომენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$M_f = R_b \cdot b'_f \cdot h'_f \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h'_f),$$

სადაც R_b არის ბეტონის პრიზმული საანგარიშო წინაღობა, ნ/სმ²;

h_0 – ფილის სამუშაო სიმაღლე, $h_0 = h - a$ (a არის ბეტონის დამცავი შრე).

ფილის გაანგარიშება წარმოებს პირობიდან $\xi \leq \xi_R$. გაანგარიშების თანამიმდევრობა ნაჩვენებია ბლოკ-სქემაზე (ნახ. 4).

$\xi = x/h_0$ არის შეკუმშული ზონის ფარდობითი სიმაღლე;

ξ_R – შეკუმშული ზონის ზღვრული ფარდობითი სიმაღლე;

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{sc,u}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)},$$

სადაც $\omega = 0,85 - 0,008R_b$ არის ბეტონის შეკუმშული ზონის მახასიათებელი;

σ_{SR} – ძაბვა არმატურაში (კუმშვა), მპა;

$\sigma_{sc,u}$ – ზღვრული ძაბვა არმატურაში (კუმშვა), მპა.

სიმტკიცეზე გაანგარიშების შემდეგ (გრძივი სამუშაო არმატურის შერჩევის შემდეგ) ხდება განივი არმატურის კვეთების შერჩევა დახრილი კვეთების მიხედვით განივ Q ძალაზე, გეომეტრიული მახასიათებლების დათვლა, თუ წინასწარ დამაბული არმატურა გვაქვს - ძაბვის დანაკარგების გამოთვლა, გაანგარიშება ნორმალური ზხარების გახსნაზე და, ბოლოს, გაანგარიშება ჩალუნვებზე ნორმატიული დატვირთვების ქვეშ.

I თავის დასკვნები

1. აშშ-ის კოდეზში, გერმანულ DIN-ში, ევროპულ EN-ში, ბრიტანულ EU-ში, რუსულ GOCT-ებსა და სხვა განვითარებული ქვეყნების სამშენებლო მიმართულების ნორმატიულ დოკუმენტაციებში, მაღლივი შენობების დაპროექტების ერთიანი ნორმები არ არსებობს, რაც გამოწვეულია მათი უნიკალურობით. ყველა მაღლივი ნაგებობა გეგმარდება ინდივიდუალურად.
2. მაღლივ შენობებში ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემაა რხევების ჩაქრობა ქარისა და სეისმური დატვირთვების მოქმედებისას, რაც მიიღწევა შენობის მასის შემცირებით. ამ პრობლემის გადაჭის საუკეთესო გზებია: მსუბუქი მასალების გამოყენება (სადაც ეს შესაძლებელია), კონსტრუქციების განივკვეთების შემცირება მაღალი კლასის ბეტონებით (B60-B80), ხისტი არმატურის გამოყენება, სართულშუა გადახურვების შემსუბუქება სიცარიელების წარმომქმნელი სადებების შემოტანით (ბაზლდეკის, კობიაქსის სისტემები და სხვ.), ასევე მსუბუქი საშენი მასალისგან (მაგალითად, პერლიტი, ტუფი, პემზა, ქაფპლასტი, ფიჭაპლასტი, ქაფპოლიურატანი, ქაფპოლისტირენი და სხვ.) დამზადებული ბლოკების ჩართვით რკინაბეტონის მონოლითურ გადახურვებში.

3. საქართველოში სიცარიელებიანი სადებების (კობიაქსი) გამოყენებას აფერხებს მაღალი ფასი, რომლის შემცირება შეიძლება სადებების დამზადებით პლასტმასის მეორადი ნარჩენების გამოყენებით ადგილობრივი საწარმოების ბაზაზე, ან მეორადი პლასტმასის ტევადობების გამოყენებით სათანადო კვლევების შემდეგ.

4. დადგენილია, რომ გადახურვებში (განსაკუთრებით მაღლივ შენობებში) სიცარიელებიანი სადებების გამოყენება ამცირებს ბეტონის ხარჯს 20-30%-ის ფარგლებში, ხოლო მშენებლობის საერთო სახარჯთაღრიცხვო ღირებულებას - 15%-მდე.

თავი 2. შემსუბუქებული სართულშუა გადახურვები

2.1. ზოგადი მიმოხლვა

შემსუბუქებული სართულშუა გადახურვების მოწყობის ძირითადი მიზანია შენობის მასის შემცირება. იგი წარმატებით გამოიყენებოდა და გამოიყენება კარკასული შენობების სართულშუა გადახურვებში. ასეთი კონსტრუქციები ამარტივებს მშენებლობის პროცესს, კომფორტულს ხდის კონსტრუქციების ტრანსპორტირებასა და მონტაჟს, ოპტიმალურად ამცირებს მშენებლობის ხანგრძლივობას, ამცირებს დატვირთვებს საძირკვლებზე და სხვ. მასის შესამცირებლად გადახურვებში ათავსებენ სიცარიელებს, ქაფპლასტის, ქაფპოლიურათანის, პერლიტის, პემზის, ტორფის და სხვა მსუბუქი მასალისგან დამზადებულ ბლოკებს. ყველა გადაწყვეტას აქვს თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები, რისი გათვალისწინება ყოველთვის უხდებათ დამპროექტებლებს. ერთი კი უდაოა – ბეტონის გარკვეული ეკონომია და შენობის მასის შემცირება.

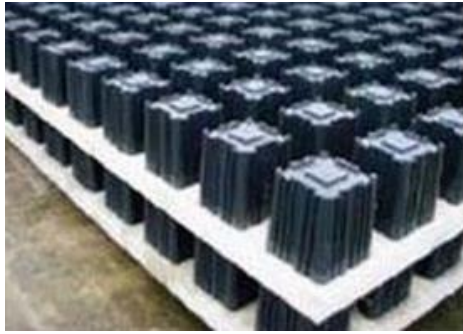
რკინაბეტონი შესანიშნავი საშენი მასალაა, თუმცა მისგან აგებულ შენობა-ნაგებობებს გააჩნიათ ერთი საერთო ნაკლი - დიდი წონა. ამ ნაკლის გამოსასწორებლად (შესამცირებლად) ინჟინრები და მეცნიერები უხსოვარი დროიდან ეძებენ ალტერნატიულ გზებს მაღალი სიმტკიცის და შედარებით მსუბუქი საშენი მასალების შესაქმნელად. ასე ხდებოდა ქვის [პალეოლითი (ძველი ქვის ხანა – დაიწყო 2,5 მლნ. წლის წინ, დამთავრდა დაახლოებით 10 ათასი წლის წინ), მეზოლითის (შუა ქვის ხანა – დაახლოებით ძვ. წ. 12-დან 5 ათას წლამდე) და ნეოლითის (ახალი ქვის ხანა – დაახლოებით ძველი წელთაღრიცხვიდან მე-8-დან მე-5 ათასწლეულამდე)], ბრინჯაოს (დაახლოებით მე-3 ათასწ. დან I ათასწ. მდე), რკინის ხანებში (ძვ. წ. 1200 წ. – ახ. წ. 340 წ.), შუა საუკუნეებში (V-XVI სს., ზოგიერთი მკვლევრის აზრით V- XVIII სს.) და შემდეგაც. XXI საუკუნეს მეცნიერთა ერთი ნაწილი სამართლიანად უწოდებს „კომპოზიტების საუკუნეს“, თუმცა კომპოზიტური მასალების წარმოება დაიწყო არა ახლა არამედ ძალიან ადრე. 5000 წლის წინ

პირველი თიხაბზის აგური შეიცავდა დაქუცმაცებულ ქვას და მარმირებელ ჩალას. ძველი მეთუნუქეები არეგულირებდნენ გამზადებული მასალის ფორიანობას. ტექნიკისა და მეცნიერების სწრაფმა განვითარებამ ძველი წელთაღრიცხვით 3000-2500 წლებში, ადამიანებს დაუტოვა ბიტუნით გაჟღენთილი ეგვიპტური ნაგები პაპირუსი და ა.შ.

2.2. სართულშუა გადახურვები პლასტმასის სადებების გამოყენებით

შენობებში, განსაკუთრებით მაღლივ შენობებში, კონსტრუქციების წონის შემცირების თვალსაზრისით საყურადღებოა სისტემა „ბაზლდეკი“ დაფუძნებული შვეიცარიული სისტემა კობიაქსის ტექნოლოგია, რომელიც სადებების (ბურთულების) დასამზადებლად იყენებს მეორადი პოლიმერული მასალების და პლასტმასის ნარჩენებს, რაც ამცირებს რკინაბეტონის კონსტრუქციების წონას და შესაძლებლობას იძლევა უტილიზაციისათვის განკუთვნილი პლასტმასის ნარჩენები გამოყენებული იქნას ახალ მშენებლობაში გარემოს დაუზიანებლად.

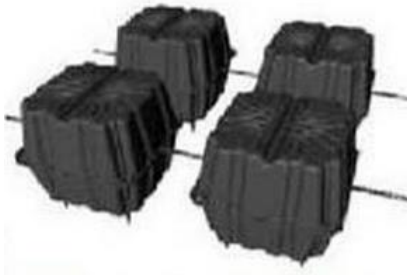
ბაზლდეკის სისტემა სამშენებლო სივრცეში დამკვიდრდა 1992 წელს (ავტორი დანიელი ინჟინერ-მშენებელი იორგენ ბრიონინგი) და წარმოადგენს სიცარიელებიან რკინაბეტონის გადახურვას [1, 5]. კონსტრუქციული თვალთახედვით იგი შედგება მზა მოდულებისგან: ყალიბი, არმატურის კარკასი, ბადეები და სხვადასხვა ფორმის (უპირატესად სფერული) სიცარიელეწარმომქმნელი სადებები (პლასტიკური ნაკეთობები). ცნობილია სიცარიელეწარმომქმნელი სადების (სს) სახეები: აირდეკი, ბაზლდეკი, ნაუტილუსი, კობიაქსი, ბიიპლეიტი, უ-ბუტ ბეტონი, უ-ბან ბეტონი, დონატ ტაიპი (სურ. 17. – სურ. 24) და სხვ.



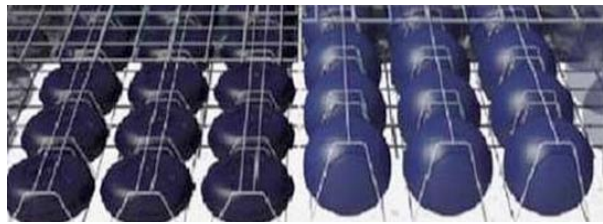
სურ. 17. სადები აირდეკი (Airdeck)



სურ. 18. სადები ბაბლდეკი (BubbleDeck)



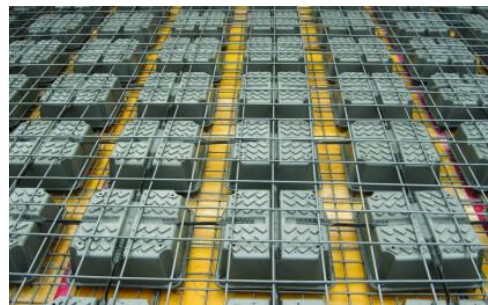
სურ. 19. სადები ნაუტილუსი (Nautilus)
(Cobiax)



სურ. 20. სადები კობიაქსი



სურ. 21. სადები ბიიპლეტი (Beeplate)



სურ. 22. სადები უ-ბუტ ბეტონი
(U-Boot Beton)



სურ. 23. სადები უ-ბან ბეტონი
(U-Bahn Beton)

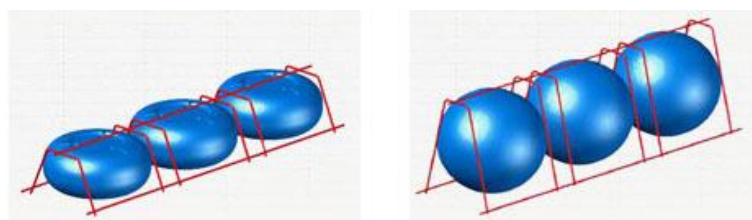


სურ. 24. სადები დონატ ტაიპი
(Donut Type)

კობიაქსის სს სადები წარმოადგენს ჰაერით შევსებულ სფერულ ბურთს, რომლის გარსი დამზადებულია პოლიპროპილენის ნაკეთობების მეორადი ნარჩენებისგან [101]. შესაძლებელია მისი დამზადება სხვა პოლემერებისგანაც (პოლიეთილენი, პოლივინილქლორიდი), რომლებიც ქიმიურ რეაქციაში არ შედიან ბეტონის მასასთან. მისი გამოყენების ტექნოლოგია შემდეგია: ყალიბის მოწყობა, ფილის დეროვანი არმატურის ქვედა ბადის მონტაჟი, კობიაქსის ბურთულების ჩაწყობა (ბურთულების გარკვეული რაოდენობა წინასწარაა განთავსებული წვრილი არმატურის კარკასში - მოდულში სიგრძით 2-2,5 მ), ფილის არმატურის ზედა ბადის მონტაჟი და ბოლოს გადახურვის ფილის დაბეტონება (სურ. 25. – სურ. 28).



სურ. 25. რკინაბეტონის მონოლითური მოედნის მოწყობა კობიაქსის სისტემის გამოყენებით



სურ. 26. კობიაქსის სისტემის კარკასი სამი ბურთულით: მარცხენა – სისტემა სლაიმ-ლაინი; მარჯვენა – სისტემა ეკო-ლაინი



სურ. 27. კობიაქსის სისტემის მონტაჟი



სურ. 28. მონოლითური მოედნის დაბეტონების პროცესი

ასეთი ტექნოლოგიით შესაძლებელია მონოლითური რკინაბეტონის სართულშუა გადახურვების, გასართობი და სპორტული მოედნების, საფეხმავლო გადასასვლელებისა და პანდუსების, სამხედრო სააღლუმო და სასწავლო პლაცების მოწყობა, აგრეთვე დიდმალიანი კონსტრუქციების აგება და სხვ. მოედნის სისქე მიიღება 20-60 სმ-ის ფარგლებში. ბეტონის მარკა B20...B60.

კობიაქსის სისტემები არ გამოიყენება მაღალი პასუხისმგებლობის მქონე შენობებში, წინასწარ დაძაბულ კონსტრუქციებში, აგრეთვე მსუბუქ, დაფოროვნებულ და საშუალო სიმკვრივის ბეტონებში [101]. მიღებულია, რომ გამოყენებული ბეტონის სიმკვრივე უნდა იყოს 2200-დან 2500-მდე კგ/მ³.

კობიაქსის სიცარიელებიანი მოდულები იწარმოება ორი სახის:

- ეკო-ლაინი (Eco-Line) – სფერული ფორმის ნაკეთობები, რომლებიც გამოიყენება ფილებში სისქით 30...60 სმ (ნახ. 26);
- სლაიმ-ლაინი (Slime-Line) – ბრტყელი (ბადროს) ფორმის ნაკეთობები, რომლებიც გამოიყენება ფილებში სისქით 20...35 სმ (ნახ. 26).

კობიაქსის სისტემა გადახურვებში პირველად გამოყენებული იყო XX საუკუნის ბოლოს არაკომერციული კერძო კოლეჯის Harvey Mudd-ის შენობის აგებისას ქ. კლერმონტი, აშშ (სურ. 29), ხოლო ამჟამად ასეთი სისტემები გამოიყენება 50-ზე მეტ ქვეყანაში.



სურ. 29. კოლეჯი Harvey Mudd, ქ. კლერმონტი, აშშ

2.2.1. კობაქსის სისტემის დადებითი თვისებები

- რკინაბეტონის ფილის წონის შემცირება (22...30%) ბეტონის ხარჯზე, რომელიც პრაქტიკულად მონაწილეობას არ ღებულობს ფილის მუშაობაში და ერთდროულად არ აუარესებს ნაკეთობის სიმტკიცის მახასიათებლებს;
- სარდაფისა და საძირკვლის კონსტრუქციებზე გადაცემული დატვირთვების შემცირება;
- ფილის საექსპლუატაციო მახასიათებლების სრული შენარჩუნება ხარისხის გაუარესების გარეშე;
- შედარებით დაბალი ტვირთამწეობის ამწეების გამოყენება სამონტაჟო სამუშაოების შესრულებისას;
- მეორადი გადამუშავების პოლიმერული ნარჩენების გამოყენება;
- მშენებლობის წარმოება შედარებით სუსტ გრუნტებზე;
- რკინაბეტონის გადახურვების მაღალი ბგერა და თბოსაიზოლაციო თვისებები;
- მშენებლობის ვადების შემცირება;
- საგრძნობი ეკონომია ბეტონის მასისა და სატრანსპორტო ხარჯების შემცირების გამო.

2.2.2. კობიაქსის სისტემის უარყოფითი თვისებები

- ჯერჯერობით არ არსებობს სისტემის გამოკვლევების სრული პაკეტი და შესაბამისი ნორმატიული დოკუმენტაცია, რაც მნიშვნელოვნად აფერხებს მის გამოყენებას მშენებლობაში;
- არ გამოიყენება მაღალი პასუხისმგებლობის დონის შენობებში;
- შეზღუდულია გამოყენების არე; დასაშვებია მისი გამოყენება ბეტონებში სიმკვრივით 2200...2500 კგ/მ³;
- დასამუშავებელია საექსპლუატაციო ხანგამძლეობისა და სიმტკიცის მახასიათებლების გაანგარიშების საკითხები.

კობიაქსის სისტემის ძირითადი იდეა ემყარება რკინაბეტონის კონსტრუქციის ელემენტების წონის შემცირებას სიცარიელეწარმოქმნილი სადების გამოყენებით, რომელიც დაბეტონების შემდეგ რჩება ნაკეთობაში. მნიშვნელოვანია ის, რომ კობიაქსის ბურთულები არ აუარესებს ნაგებობის მზიდუნარიანობას და იგი ეფექტურია 7-9 მ მაღლის მქონე გადახურვებშიც [1, 21, 25, 102].

გადახურვებში სიცარიელებიანი სადებების გამოყენებას ჯერჯერობით აფერხებს ის რომ პრაქტიკაში არ არსებობს ასეთი სისტემების გამოკვლევის სრულყოფილი პაკეტი (ნორმატიული დოკუმენტაცია), ამიტომ, მიგვაჩნია, რომ კვლევების ჩატარება ამ მიმართულებით გარკვეული მასტიმულირებელი ნაბიჯია ქართული სამშენებლო ინდუსტრიის განვითარების გზაზე და სწორედ ამან განსაზღვრა არჩეული სადოქტორო თემის აქტუალობა.

რუსეთსა და პოსტსაბჭოთა ქვეყნებში მშენებლობის ეს მიმართულება შესწავლისა და დამუშავების პროცესშია. არსებობს მოსკოვის სახელმწიფო სამშენებლო უნივერსიტეტის რეკომენდაციები კობიაქსის ტექნოლოგიების გამოყენებაზე მშენებლობაში რუსეთის ფედერაციის სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნების გათვალისწინებით.

არსებული მონაცემების ბაზაზე, დამუშავდა რკინაბეტონის კარკასული შენობის სართულშუა გადახურვის 2,5 მ სიგრძის კობიაქსის ბურთულებიანი

არმატურის მოდულების მახასიათებლები, კობიაქსის ტექნოლოგიის (Slime-Line) გადახურვის კონსტრუქციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, კობიაქსის ტექნოლოგიის არმატურის მოდულების ტიპები (Eco-Line) და კობიაქსის ტექნოლოგიის (Eco-Line) გადახურვის კონსტრუქციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები (ცხრ. 1 - ცხრ. 4).

ცხრილი 1

კობიაქსის ტექნოლოგიის არმატურის მოდულის ტიპები (Slime-Line)

ტიპი	გადახურვის სისქე, მმ	სადების სიმაღლე, მმ	არმატურის უჯრედის სიმაღლე, მმ	ბეტონის ხარჯის შემცირება, მ ³ /მ ²
S-100	200	100	115	0,056
S-120	220	120	135	0,066
S-140	250	140	155	0,075
S-160	280	160	175	0,084
S-180	300	180	195	0,093
S-200	320	200	215	0,102
S-220	350	220	235	0,112
S-240	380	240	255	0,124
S-260	400	260	275	0,135

ცხრილი 2

კობიაქსის ტექნოლოგიის (Slime-Line) გადახურვის კონსტრუქციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

გადახურვის კონსტრუქციული სისქე, სმ	ერთი სადების მოცულობა, სმ ³	სადების ბიჯი, სმ	სადების რაოდენობა, ცალი	სადებების მოცულობა, მ ³ /მ ²	გადახურვის დაყვანილი სისქე, სმ
20	6364	35	8,8	0,056	14,4
22	7500	35	8,8	0,066	15,4
25	8523	35	8,8	0,075	17,5
28	9545	35	8,8	0,084	19,6
30	10568	35	8,8	0,093	20,7
32	11591	35	8,8	0,102	21,8
35	12727	35	8,8	0,112	23,8
38	14091	35	8,8	0,124	25,6
40	15341	35	8,8	0,135	26,5

ცხრილი 3

კობიაქსის ტექნოლოგიის არმატურის მოდულების ტიპები (Eco-Line)

ტიპი	გადახურვის სისქე, მმ	სადების დიამეტრი, მმ	არმატურის უჯრედის სიმაღლე, მმ	ბეტონის ხარჯის შემცირება, მ ³ /მ ²
E-270	400	270	280	0,115
E-315	450	315	325	0,134
E-360	500	360	371	0,153
E-405	550	405	416	0,172
E-450	600	450	462	0,191

ცხრილი 4

კობიაქსის ტექნოლოგიის (Eco-Line) გადახურვის კონსტრუქციის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

გადახურვის კონსტრუქციული სისქე, სმ	ერთი სადების მოცულობა, სმ ³	სადების ბიჯი, სმ	სადების რაოდენობა, ცალი	სადებების მოცულობა, მ ³ /მ ²	გადახურვის დაყვანილი სისქე, სმ
40	6364	30	11.2	0,115	28,5
45	7500	35	8,3	0,134	31,6
50	8523	40	6.2	0,153	34,7
55	9545	45	5.1	0,172	37,8
60	10568	50	2.9	0,191	40,9

კონსტრუქციების დაპროექტება ღრუ (სიცარიელებიანი) სადებების (ეკო-ლაინი და სლაიმ ლაინი) გამოყენებით წარმოებს მასიური რკინაბეტონის ელემენტების ანალოგიურად მოქმედი სამშენებლო ნორმების მიხედვით. პირველ ეტაპზე ხდება კონსტრუქციის დაპროექტება და გაანგარიშება მოქმედ დატვირთვებზე და საჭირო არმატურის შერჩევა. როცა გვეცოდინება არმატურის დიამეტრები და განლაგების ბადე (ფილის ზედა და ქვედა ბადეები) ვირჩევთ კობიაქსის სისტემის კარკასს (სიგრძე, სიმაღლე) და ბურთულის ზომებს მოდულის სახეობის მიხედვით (სფერული, ბრტყე-ლი), აგრეთვე მოდულების განთავსების ადგილებს. შემდეგ ფილის გაანგა-რიშებას ახდენენ როგორც ორტესებრი კოჭისას, რომლის ნეიტრალური ღერძი გადის შეკუმშული თაროს ფარგლებში.

ეკო-ლაინი და სლაიმ ლაინი სისტემის სადებების მონტაჟი მიმდინა-რობს შემდეგი თანამიმდევრობით:

- გრძივი ან სივრცითი კობიაქს-მოდულების მიტანა ობიექტზე (მოდული შედგება არმატურის კარკასისა და ბურთულებისგან);
- პროექტის მიხედვით კობიაქს-მოდულების მონტაჟი და ფიქსაცია ფილის ქვედა არმატურის ბადის მოწყობის შემდეგ;
- დამონტაჟებული მოდულების ფიქსაციის კონტროლი;
- ფილის ზედა არმატურის ბადის მოწყობა;
- ფილის ქვედა და ზედა არმატურის ბადეების კავშირების მონტაჟი.

(ეკო-ლაინი და სლაიმ ლაინი)

გადახურვის ფილის დაარმირებისა და კობიაქსის სისტემის მონტაჟის შემდეგ ხდება ფილის დაბეტონება. პირველ ეტაპზე კეთდება ბეტონის შრე, რომელიც ფარავს ფილის ქვედა არმატურის ბადეს 3-5 სმ-ით, ყოვნდება 35 წთ (ბეტონის ნარევის შეკვრის დაწყებამდე) და შემდეგ ისხმება საპროექტო ნიშნულამდე. შრეობრივი დაბეტონების მიზანია მოახდინოს კობიაქსის ბურთულების ფიქსაცია და ამომგდები ძალის კომპენსაცია. ბეტონის მარკა მიიღება B20...B60.

ცნობილია მონტაჟის სხვა ტექნოლოგიაც, რომელიც გამოიყენება შედარებით მცირე ფართობის ზედაპირების მოსაწყობად: პირველად დაბეტონდება ფილის ქვედა ბადე, ბეტონის შემრობის შემდეგ ეწყობა კობიაქსის ბურთულებიანი მოდულები, ზედა ბადე და ბოლოს, ახდენენ ფილის მთლიან დაბეტონებას.

2.3. მრავალსივრცეობიანი (კობიაქსი) სართულშუა გადახურვის

(ფილის) გაანგარიშება კომპიუტერული პროგრამების მეშვეობით

მრავალსივრცეობიანი (მრავალსივრცეობიანი) რკინაბეტონის გადახურვის ფილის გაანგარიშების ზოგადი მიმოხილვა მოცემულია სადისერტაციო ნაშრომის თავი 1-ში (§1.3). იგი გამოიყენებოდა და ახლაც ნაწილობრივ გამოიყენება ანაკრები და ანაკრებ-მონოლითური გადახურვის ფილების გასაანგარიშებლად შესაბამისი ფორმულების გამოყენებით.

თანამედროვე სამშენებლო სივრცეში კონსტრუქციების ხელით გაანგარიშების მეთოდები უკვე პრაქტიკულად მიუღებელია, რადგან მისი

წარმოება საკმაოდ რთული და შრომატევადია. ამავე სამუშაოებს დღეს წარმატებით უმკლავდება სხვადასხვა ელექტრონული პროგრამები.

სიცარიელებიანი სადებების გამოჩენამ მონოლითურ გადახურვებში დღის წესრიგში დააყენა ასეთი კონსტრუქციების გაანგარიშების პროგრამებისა და მეთოდების შემუშავება. განვიხილოთ საქართველოში მშენებლობისა და დაპროექტების პროცესში მყოფი რამდენიმე სამშენებლო ობიექტის პროგრამული გაანგარიშების მაგალითები, სადაც სართულშუა გადახურვებში გამოვიყენეთ სიცარიელეწარმომქმნელი პლასტმასის სადებები.

2.3.1. მაგალითი 1.

წარმოვიდგინოთ ქ. თბილისში მშენებლობისა და დაპროექტების პროცესში მყოფი ერთ-ერთი ობიექტის სართულშუა გადახურვის კომპიუტერული პროგრამით გაანგარიშების მაგალითს (პროგრამული კომპლექსი „Lira-CAIP 2013“, ვერსია R3).

ობიექტის დასახელება - **მრავალფუნქციური საავადმყოფო ქ. თბილისში.**

ობიექტის მისამართი - ჭავჭავაძის გამზ. №5.

დამპროექტებელი ორგანიზაცია - შპს „კუბიკონი“.

შენობის კლასი - IV.

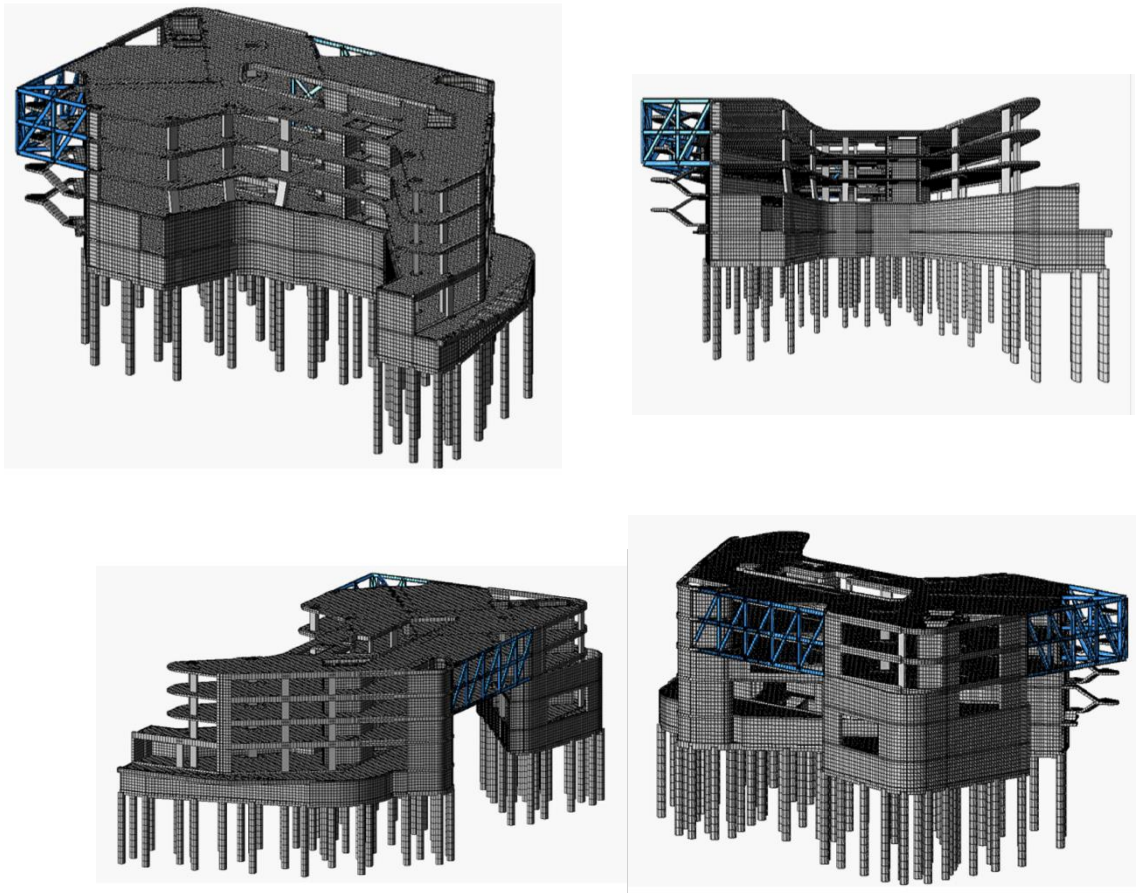
გამოყენებული პროგრამა - პროგრამული კომპლექსი „Lira-CAIP 2013“, ვერსია R3.

გამოყენებული ძირითადი მასალები:

- ბეტონი კლასით B35 (კონსტრუქციებში); B15 - საძირკვლებში;
- არმატურა კლასით A500C; A240C;
- კობიაქსის პლასტმასის სადებები S-180 (სადების სიმაღლე 180 მმ, სადების უჯრედის სიმაღლე 195 მმ, 1 მ²-ზე ბეტონის ხარჯის შემცირება 0,093 მ³/მ²).

შენობა ოთხსართულიანია - 3 სართული მიწისზედა, 1 - სარდაფის სართული. შენობა რთული ფორმისაა და მიახლოებითი გაბარიტული

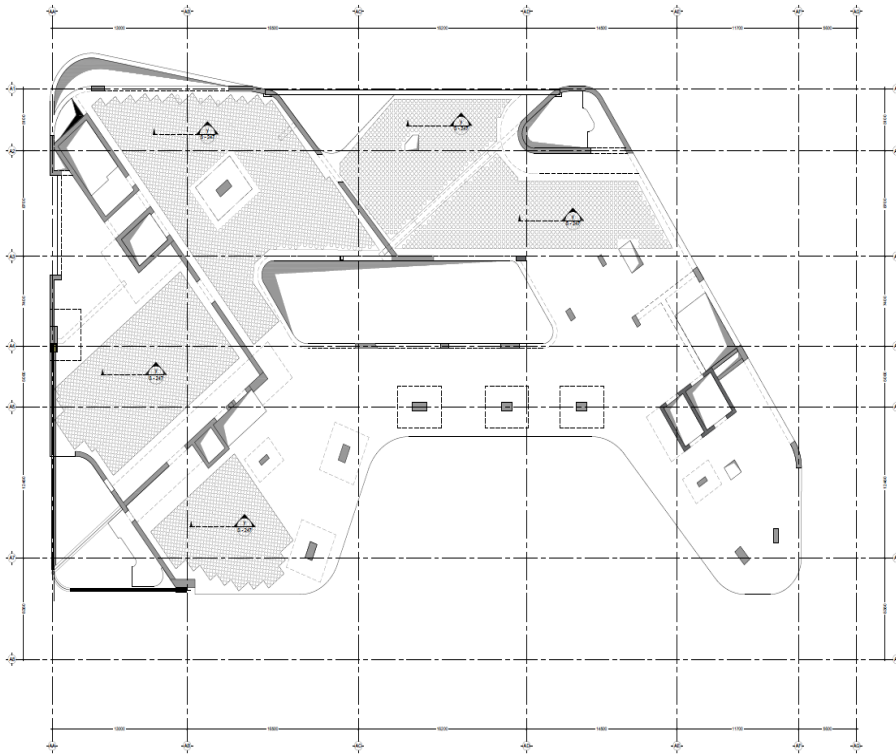
ზომები გეგმაში არის 77x47 მ. გადახურვის ფილის სისქე - 30 სმ. შენობის იზომეტრიული ხედები ნაჩვენებია სურათებზე (სურ. 30).



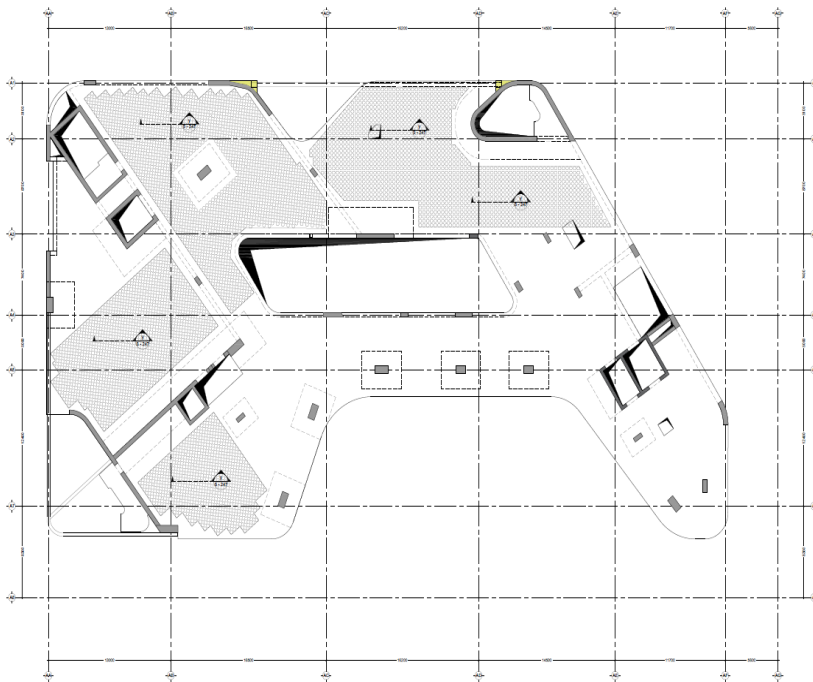
სურ. 30. მრავალფუნქციური საავადმყოფო ქ. თბილისში (იზომეტრიული ხედები)

გადახურვის ფილებში გამოყენებულია კობიაქსის პლასტმასის სადებები S-180 (სადების სიმაღლე 180 მმ, სადების უჯრედის სიმაღლე 195 მმ, 1 მ²-ზე

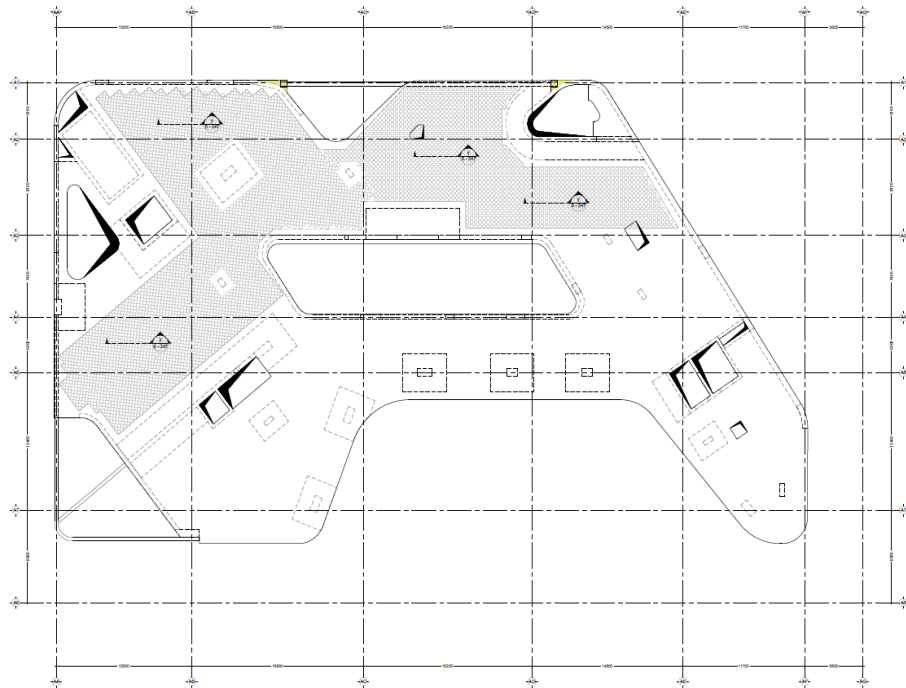
ბეტონის ხარჯის შემცირება 0,093 მ³). კობიაქსის პლასტმასის სადებები განლაგებულია სართულშუა გადახურვების ნაწილზე (ნახ. 5, 6, 7).



ნახ. 5. კობიაქსის სადებების განლაგების სქემა +4,17 ნიშნულზე



ნახ. 6. კობიაქსის სადებების განლაგების სქემა +8,07 ნიშნულზე



ნახ. 7. კობიაქსის სადებების განლაგების სქემა +11,97 ნიშნულზე

მათემატიკური მოდელირება (განგარიშება)

შენობის განგარიშება განხორციელდა არქიტექტურული პროექტის მიხედვით. საანგარიშო მათემატიკური მოდელი აგებულია „Lira-CAPP 2013“ პროგრამული კომპლექსის მეშვეობით, რომელიც ეფუძნება სასრულ ელემენტთა მეთოდს.

საქართველოს ტერიტორიის სეისმური დარაიონებისა და საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების შესაბამისი დასკვნებისა და რეკომენდაციების მიხედვით დადგენილია, რომ სამშენებლო მოედანი განლაგებულია **8 ბალიანი** სეისმური საშიშროების ზონაში MSK64 სკალის მიხედვით ($A=0.17$); გრუნტის კატეგორია სეისმური თვისებების მიხედვით - **II**.

განგარიშებებში მიღებული იყო შემდეგი დატვირთვები:

- სტატიკური მუდმივი;
- სტატიკური დროებითი ხანმოკლე;
- სეისმური x მიმართულება;
- სეისმური y მიმართულება;

- სეისმური z მიმართულება;
- სეისმური დიაგონალური 45° მიმართულება;
- სეისმური დიაგონალური 135° მიმართულება.

მათემატიკურ საანგარიშო მოდელში შენობის მზიდ კონსტრუქციებში ძალვათა თანწყობისას გათვალისწინებული იყო შემდეგი კომბინაციები:

ა) ძირითადი თანწყობა:

1. (მუდმივი) + (დრ. ხანმოკლე);
2. (მუდმივი) + 0.9* (დრ. ხანმოკლე).

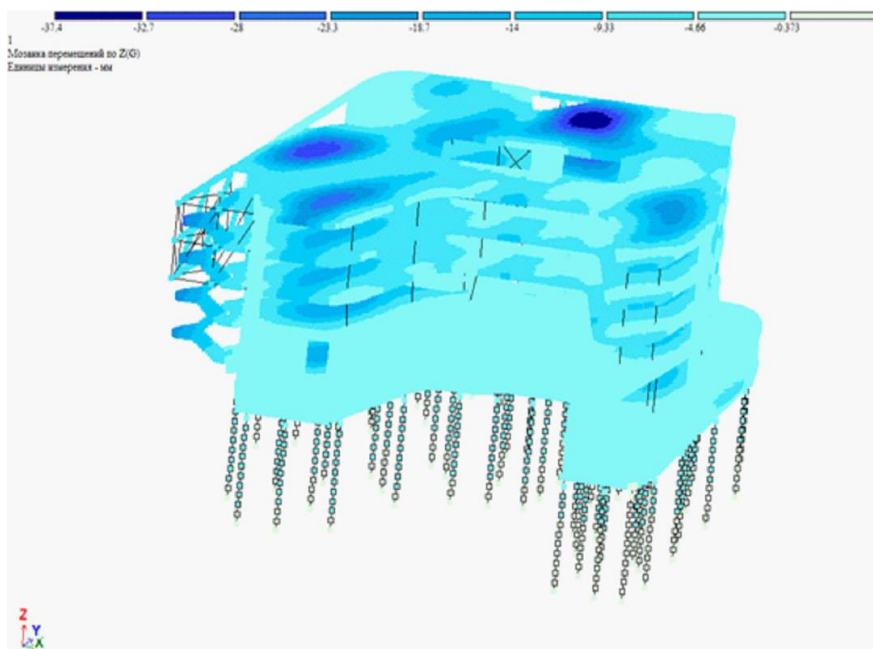
ბ) განსაკუთრებული თანწყობა:

0.9*(მუდმივი) + 0.5* (დრ. ხანმოკლე) + 1* (ერთ-ერთი „დინამიკური“ დატვირთვა)

საანგარიშო მათემატიკურ მოდელში გათვალისწინებული იყო საკუთარი რხევების 100 ფორმა. სეისმური ზემოქმედების გაანგარიშებისას მასების მონაწილეობის ფაქტორმა შეადგინა 89-90% (კოეფიციენტი $k = 0,89-0,9$).

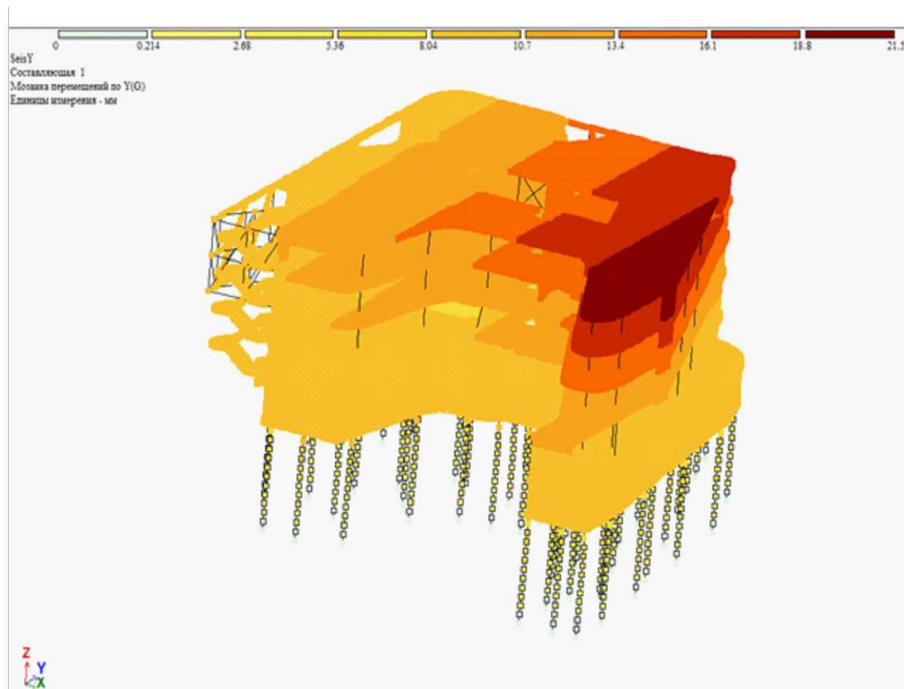
შენობის საკუთარი რხევის პერიოდები: $T_1 = 1,17$ წმ; $T_2 = 1,0$ წმ; $T_3 = 0,9$ წმ.

შენობის გადაადგილებები ნაჩვენებია სურათებზე (სურ. 31 - 34).

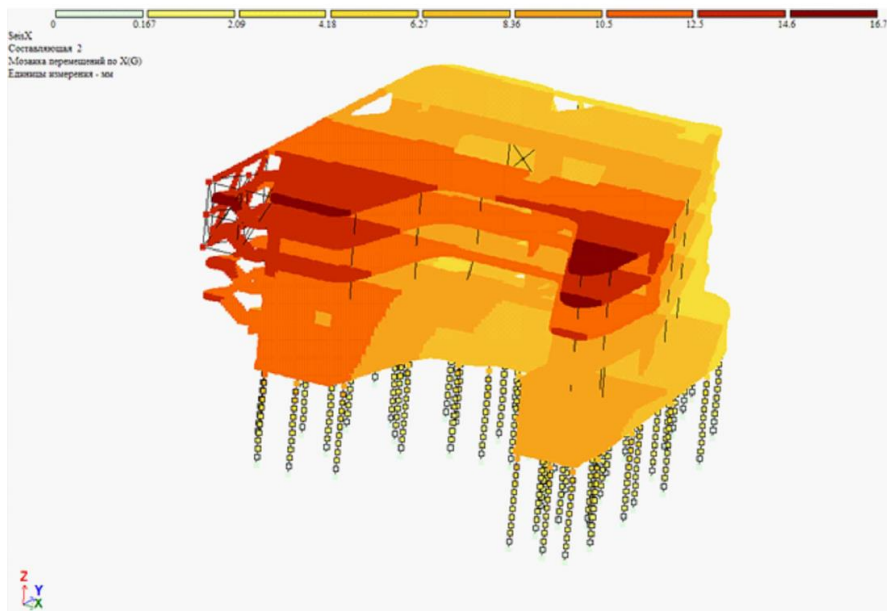


სურ. 31. შენობის ვერტიკალური გადაადგილებები (მმ) საანგარიშო

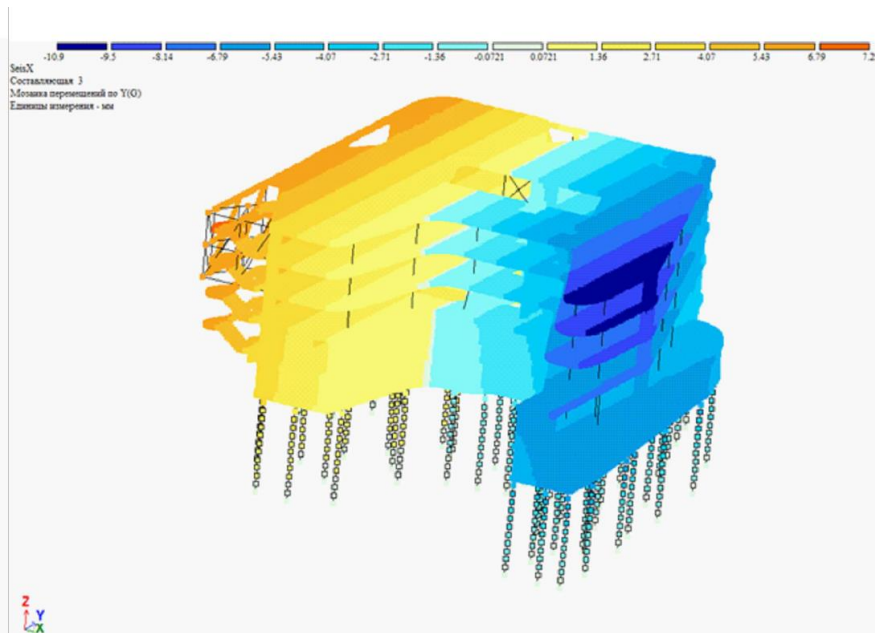
სტატიკურ დატვირთვის ძირითადი შეხამებისას



სურ. 32. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „Y,, მიმართულებით (საკუთარი რხევის მეხუთე ფორმა)



სურ. 33. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „X,, მიმართულებით (საკუთარი რხევის მეორე ფორმა)



სურ. 34. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „Y,, მიმართულებით (საკუთარი რხევის მეცხრე ფორმა)

განგარიშების შედეგების ანალიზი ცხადყოფს, რომ შენობის კონსტრუქციული ელემენტების დეფორმაციები ნორმის ფარგლებშია და აკმაყოფილებენ საქართველოში მოქმედი სამშენებლო ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნებს.

პროექტის შესაბამისად გადახურვის ფილებზე B35 კლასის ბეტონის ხარჯმა შეადგინა 3015 ტ; არმატურის - 64,415 ტ.

მრავალფუნქციური საავადმყოფოს შენობის სივრცითი სისტემის განგარიშება ვაწარმოეთ სტატიკურ დატვირთვებზე მოქმედი საანგარიშო ძალების შეხამების (სძშ) გათვალისწინებით.

როგორც უკვე აღნიშნული იყო განგარიშებას საფუძვლად უდევს სასრულო ელემენტების მეთოდი (*რიცხვითი მეთოდი დიფერენციალური განტოლებების ამოსახსნელად კერძო წარმოებულებით*). ძირითად უცნობებად მიღებულია კვანძების შემდეგი გადაადგილებები:

X - წრფივი x ღერძზე;

Y - წრფივი y ღერძზე;

Z - წრფივი z ღერძზე;

U_x - კუთხური x ღერძის ირგვლივ;

U_y - კუთხური y ღერძის ირგვლივ;

U_z - კუთხური z ღერძის ირგვლივ.

Lira-CAPP-პროგრამულ კომპლექსში რეალიზებულია ამჟამად მოქმედი ნორმატიული და მარეგლამენტირებელი დოკუმენტები [10, 12, 14, 16, 19, 22, 44, 45]. სასრულო ელემენტების დოკუმენტში მითითებულია გამოყენებული ტიპები, ასევე მითითებულია სიხისტის ტიპის ნომრები.

საანგარიშო სქემაში ჩართული იყო ორი ბრტყელი სასრულო ელემენტი:

ტიპი 41. უნივერსალური მართკუთხა სე;

ტიპი 44. უნივერსალური ოთხკუთხა სე.

კვანძების კოორდინატები და დატვირთვები მოცემულია პროექტის დოკუმენტაციაში (დოკუმენტი 4, 6, 7. ინახება შპს „კუბიკონის“ ფირმაში).

გაანგარიშება ვაწარმოეთ სტატიკურ დატვირთვებზე (№ 1, 2, 3, 4).

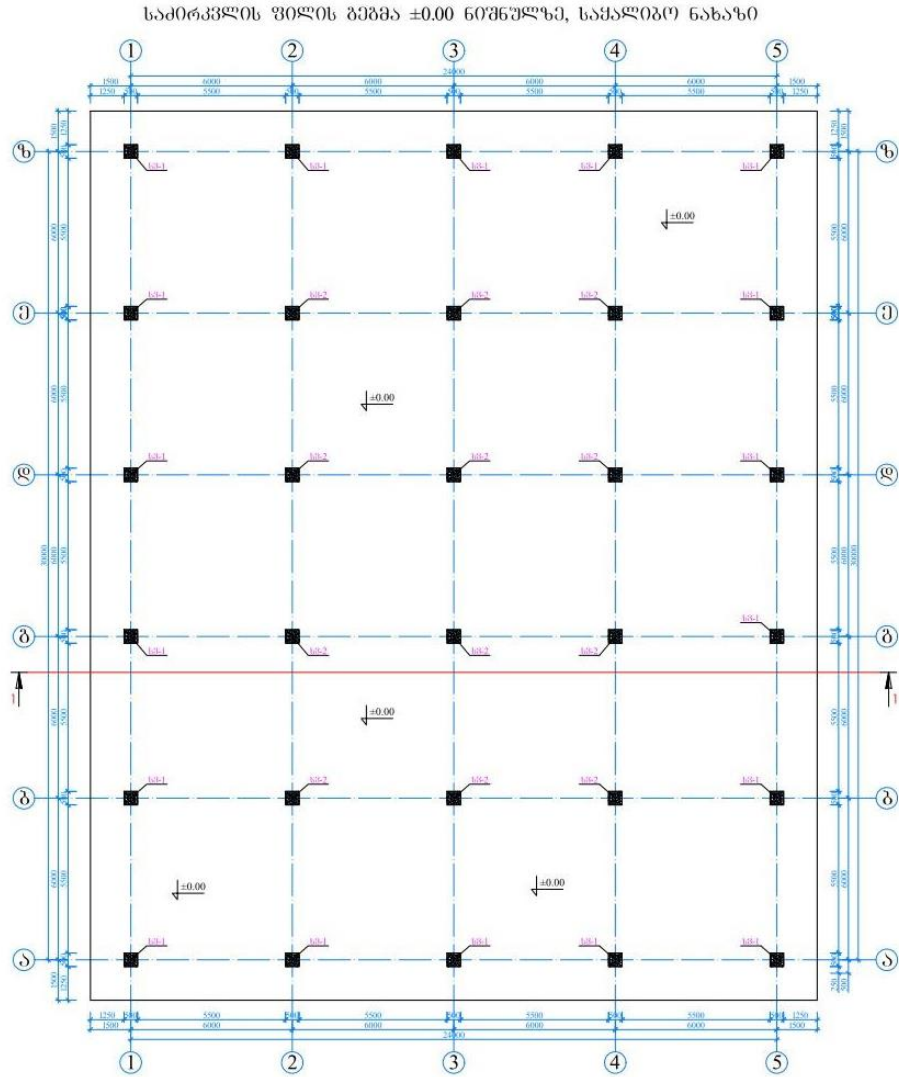
პლასტმასის ელემენტების (კობიაქსის ბურთულების) საანგარიშო ძაბვების შეხამება შეირჩეოდა ექსტრემალური ძაბვების კრიტერიუმებით მთავარი მოედნის მიმართულებების მიხედვით. სტატიკური დატვირთვის პირველი და მეორე საფეხური გაითვალისწინებოდა როგორც მუდმივი დატვირთვა; მე-3 - როგორც დროებითი ხანმოკლე; მე-4 - როგორც დროებითი ხანგრძლივი.

2.3.2. მაგალითი 2.

დამუშავებული იყო ხუთსართულიანი რკინაბეტონის კარკასული შენობის პროექტი გეგმაში ზომებით 24x30 მ (ნახ. 8). სვეტების ბიჯი – 6x6 მ. შენობის სართულშუა გადახურვისთვის გამოყენებულია ურიგელო ტიპის მონოლითური გადახურვის ფილა ფარული რიგელებით. გადახურვის ფილის სისქეა $h = 25$ სმ. შენობის მზიდი კონსტრუქციები გავიანგარიშეთ, როგორც ერთიანი სივრცული სისტემა მუდმივ და დროებით დატვირთვებზე.

სამშენებლო მოედანი მდებარეობს ქ. თბილისში, ვარკეთილის დასახლება, თრიალეთის ქ. № 36. ნაკვეთის ცენტრის კორდინატებია $X=489853,5$; $Y=4615501,9$; აბსოლუტური სიმაღლე 467-473 მ-ის ფარგლებში მერყეობს. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა - $12,3^{\circ}\text{C}$, საშუალო წლიური ფარდობითი ტენიანობა - 67%, თოვლის დატვირთვა 0,5 კპა; ქარის დატვირთვა - 1,05 კპა; ქარის მაქსიმალური სიჩქარე - 48 მ/წმ; გრუნტია კატეგორია - II; სეისმურობა - 8 ბალი; სეისმურობის უგანზომილებო კოეფიციენტი $A=0,17$.

ჩატარებული გეოლოგიური კვლევის შედეგად მოხდა საპროექტო შენობის საანგარიშო მოდელის შექმნა. საკვლევი შენობის საანგარიშო მოდელები (სქემები) შედგენილია კონსტრუქციული ნახაზებისა და შესაბამისი კვლევების საფუძველზე. სამოწმებელი გაანგარიშებები ჩატარებულია სამშენებლო კონსტრუქციების ტიპური საანგარიშო კომპლექსი ““Лица Санр 2017”-ის გამოყენებით. დღეისათვის საქართველოში მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად.

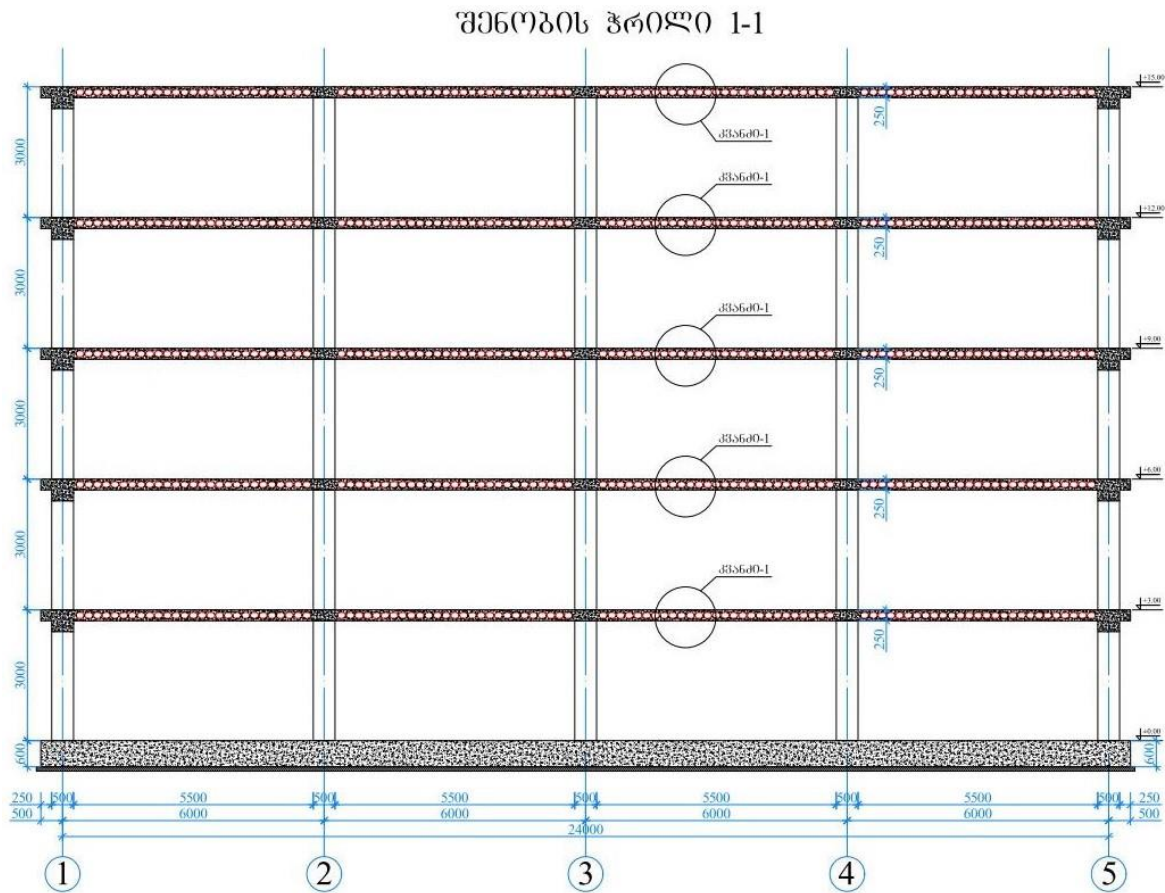


ნახ. 8. შენობის გეგმა

გადახურვის ზედა და ქვედა არმატურის ბადეებს ($\varnothing 12$ A500C, ბიჯი 200 მმ) შორის განთავსებული იყო კობიაქსის Eko-Line-ის სადებები (ბურთულები).

შენობის მზიდ ელემენტებს წარმოადგენს მონოლითური სვეტები, ზომით 50x50 სმ, საძირკვლის ფილა $H = 60$ სმ. შენობის სართულშუა გადახურვისთვის გამოყენებულია იქნება ურიგელო ტიპის მონოლითური გადახურვის ფილა ფარული რიგელებით, გადახურვის ფილის სისქეა $H = 25$ სმ. შენობის მზიდი კონსტრუქციები გაანგარიშებულია, როგორც ერთიანი

სივრცული სისტემა მუდმივ და დროებით ვერტიკალურ დატვირთვებზე. დამატებით იხილეთ შენობის ჭრილი ნახ.9.



ნახ. 9. შენობის ჭრილი

დატვირთვებისა და ზემოქმედებების განაწილება შესრულებულია საქართველოში დღეისათვის მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად [10, 11, 12, 15, 19, 22]. დატვირთვის უსაფრთხოების კოეფიციენტები მიღებული იყო: რკინაბეტონის კონსტრუქციები - 1,1; ფოლადი - 1,05; თოვლი - 1,4.

სეისმური დატვირთვა

საქართველოს ტერიტორიის სეისმური დარაიონების და საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების შესაბამისი დასკვნების მიხედვით დადგენილია, რომ სამშენებლო მოედანი განლაგებულია 8-ბალიანი სეისმური

საშიშროების ზონაში MSK 64 სკალის მიხედვით ($A=0.17$); გრუნტის კატეგორია სეისმური თვისებების მიხედვით - II.

შენობის ჩონჩხედის (კარკასის) კონსტრუქციული სქემიდან გამომდინარე, შენობა გაანგარიშებულია ჰორიზონტალურ (X,Y) სეისმურ ზემოქმედებაზე.

დღეისათვის საქართველოში მოქმედი ნორმის (პნ 01.01-09), თანახმად, საანგარიშო სტატიკური დატვირთვები მრავლდება შემდეგ თანწყობის კოეფიციენტებზე (პუნქტი 4,1):

მუდმივი - 0,9;

ხანგრძლივი - 0,8;

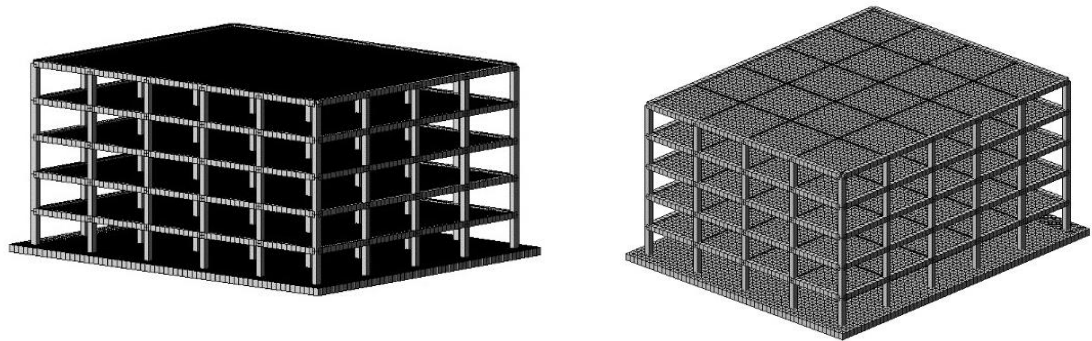
დროებითი - 0,5;

სეისმური ზემომედების საწყისი მონაცემების თანახმად (პნ 01.01-09) მიღებულია შემდეგი კოეფიციენტები:

გრუნტის II კატეგორია, 8 ბალი - $K_0 = 1,0$;

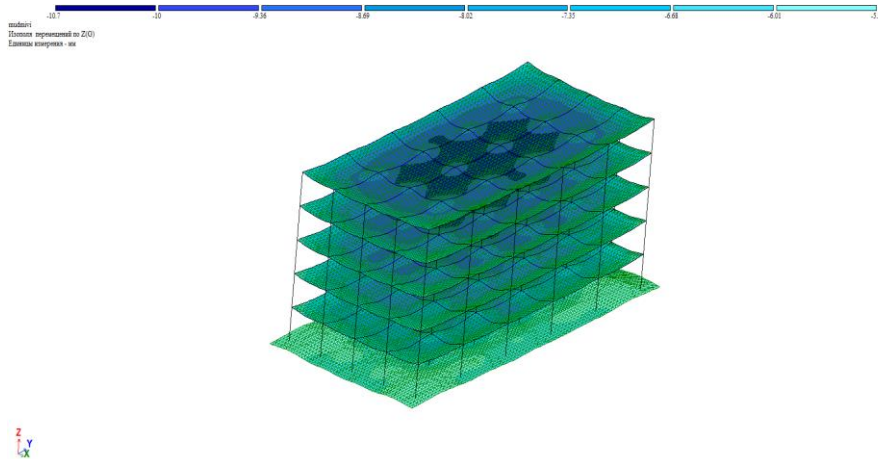
რკინაბეტონის კარკასი - $K_1 = 0.35$, $K_2 = 1$, $K_3 = 1$, $K_\psi = 1$.

შენობის გაანგარიშებებში გამოვიყენეთ დატვირთვების ოთხი შეხამება (კომბინაცია).



სურ. 35. საანგარიშო მოდელის საერთო ხედები

განგარიშებით მიღებული შედეგების ანალიზი

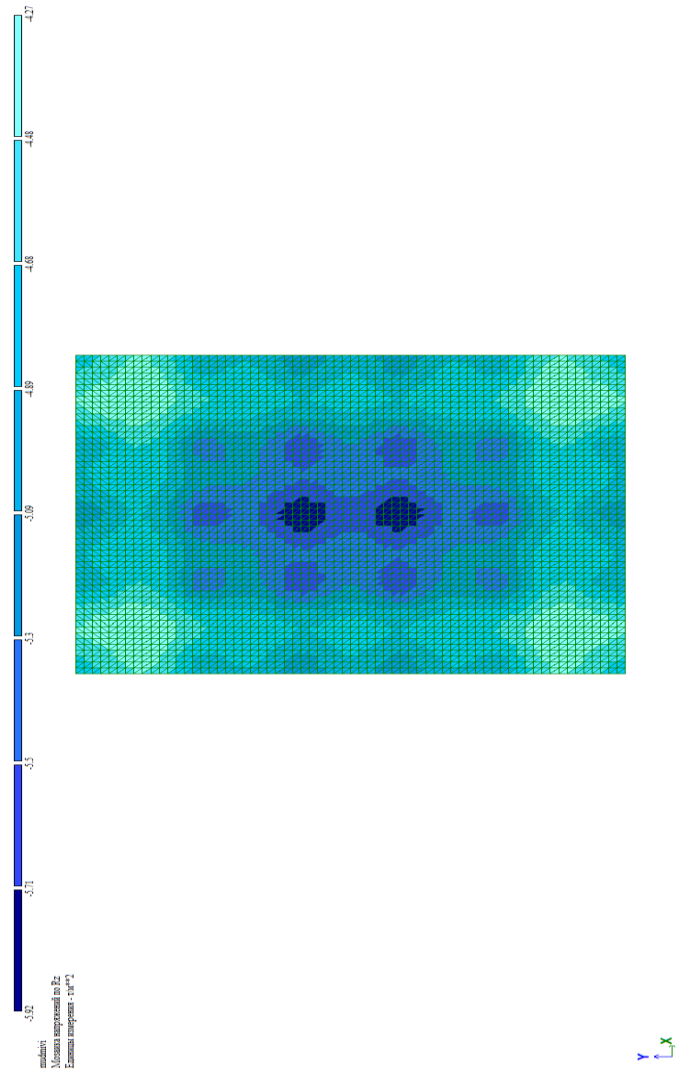


სურ. 36. სართულშუა გადახურვის ფილის მაქსიმალური გადაადგილება Z დერძის მიმართულებით

სართულშუა გადახურვის ფილის მაქსიმალური დეფორმაცია (თანახმად სნ და წ "2.01.07-85*" დამატება - ჩალუნვები და გადაადგილებები).

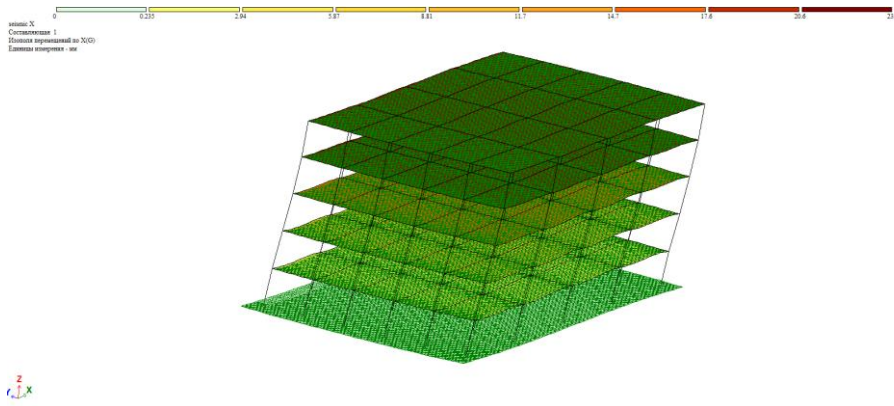
$$F = 10.7 \text{ მმ} < L/200 = 32,5 \text{ მმ.}$$

პირობა დაკმაყოფილებულია. $L = 6500$ მმ-ს, აღებულია მალის მაქსიმალური სიგრძე.

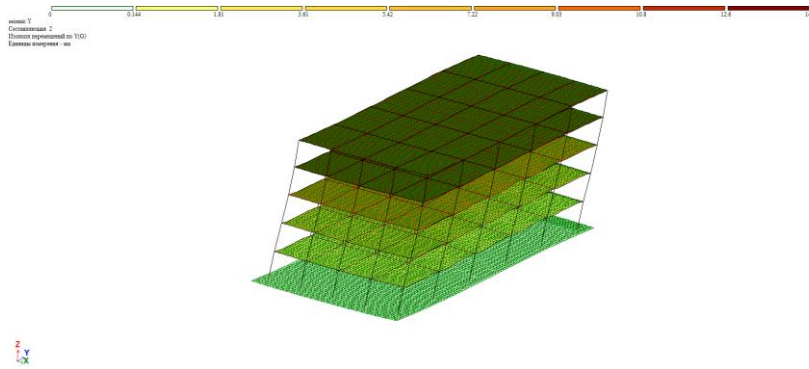


სურ. 37. რეაქციები საძირკვლის ძირზე Rz

სეისმური გადაადგილების შედეგები

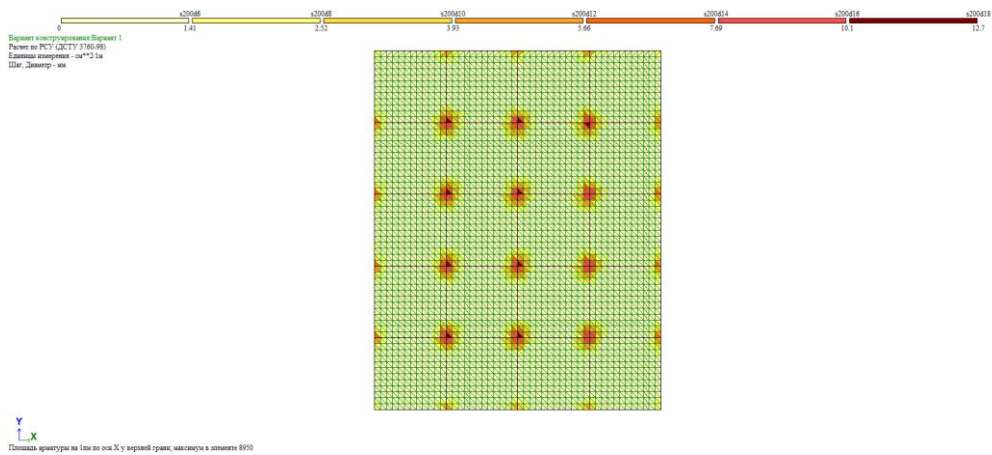


სურ. 38. გადაადგილება X ღერძის მიმართულებით



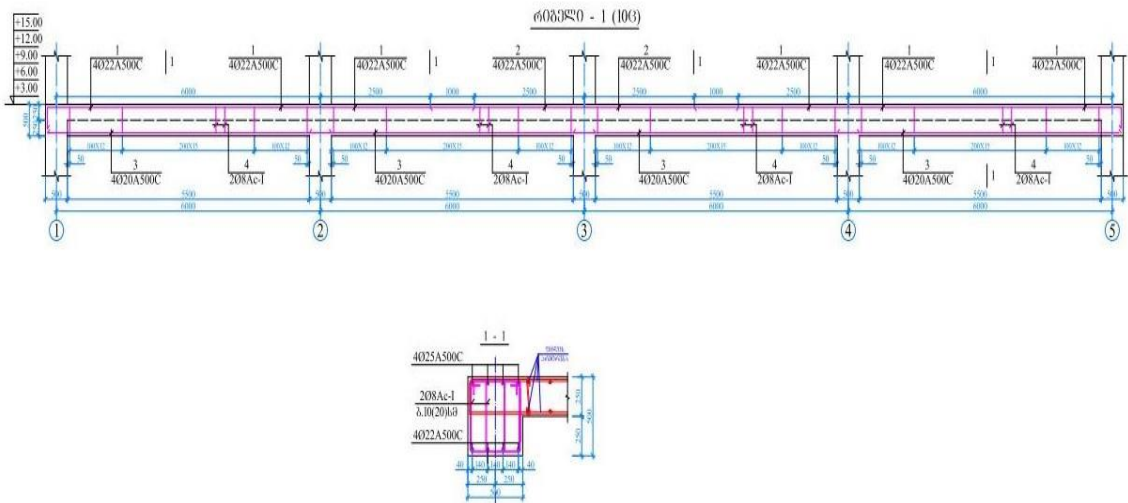
სურ. 39. გადაადგილება Y ღერძის მიმართულებით

საანგარიშო სქემაში გამოყენებულია შემდეგი მასალები: ბეტონი B-25, პუასონის კოეფიციენტი $\nu = 0.2$. არმატურა კლასით A500C (სამუშაო არმატურისთვის) და A240C (საკიდებისთვის).

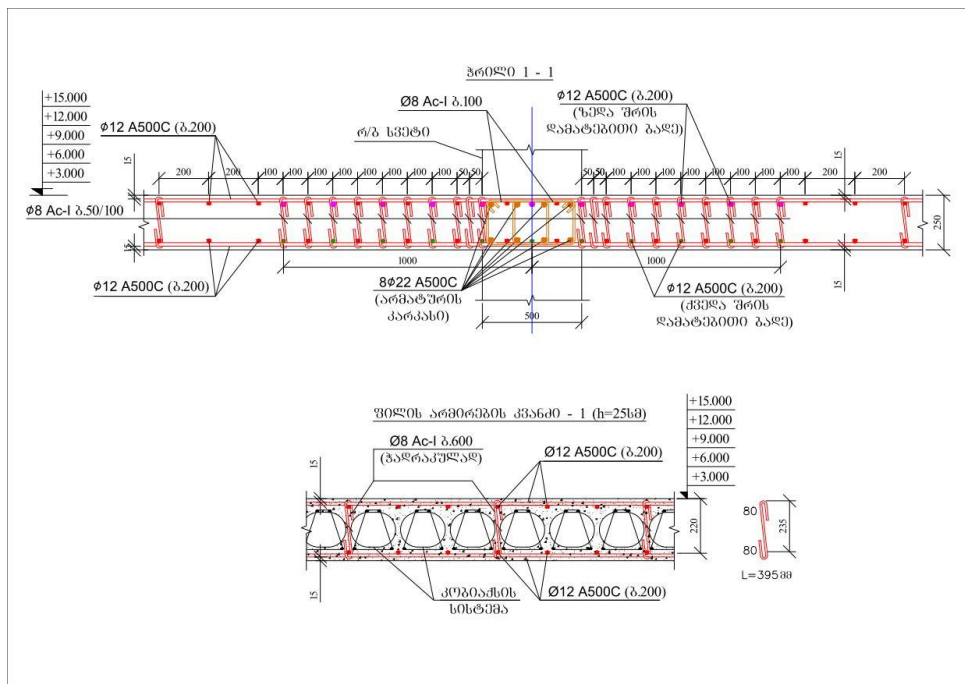


სურ. 40. გადახურვის ფილის არმირება

შენიშნავს პერიმეტრზე აკრავს მონოლითური რკინაბეტონის რიგელი ზომით 50x50 სმ (ნახ. 10), ხოლო გადახურვის ფილაში დამატებით გამოყენებულია ფარული რიგელები ზომით 25x50 სმ. მონოლითური რკინაბეტონის რიგელები დაარმიებულია A500C და A240C კლასის არმატურებით. ბეტონის მარკა B-25.



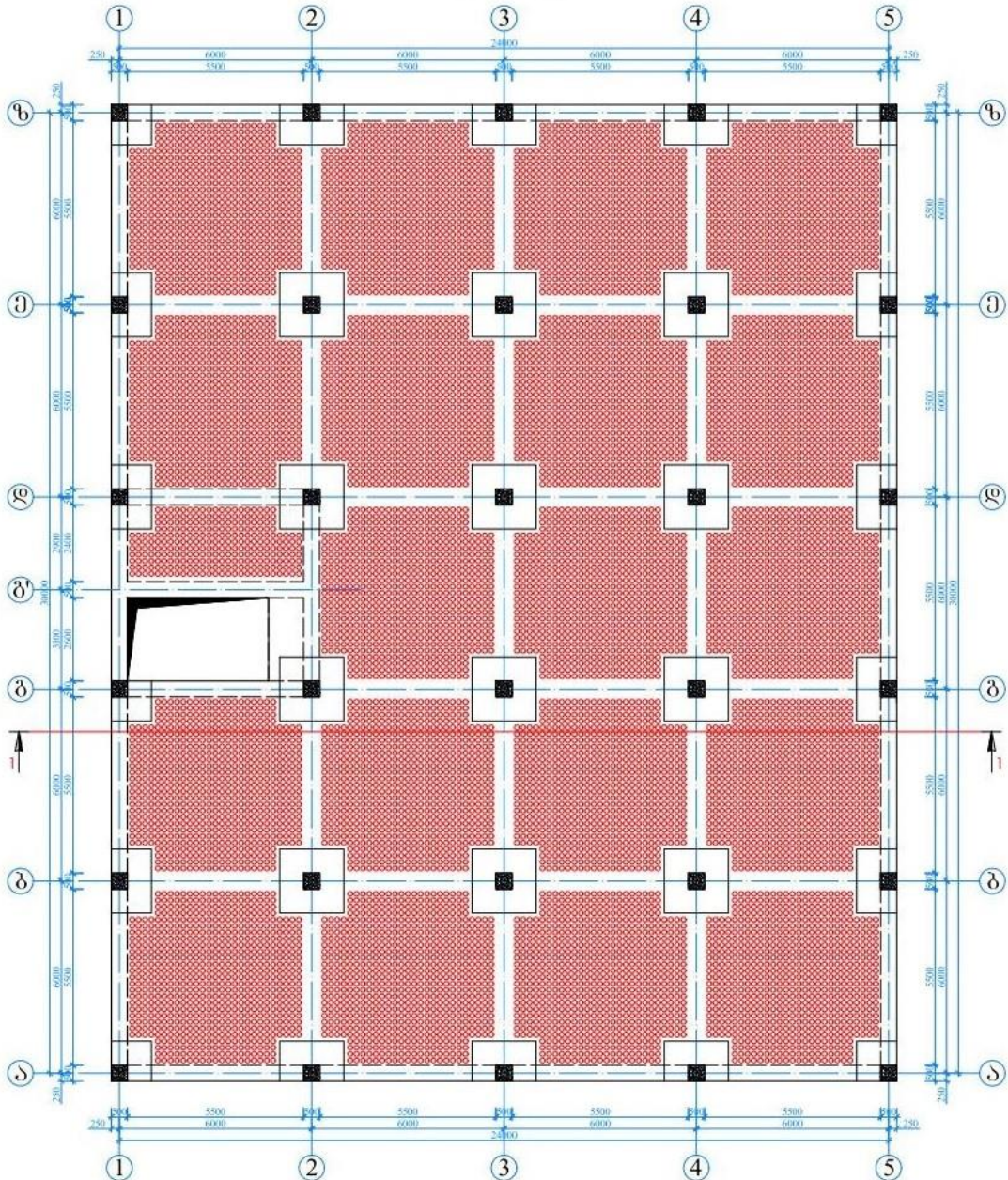
ნახ. 10. რიგელების არმირება



ნახ. 11. სართულშუა გადახურვის ფილის არმირება, კოზიაქსის სისტემის გამოყენებით

სართულშია გადახურვად მიღებულია მონოლითური რკინაბეტონის ფილა სისქით $H = 25$ სმ (ნახ. 12). ფილა დაარმირებულია $D = 12$ მმ A500C კლასის არმატურით. არმატურის X და Y ღერძების მიმართულებით ბიჯები აღებულია 200 მმ. არმატურის ღეროებს შორის განთავსებულია 14 სმ დიამეტრის მქონე კობიაქსის სადებები (ბურთები).

ბაღახურვის ფილის არმირება +3.00 ნიშნულზე (კობიაქსის სისტემის განლაგება)



ნახ. 12. კობიაქსის სისტემის განლაგების გეგმა

შენიშვნა: გაანგარიშების სხვა შედეგები, როგორცაა:

საძირკვლის ფილის არმირება X ღერძის მიმართულებით; საძირკვლის ფილის არმირება Y ღერძის მიმართულებით; სვეტების არმირება; პერიმეტრის რიგელის არმირება; საძირკვლის ფილის არმირება 0.00 ნიშნულზე; საძირკვლის ფილის არმირება 0.00 ნიშნულზე (დამატებითი ბადეები ქვედა და ზედა შრეში); გადახურვის ფილის არმირება, ფარული რიგელები; გადახურვის ფილის არმირება. ძირითადი ბადე, მოცემულია დანართ 1-ში.

გაანგარიშების შედეგების ანალიზი

შედეგების ანალიზმა აჩვენა რომ კობიაქსის სისტემებიანი შენობის სიმტკიცე, მდგრადობა და ვერტიკალური (z ღერძის მიმართულებით) და ჰორიზომტალური გადაადგილებები (x და y ღერძების მიმართულებებით) ნორმის ფარგლებშია. ფილის მაქსიმალური ჩაღუნვა იყო 10,7 მმ (დასაშვები ჩაღუნვა 32,5 მმ). ბეტონის ხარჯის ეკონომიამ შედგინა საპროექტო მოცემულობის 30%.

გამოვთვალოთ სართულზე გადახურვაზე ბეტონის ხარჯი ორი ვარიანტისათვის - I. მონოლითური და II - სადებებიანი ვარიანტი.

I ვარიანტი:

ერთი სართულის დასაბეტონებელი ფილის ფართობი: $0,9 \times 24 \times 30 = 648 \text{ მ}^2$, სადაც 0,9 ფართობის გამოყენების კოეფიციენტია.

ერთ სართულზე ბეტონის ხარჯი: $648 \times 0,25 = 162 \text{ მ}^3$, სადაც 0,25 მ ფილის სისქეა.

II ვარიანტი:

სადები S-140; დიამეტრი (სისქე) 140 მმ; ბეტონის ხარჯის შემცირება 1 მ²-ზე 0,075 მ³.

სადებების მოცულობა ერთ სართულზე: $648 \times 0,075 = 48,6 \text{ მ}^3$.

ბეტონის ხარჯის შემცირება ერთ სართულზე - $162 - 48,6 = 113,4 \text{ მ}^3$, რაც შეადგენს

$$(162 - 113,4)/162 = 0,3 \times 100 = 30\%.$$

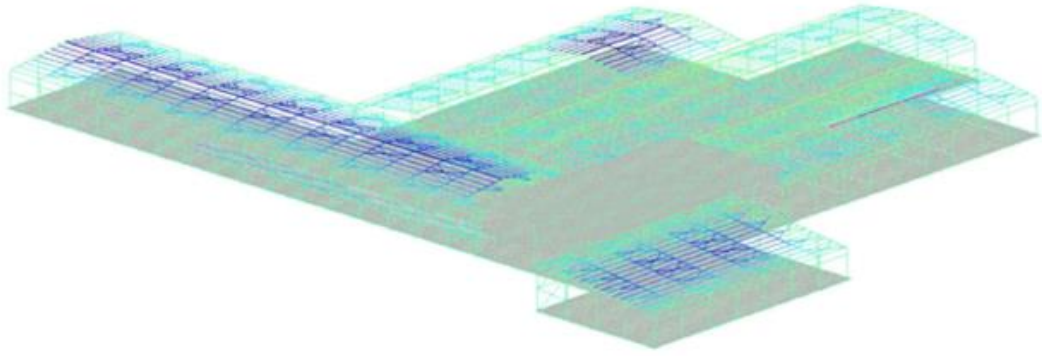
მივიღეთ, რომ S-140 ტიპის კობიაქსის სადებების გამოყენება ბეტონის ხარჯს ამცირებს 30%-ით.

ანალოგიური გამოთვლებით მივიღეთ, რომ თუ გადახურვებში გამოვიყენებთ ნიჰელის თავსახურავებიან 2 ლიტრი ტევადობის მეორად ბოთლებს დიამეტრით 90 მმ, სიგრძით 300 მმ (GEO Ket), მაშინ ბეტონის ხარჯი მცირდება 22%-ით, ხოლო პლასტმასის საკანალიზაციო მილის გადანაჭრების (GEO Tam) (დიამეტრი 100 მმ, სიგრძე 300 მმ) გამოყენებისას - 34%.

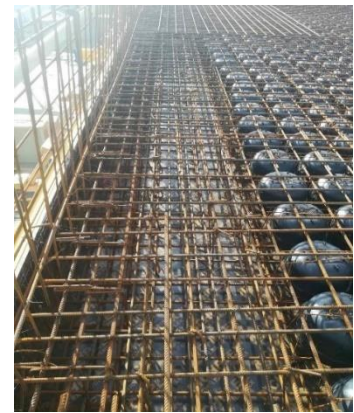
მრავალრიცხოვანი არითმეტიკული გამოთვლებით დადგინდა, რომ კობიაქსის ბურთულის დიამეტრი, პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს გადახურვებში ბეტონის ხარჯის შემცირების პროცენტზე. დიდი თანხვედრით, იგივე შეიძლება გავავრცელოთ შემოთავაზებული სადებების მიმართაც - დიდი სისქის ფილებში გამოვიყენებთ უფრო მეტი დიამეტრის ტევადობებს (სადებებს).

2.3.3. მაგალითი 3.

საქართველოში კობიაქსის სისტემის გამოყენების კარგი მაგალითია 2018-2021 წლებში ქ. ბათუმში (ლეონიძის ქუჩა №29), შპს „თეგეტა მოტორსის“ დაკვეთით (სამშენებლო კომპანია შპს „გრავიტა“) აშენებული ავტომობილების ტექნიკური მომსახურების ორსართულიანი მრავალფუნქციური კომპლექსი (შოურუმი, ოფისი, სასწავლო ცენტრი, ავტ. სერვისი, საწყობი) (სურ. 42. საერთო ხედი), სადაც სართულშუა გადახურვების მოსაწყობად გამოყენებული იყო კობიაქსის სისტემები (სურ. 43. საერთო ხედი +4.40 მ ნიშნულზე; სურ. 44. გადახურვაზე კობიაქსის სადებების განლაგების გეგმის ფრაგმენტი). კერძოდ, +4.40 მ ნიშნულზე დამონტაჟდა 692,028 კვ.მ., ხოლო +7,80 მ ნიშნულზე – 719,6 კვ.მ. (სულ 1411,628 კვ.მ) 40 სმ სისქის რკინაბეტონის ფილა ბრტყელი (ბადროს) ფორმის სლაიმ-ლაინის ტიპის პლასტმასის სადებების გამოყენებით (სურ. 45. კობიაქსის სადებები).

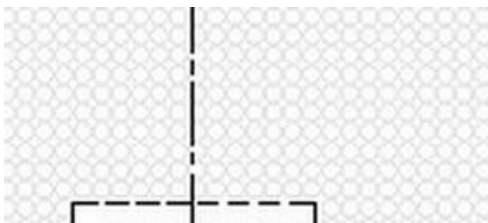


სურ. 41. შენობის საერთო ხედი #1



სურ. 42. შენობის საერთო ხედი #2

სურ. 43 საერთო ხედი +4.40 მ ნიშნულზე



სურ. 44 გადახურვაზე კობიაქსის სადებების განლაგების გეგმის ფრაგმენტი

სურ. 45 კობიაქსის სადებები

მონაცემების მიხედვით გადახურვის 1 მ²-ზე სადებების მოცულობამ შეადგინა 0,135 მ³ (ანუ ფილის სისქის 1/3, რაც მთელ ფართობზე შეადგენს 0,135x1411,628 = 190,57 მ³. თუ გავითვალისწინებთ მთლიანკვეთიანი

რკინაბეტონის მონოლითური ფილის ბეტონისა და არმატურის ხარჯს, სამუშაოების შრომატევადობას, ტექნოლოგიას, კობიაქსის სისტემების დამზადებისა და მონტაჟის პირობებს და ა.შ., მარტივი გამოთვლებით მივიღებთ, რომ $1411,628 \text{ მ}^2$ რკინაბეტონის გადახურვის ფილის მოსაწყობად ($1411,628 \times 0,4 = 564 \text{ მ}^3$) კობიაქსის სისტემის გამოყენებით მარტო ბეტონის ხარჯი შემცირდა $190,57 \text{ მ}^3$ -ით (33%).

თანამედროვე ქართულ სამშენებლო ბაზარზე 1 მ^3 ბეტონის ღირებულება ადგილზე მიტანით შეადგენს 200 ლარს, ხოლო ბეტონტუმბოს სამომხმარებლო ღირებულებაა 100 მ^3 ბეტონის დასხმაზე - 800 ლარი + ყოველ 10 მ^3 ბეტონზე 10 ლარი. სამუშაოების შესრულებას სჭირდებოდა მინიმუმ 6 დღე. მაშინ გამოვიდა, რომ სულ ბეტონის სამუშაოებზე დაიხარჯებოდა: $5(800+100 \cdot 10) + 64 \cdot 10 = 9600$ ლარი.

ბეტონის ღირებულება $200 \cdot 564 = 112800$ ლ. ჯამში სულ 564 მ^3 ბეტონის სამუშაოებზე (კობიაქსის გარეშე) დაიხარჯებოდა $112800 + 9600 = 122\ 400$ ლ (217 ლ 1 მ^3). კობიაქსის სადებებით გამონთავისუფლებული ბეტონის ($190,57 \text{ მ}^3$) ღირებულება იქნებოდა $190,57 \cdot 217 = 41354$ ლ.

კობიაქსის გამოყენების შემთხვევაში ბეტონის სამუშაოების ღირებულება:

$$122400 - 41354 = 81\ 046 \text{ ლ.}$$

კობიაქსით დატვირთული ფართობი:

$$1411,628 \cdot 0,9 = 1270 \text{ მ}^2.$$

1 მ^2 -ზე კობიაქსის ბურთულების რაოდენობა 8,8 (ცხრ. 2).

სულ კობიაქსის ბურთულების რაოდენობა:

$$1270 \cdot 8,8 = 11175 \text{ ცალი.}$$

ერთი ბურთულის ღირებულება საქმეში - 25 ლარი. სულ კობიაქსის სადებების ღირებულება:

$$11175 \cdot 25 = 28000 \text{ ლ.}$$

კობიაქსის სისტემის მონტაჟის ღირებულება:

$$1270 \cdot 8 = 10160 \text{ ლ.}$$

სულ დამონტაჟებული კობიაქსის ღირებულება:

$$28000 + 10\ 160 = \mathbf{38160 \text{ ლ.}}$$

სულ გადახურვის ბეტონის სამუშაოების ღირებულება კობიაქსიანად:

$$81046 + 38160 = \mathbf{119\ 206 \text{ ლ.}}$$

საბოლოოდ, თუ ამ ხარჯებს დავუმატებთ სადებების ტრანსპორტირებისა და დასაწყობების ხარჯებს, მივიღებთ, რომ მოცემული ფასის გადახდის შემთხვევაში, კობიაქსის სისტემების გამოყენება პრაქტიკულად მშენებლობის საერთო სახარჯთაღრიცხვო ღირებულებას არ აუმჯობესებს.

კობიაქსის სისტემა ამცირებს ბეტონის ხარჯს 33%-ით, ნაგებობის წონას, შესაბამისად, დატვირთვებს საძირკვლებზე და ზრდის შენობის სეისმომდგრადობას.

II თავის დასკვნები

1. კობიაქსის სისტემები არ გამოიყენება მაღალი პასუხისმგებლობის მქონე შენობებში, წინასწარ დამატულ კონსტრუქციებში, აგრეთვე მსუბუქ, დაფოროვნებულ და საშუალო სიმკვრივის ბეტონებში.
2. ხუთსართულიანი რკინაბეტონის კარკასული შენობის პროექტის დამუშავებამ (მათ შორის გაანგარიშებებმა), სადაც სართულშუა გადახურვებში გამოყენებული იყო კობიაქსის სიტემები, აჩვენა რომ ბეტონის ეკონომიამ შეადგინა 35%.
3. რეალური პროექტის გადაანგარიშებამ აჩვენა, რომ მიუხედავად სადებების საკმაოდ მაღალი ღირებულებისა, კობიაქსის სიტემის გამოყენება ეფექტურია მაღლივ შენობებში; ამაღლებს გადახურვების ბგერა და თბოსა-იზოლაციო თვისებებს;
4. მშენებლობის გაიაფების მიზნით, შესაძლებლად მიგვაჩნია, საქარხნო წესით დამზადებული სადებების ნაცვლად გამოყენებული იყოს მეორადი პლასტმასის ნარჩენები - ძირითადად, პოლიპროპილენისა და პოლიეთი-

ლენის საფუძველზე დამზადებული 2 ლ მოცულობის ბოთლები. ამ წინადადების რეალიზაცია მოითხოვს დამატებით ექსპერიმენტალური კვლევებისა და გამოცდების ჩატარებას.

5. სხვადასხვა ტიპის, სართულიანობის, კონფიგურაციის მქონე რეალური (მშენებლობის პროცესში და დაპროექტების პროცესში მყოფი) შენობების გაანგარიშებამ კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით (გამოვიყენეთ „Лира Санр 2017“ და „Lira-CAПP 2013“, ვერსია R3) აჩვენა, რომ სიცარიე-ლებიანი სადებების (კობიაქსი) გამოყენებით გადახურვებში შენობის ში-დუნარიანობა არ მცირდება, პირიქით, მცირდება ბეტონის ხარჯი 20-25%-ით (ზოგჯერ მეტადაც), შენობის საერთო მასა, დატვირთვები საძირკვლებზე და იზრდება შენობის სეისმომდრადობა და გადახურვების თბო და ბგერასაი-ზოლაციის მახასიათებლები.

6. კობიაქსის ბურთულის დიამეტრი, პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს გადახურვებში ბეტონის ხარჯის შემცირების პროცენტზე.

7. მეორადი პლასტმასის ბოთლების (GEO Kat) გამოყენება მონოლითურ გადახურვებში ამცირებს ბეტონის ხარჯს 22%-ით.

8. პლასტმასის საკანალიზაციო მილის გადანაჭრების (GEO Tam) გამოყენება მონოლითურ გადახურვებში ამცირებს ბეტონის ხარჯს 34%-ით.

9. როგორც ბათუმის ობიექტის სახარჯთაღრიცხვო დოკუმენტაციის ანალიზ-მა აჩვენა, დღეისათვის ქართულ ბაზარზე არსებული საკმაოდ ძვირი კობი-აქსის სადებების გამოყენება არ ამცირებს შენობის სახარჯთაღრიცხვო ღირე-ბულებას.

თავი 3. ექსპერიმენტალური კვლევები და ეკოლოგიის

პრობლემები

3.1. ექსპერიმენტის დაგეგმვა

ექსპერიმენტი პროცედურების ერთობლიობაა, რომელიც სრულდება რაიმე ჰიპოთეზის ან თეორიის დასამტკიცებლად ან უარსაყოფად. იგი ეფუძნება განმეორებად პროცედურებსა და მიღებული შედეგების ლოგიკურ ანალიზს.

ამა თუ იმ სამეცნიერო თუ პრაქტიკული საქმიანობისათვის მნიშვნელოვანია ექსპერიმენტული კვლევები, რაც სამშენებლო კონსტრუქციებისა და მასალების მუშაობის სპეციფიკის დაზუსტების საშუალებას იძლევა. ამ სპეციფიკაში შედის: დამოკიდებულება ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის, დატვირთვებისა და მასალების გაბნევა, რეოლოგია, ლოკალური ეფექტები, პროცესების ციკლურობა, გარემოს გავლენა, ეკოლოგია და სხვ.

ექსპერიმენტი, პირველ რიგში, ითვალისწინებს ორგანიზაციული და შემდეგ კი მეთოდოლოგიური საკითხების გადაჭრას. მათგან უმთავრესია მიღებული შედეგების დამუშავება მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით, რომელიც რეალურად სამუშაო ინსტრუმენტია და გვეხმარება ექსპერიმენტის შედეგების უტყუარობის დადგენაში.

ექსპერიმენტის ჩატარებამდე ხდება შედეგების დამუშავების მეთოდის შერჩევა და ექსპერიმენტის დაგეგმვა, რომელიც ითვალისწინებს მათი განხორციელების პირობებსა და საჭირო ცდების ჩატარების რაოდენობრივ მაჩვენებელს. მისი ძირითადი მიზანია მინიმალური რაოდენობის ჩატარებული ცდების მეშვეობით მივიღოთ გაზომვების მაქსიმალური სიზუსტე და უზრუნველვყოთ შედეგების სტატისტიკურად სარწმუნო ალბათობა. ექსპერიმენტის დაგეგმვა გამოიყენება ოპტიმალური პირობების მოძიების, საინტერპოლიაციო ფორმულების დაწერის, მნიშვნელოვანი ფაქტორების შერჩევის, თეორიული მოდელების შეფასებისა და დაზუსტებისათვის და სხვ.

ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდები შესაძლებლობას იძლევა მოვახდინოთ აუცილებელი ცდების რაოდენობის მინიმაზაცია, დავადგინოთ კვლევის ჩატარების რაციონალური წესი და პირობები შედეგების საჭირო სახისა და სიზუსტის გათვალისწინებით. მეთოდი ითვალისწინებს გამოცდილი ობიექტების გაზნეული თვისებების შემთხვევით ხასიათსა და გამოყენებული მოწყობილობების ნახასიათებლებს. ისინი ეფუძნება ალბათობის თეორიასა და მათემატიკურ სტატისტიკას.

ექსპერიმენტის დაგეგმვა მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

1. ექსპერიმენტის მიზნისა (თვისებების, მახასიათებლების განსაზღვრა) და სახის (განსაზღვრევითი, საკონტროლო, შედარებითი, საკვლევი) დადგენა;
2. ექსპერიმენტის ჩატარების პირობების დაზუსტება (არსებული ან ხელმისაწვდომი მოწყობილობები, სამუშაოების ვადები, ფინანსური რესურსები, მომსახურე პერსონალის რაოდენობა და საკადრო შემადგენლობა და ა.შ.);
3. გამოცდის სახეობის შერჩევა (ნორმალური, დაჩქარებული, შემოკლებული ლაბორატორიის პირობებში; პოლიგონური, ნატურული ან საექსპლუატაციო);
4. შემავალი და გამომავალი პარამეტრების შერჩევა. შემავალი პარამეტრები შესაძლებელია იყოს დეტერმინირებული (რეგისტრირებადი და მართვადი) ან შემთხვევითი (რეგისტრირებადი და უმართავი). ექსპერიმენტის მიმდინარეობაზე შესაძლებელია გავლენა მოახდინოს არარეგისტრირებულმა და უმართავმა პარამეტრებმაც (გამზომი ხელსაწყოების შეცდომები, გამოსაცდელი ობიექტის თვისებების შეცვლა (დაძველება, ცვეთა, პერსონალის ზემოქმედება და სხვ.
5. მათემატიკური მოდელის შერჩევა (მათი მეშვეობით განისაზღვრება ექსპერიმენტალური მონაცემები);

6. გაზომვის შედეგების სჭირო სიზუსტის დადგენა (გამომავალი პარამეტრების), შემავალი პარამეტრების შესაძლო ცვლილებები, ზემოქმედებების დაზუსტება.
7. ოპტიმალურობის კრიტერიუმების, ექსპერიმენტის გეგმის, მონაცემების ანალიზის მეთოდის შერჩევა; ექსპერიმენტის ჩატარება. ექსპერიმენტთან დაკავშირებული ყველანაირი დოკუმენტაციის შედგენა და დაარქივება.
8. მიღებული შედეგების სტატისტიკური მონაცემების შემოწმება (მათემატიკური და რეგრესიული მოდელები, სარწმუნოების ზღვრები, კორელაციური ანალიზი, ხაზოვანი და არახაზოვანი ინტერპოლიაცია (შუალედური მნიშვნელობების განსაზღვრა) და ექსტრაპოლიაცია (მონაცემთა ცვალებადობის ინტერვალის გარეთ არსებული სიდიდეების განსაზღვრა). მათემატიკური მოდელი ანალიზებს გამოსაკვლევი მახასიათებლების ქცევას; რეგრესიული მოდელის აგებას ვახდენთ შემავალი და გამომავალი საკვლევი პარამეტრების რაოდენობრივი მახასიათებლების ანალიზის დროს (ფუნქციის მწკრივებად განშლა); სარწმუნოების ზღვრების დადგენა საჭიროა გამომავალი პარამეტრების სტატისტიკური საიმედოობისათვის; კორელაციური ანალიზი სრულდება გამომავალი პარამეტრების შეფასებისათვის; ინტერპოლიაციისა და ექსტრაპოლიაციის მეთოდების გამოყენება საჭიროა შედეგების შუალედური მნიშვნელობების მისაღებად.
9. მიღებული შედეგების ანალიზი და რეკომენდაციების ფორმულირება.

3.1.1. ექსპერიმენტის მომზადება

ექსპერიმენტის ჩატარების ადგილი - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სასწავლო, სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორია.

გამოყენებული მანქანები და ხელსაწყოები;

1. გამოსაცდელი მანქანა (წნეხი) WA 1000 დატვირთვის სიჩქარით (25000 ± 5000) ნ/წთ.
2. შტანგენფარგალი გაზომვის სიზუსტით 0,1 მმ;

3. სახაზავი;
4. ლაბორატორიული ღუმელი (საშრობი კარადა) STHX-2A Deying Oven;
5. ელექტროსასწორი.
6. მიკრომეტრი;

გამოცდის ჩატარების თარიღი:

ტემპერატურა საგამოცდო სათავსში: $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$;

ფარდობითი ტენიანობა საგამოცდო ოთახში: $(50 \pm 5)\%$;

3.1.2. ნიმუშების შერჩევა

პლასტმასების მექანიკური მახასიათებლების დადგენა წარმოებს ლაბორატორიულ პირობებში ხანმოკლე დატვირთვების ზემოქმედების პირობებში სახელმწიფო სტანდარტების შესაბამისად [99, 100]. საჭირო ნიმუშების რაოდენობა n , რომელიც უზრუნველყოფს მაჩვენებლების საშუალო მნიშვნელობას მოცემული ფარდობითი ცდომილებითა და მისი მოხვედრით შედეგების სარწმუნო ინტერვალში მოცემული ალბათობით, განისაზღვრება ფორმულით [100]:

$$m = t_{\alpha}^2 \cdot V^2 / \xi^2,$$

სადაც t_{α} არის სიზუსტის კრიტერიუმი (სტიუდენტის განაწილების კვანტილი);

V – ვარიაციის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობა;

ξ – ჩატარებული გაზომვების ფარდობითი ცდომილება.

ვარიაციის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობის გამოსათვლელად, რომელიც ახასიათებს პლასტმასის მარკას, საჭიროა ამ მარკის პლასტმასის არა ნაკლები 10 პარტიის ნიმუშების გამოცდა, როცა ერთ პარტიაში მინიმუმ 25 ნიმუშია ანუ გამოდის, რომ რომელიმე მარკის პლასტმასის რაიმე ერთი მექანიკური მახასიათებლის დასადგენად (მაგ., სიმტკიცე გაჭიმვაზე, კუმშვაზე, ღუნვაზე, ჭრაზე, გაგლეჯაზე და სხვ.) უნდა გამოიცადოს 250 ნიმუში [100, 3.1.2].

თითოეული პარტიისათვის გამოითვლება ვარიაციის V კოეფიციენტის მნიშვნელობა (პროცენტებში) ფორმულით:

$$V = (S_u/y_{\text{საშ}}) \cdot 100,$$

სადაც $y_{\text{საშ}}$ არის ანათვლების საშუალო არითმეტიკული;

S_u – საშუალო კვადრატული გადახრა და გამოითვლება ფორმულით:

$$S_u = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=m} (y_i - \bar{y})^2}{m-1}} =$$

სიზუსტის t_α კრიტერიუმი მიიღება გამოსაცდელი ნიმუშების მოსალოდნელი რაოდენობის მიხედვით. თუ ექსპერიმენტის შედეგების სარწმუნო ალბათობას α მივიღებთ 0,95 და ნიმუშების მოსალოდნელ რაოდენობას 25, მაშინ $t_\alpha = 2,064$ [100, დანართი 2].

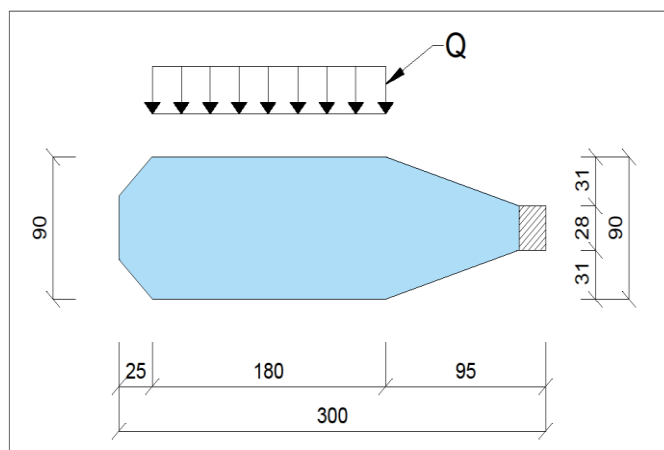
3.2. ექსპერიმენტის აღწერა და გამოყენებული მასალები

ექსპერიმენტის მიზანია რკინაბეტონის მონოლითურ ფილაში ჩალაგებული მეორადი მოხმარების პლასტმასის (პოლიპროპილენის) 2 ლ ტევადობის ჭურჭლის (ბოთლების) ქცევის შესწავლა, რათა ეს სადებები შემდეგში გამოვიყენოთ სართულშუა გადახურვებში ფილის მასის შესამცირებლად (კობიაქსის სისტემების ანალოგიურად).

ბოთლი წარმოადგენს სტანდარტულ 2 ლ ტევადობის ჭურჭელს დამზადებულს პოლიპროპილენისგან (მწარმოებელი შპს „ნექტარი-2008“, ქ. თელავი, რუსთაველის 73, ა). ზომები: სიგრძე 300 მმ, დიამეტრი 90 მმ, კედლის სისქე 0,4 მმ (სურ. 46) (ნახ. 13). ბოთლმა ნედლი ბეტონის ზემოქმედებით რომ არ დაკარგოს ფორმა (მოსალოდნელია ჩაწყლეტა), საჭიროა ტევადობის შიგნით შეიქმნას ჭარბი წნევა დაახლოებით 1,8 ატმ. ამისათვის ავირჩიეთ სამი გზა: 1. ბოთლის თავსახურავზე ნიპელის გამოყენება; 2. ჩაუმქრალი კირი; 3. ჩაუმქრალი კალციუმის კარბიდი.



სურ. 46. ბოთლის საერთო ხედი



ნახ. 13. ბოთლის გეომეტრიული ზომები

3.3. ექსპერიმენტალური სამუშაოები

3.3.1. ექსპერიმენტი 1. ბოთლის შიგნით ჭარბი წნევის შექმნა ჩაუმქრალი კირის (CaO) გამოყენებით.

ნიმუშები: სხვადასხვა წარმოების პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლები ტევადობებით - №1 – 0,5 ლ; №2 – 1,0 ლ; №3, №4 და №5 – 2,0 ლ.

ბოთლში მოთავსებული ჩაუმქრალი კირის რაოდენობა 10-20 გ. წყლისა და კირის წონითი თანაფარდობა 1:1 (სურ. 47).

შედეგი: ბოთლებში ჰაერის ჭარბი წნევა შეიქმნა დროებით (დაახლოებით 30 წთ), შემდეგ კი ყველა ბოთლში შიდა წნევა დაუბრუნდა საწყის მდგომარეობას.

დასკვნა: მოხდა ეგზოთერმული რეაქცია. სითბოს გამოყოფის ხარჯზე ბოთლი გაიბერა. ტემპერატურის დაწევით ნორმალურ ნიშნულამდე (18-20°C) ბოთლის შიგნით ჭარბი წნევაც გაქრა.

ექსპერიმენტის შედეგები ჩვენი მიზნებისთვის მიუღებელია.



სურ. 47. ჩაუმქრალ კირზე გამოცდილი ბოთლები

3.3.2. ექსპერიმენტი 2. ბოთლის შიგნით ჭარბი წნევის შექმნა ჩაუმქრალი კალციუმის კარბიდის (CaC_2) გამოყენებით.

ნიმუშები: სხვადასხვა წარმოების პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლები ტევადობებით - №6 – 0,5 ლ; №7, №8, №9 და №10 – 2,0 ლ.

ბოთლში მოთავსებული ჩაუმქრალი კარბიდის რაოდენობა 10-20 გ. წყლისა და კარბიდის წონითი თანაფარდობა 1:1 (სურ. 48).



სურ. 48. ჩაუმქრალ კარბიდზე გამოცდილი ბოთლები

შედეგი: რეაქციის შედეგად ბოთლებში შეიქმნა ჰაერის ჰარბი წნევა (აცეტილენის აირის გამოყოფის ხარჯზე), რომელიც სტაბილურად შენარჩუნდა (ჩვენი დაკვირვებით 60 დღე).

დასკვნა: ექსპერიმენტის შედეგები ჩვენი მიზნებისთვის მისაღებია, მაგრამ მიუღებელია ეკოლოგიურობის თვალსაზრისით, რადგან აცეტილენი მომწამვლელი აირების ჩამონათვალში შედის და ასევე, აქვს უსიამოვნო სუნნი.

3.3.3. ექსპერიმენტი 3. ნიპელის თავსახურიანი ბოთლები

ჩატარდა ნიპელის თავსახურიანი ბოთლში ჰაერის დაჭირხვნა შიდა წნევის კონტროლით (სურ. 49 - 52). ბოთლის რღვევა მოხდა 4,82 ატმოსფერული წნევის ქვეშ (ცხრ. 5). წნევის მინიმალური სიდიდეა 1,8 ატმ (დადგინდა ვიზუალურად). ბოთლის სამუშაო წნევაა 1,8-2,0 ატმ.



სურ. 49. ნიპელი



სურ. 50. ბოთლის თავსახური ნიპელით



სურ. 51. ბოთლი ნიპელიანი თავსახურით



სურ. 52. ბოთლში წნევის კონტროლი



სურ. 53. კომპრესორი TORNADO

ბოთლებში შიდა ჭარბი წნევის შესაქმნელად გამოვიყენეთ მანომეტრით აღჭურვილი ავტომატური კომპრესორი მარკით TORNADO AC580S (სურ. 53). ჩატარდა ბოთლების (5 ნიმუში) გამოცდა რღვევამდე: ა) შიდა ჭარბი წნევის გავლენითა (სურ. 54) და ბ) გარე ზედაპირზე მოქმედი თანაბარგანაწილებული გრძივი დატვირთვით.

ა) რღვევა შიდა ჭარბი წნევის გავლენით

გამოყენებული ხელსაწყო: მანომეტრიანი კომპრესორი TORNADO AC – 580S.

შედეგები მოცემულია ცხრილ 5-ში

ცხრილი 5

ბოთლების გამოცდა რღვევამდე შიდა ჭარბი წნევის გავლენით

№	დასახელება	გარემოს ტემპერატურა, °C	საწყისი წნევა, ატმ	მრღვევი დატვირთვა P, (წნევა ბოთლის შიგნით), ატმ	რღვევის სახე
1	ბოთლი №11	18	0	4.7	ფსკერის გარღვევა
2	ბოთლი №12	18	0	5.1	ფსკერის გარღვევა
3	ბოთლი №13	18	0	4.8	ფსკერის გარღვევა
4	ბოთლი №14	18	0	4.8	ფსკერის გარღვევა
5	ბოთლი №15	18	0	4.7	ფსკერის გარღვევა

მრღვევი წნევის საშუალო მნიშვნელობაა $P = 4,82$ ატმ.



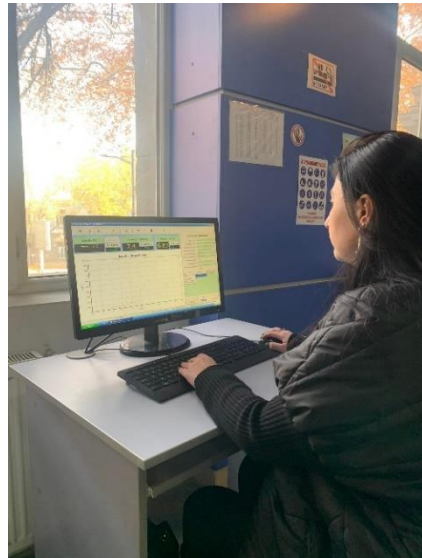
სურ. 54. შიდა წნევით დარღვეული ბოთლი

ბ) რღვევა გარე ზედაპირზე მოქმედი თანაბარგანაწილებული გრძივი დატვირთვით

გამოყენებული დანადგარი: წნეხი: STYE-2000C (სურ. 55). ანათვლების ფიქსირება ხდებოდა კომპიუტერის ეკრანზე (სურ. 56).



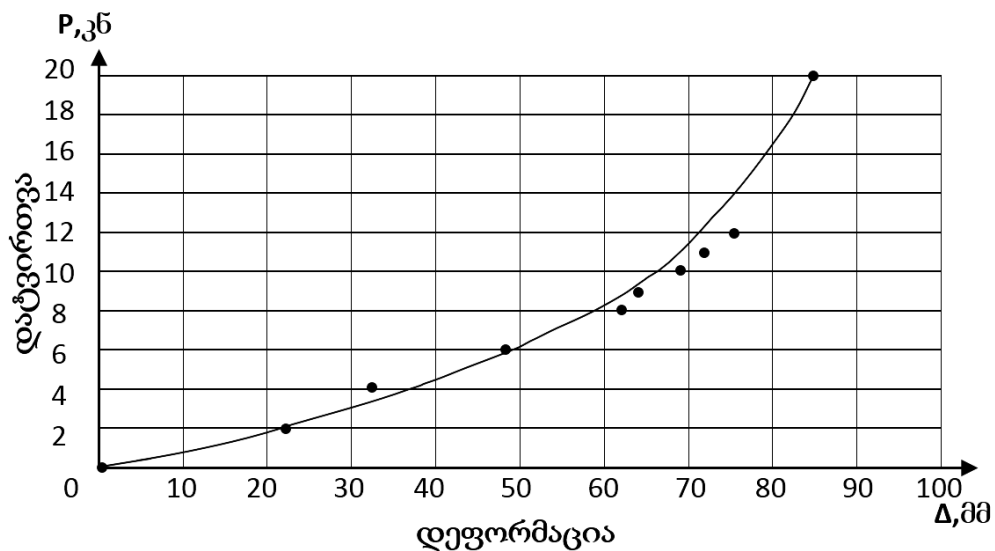
სურ. 55. წნეხი STYE-2000C



სურ. 56. ანათვლების ფიქსირება

გამოიცადა 25 ცალი ბოთლი (GEO Ket) (სურ. 57). გამოსაცდელი ნიმუშები მოგვაწოდა შპს „ნექტარის“ დირექციამ. ნიპელიანი თავსახურავები დამზადდა მექანიკურ საამქროში (ელიავის ბაზრობაზე). გამოცდების დაწყებამდე ყველა ნიმუშმა გაიარა ვიზუალური შემოწმება. გამოცდები მიმდინარეობდა საფეხურებრივი დატვირთვით - 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 30 კნ. მრღვევ დატვირთვად წნეხმა აჩვენა დაახლოებით 12 კნ, თუმცა

რეალურად არცერთი ბოთლის მთლიანობა არ დარღვეულა 30 კნ დატვირთვის შემთხვევაშიც კი. გამოცდილი ბოთლები სრულად იბრუნებდნენ თავიანთ პირველსახეს. თითოეული ნიმუშის გამოცდის შემდეგ დგებოდა შესაბამისი ოქმი დამსწრე ოპერატორების ხელმოწერებით. ყველა ბოთლის გამოცდის ოქმები იხ. დანართი 2. ამ მონაცემების საფუძველზე შედგენილი იყო ბოთლზე მოდებული დატვირთვებისა და ბოთლის სისქეში დეფორმაციის დამოკიდებულების გრაფიკი (ნახ. 14), რომელმაც აჩვენა, რომ დატვირთვის საწყის ეტაპზე ბოთლის დეფორმაცია დატვირთვის პროპორციულად (8 კნ-მდე) იზრდება (50 მმ-მდე), შემდეგ კი კლებულობს და 12 კნ დატვირთვაზე აღწევს 85 მმ-ს.



ნახ. 14. დამოკიდებულება ბოთლის დატვირთვასა და დეფორმაციას შორის

გამოცდილი ბოთლების შედეგების შემაჯამებელი ოქმი მოცემულია ცხრილის სახით (ცხრ. 6)

შემაჯამებელი ოქმი №1/22

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლები ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდების ჩატარების თარიღი - 01.11.2022 – 23.11.2022

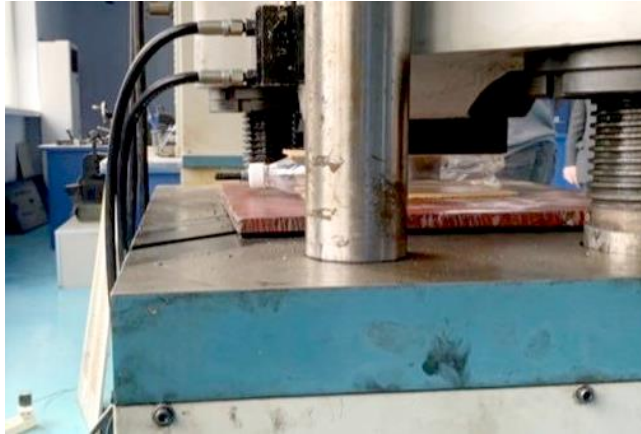
ცხრილი 6

დასახელება	საწყისი წნევა, ატმ	პირობითი მრღვევი დატვირთვა N, კგ	თანაბარგანაწილებული გრძივი დატვირთვა Q კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
ბოთლი №1	2,0	1079	59,94	5,12	
ბოთლი №2	2,0	1130	66,66	5,12	
ბოთლი №3	21,96	1058	58,8	5,25	
ბოთლი №4	2,11	1200	66,7	6,22	
ბოთლი №5	2,99	1200	66,66	5,05	
ბოთლი №6	2,05	1170	65,00	4,92	
ბოთლი №7	2,0	1200	66,7	5,05	
ბოთლი №8	2,05	1200	66,66	5,09	
ბოთლი №9	1,9	1220	67,8	5,05	
ბოთლი №10	2,0	1250	69,44	5,34	
ბოთლი №11	2,0	1220	67,78	5,1	
ბოთლი №12	2,1	1200	66,7	5,05	
ბოთლი №13	2,0	1200	66,66	5,05	
ბოთლი №14	1,93	1200	66,66	5,13	
ბოთლი №15	2,0	1240	68,89	5,14	
ბოთლი №16	2,0	1200	66,7	5,01	
ბოთლი №17	2,01	1200	66,7	5,13	
ბოთლი №18	2,0	1250	69,44	5,18	
ბოთლი №19	2,0	1280	71,11	5,15	
ბოთლი №20	1,93	1200	66,66	5,09	
ბოთლი №21	2,0	1200	66,7	5,045	
ბოთლი №22	2,05	1200	66,7	5,13	
ბოთლი №23	2,0	1200	66,7	5,16	
ბოთლი №24	2,0	1225	68,05	5,13	
ბოთლი №25	2,0	1190	66,11	4,90	

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე გამოითვლება ფორმულით

$$P=N/A$$

სადაც A არის დეფორმირებული ბოთლის ნაწილი, რომელიც რღვევის წინ შეხებაში იყო გამოსაცდელი მანქანის ტრავერსის სიბრტყესთან ($A=l*a$, სმ²)



სურ. 57 . ბოთლის გამოცდის პროცესი
თანაბარგანაწილებული გრძივი დატვირთვით

შემაჯამებელი ოქმის 1/22 შედეგების დამუშავება მოხდა პროგრამა „ექსელის“ მეშვეობით. ცდების შედეგები ექვემდებარება ნორმალური განაწილების კანონს. ვარიაციის კოეფიციენტის სიდიდეა $V=5\%$, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ მონაცემთა გაბნევის ხარისხი უმნიშვნელოა და ცდების შედეგების ერთობლიობა ითვლება ერთგვაროვნად.

3.3.4. ექსპერიმენტი 4. ბოთლების გამოცდა ბეტონის მასივში

ექსპერიმენტის მიზანი: შევისწავლოთ ბეტონის მასივში მოქცეული პოლიპროპილენის მეორადი 2 ლ ტევადობის ბოთლის (GEO Ket) ქცევა - ინარჩუნებს თუ არა ბოთლი თავის გეომეტრიულ ფორმას ბეტონის დაწნევის შედეგად.

ნიმუშები:

1. ნიპელის თავსახურიანი ბოთლები (მწარმოებელი შპს „ნექტარი-2008“), შიდა ჭარბი წნევით 1,8-2,0 ატმ; ბოთლის ტევადობა 2,0 ლ. რაოდენობა 9 ცალი;
2. ანალოგიური ბოთლები შიდა ჭარბი წნევის გარეშე. რაოდენობა 9 ცალი.

ექსპერიმენტის აღწერა:

ექსპერიმენტის ჩატარების ადგილი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სასწავლო, სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორია, I სასწ. კორპუსი, I სართული;

დამზადებული იყო ხის ყალიბი ზომებით 1,2x0,75x0,21 მ;

დამზადდა ორი ერთნაირი ზომის ბაზალტის არმატურის ბადე $\phi 10$ მმ ღერობისგან (ბ-1 და ბ-2). ბიჯი 150 მმ;

1. დამზადდა ორი იდენტური ზომების კარკასი $\phi 6$ მმ დიამეტრის ბაზალტის არმატურისგან. თითოეულ კარკასში განთავსდა 9 ბოთლი სამ რიგად. ბადეებისა და კარკასების კვანძების შესაკრავად გამოყენებული იყო პლასტმასის ცალულები (მომჭერები);

2. ყალიბი განთავსდა ლაბორატორიის დახურულ ფარდულში.

3. ყალიბის ფსკერიდან 2 სმ დაშორებით ჩაიდო ბადე-1. მასზე განთავსდა ორი კარკასი ბოთლებით, ზემოდან 33,10/337,2833,10/337,28 დაედო ბადე-2.

ბადეები და კარკასები შეიკრა ერთმანეთთან პლასტმასის ცალულებით;

4. დაბეტონება.

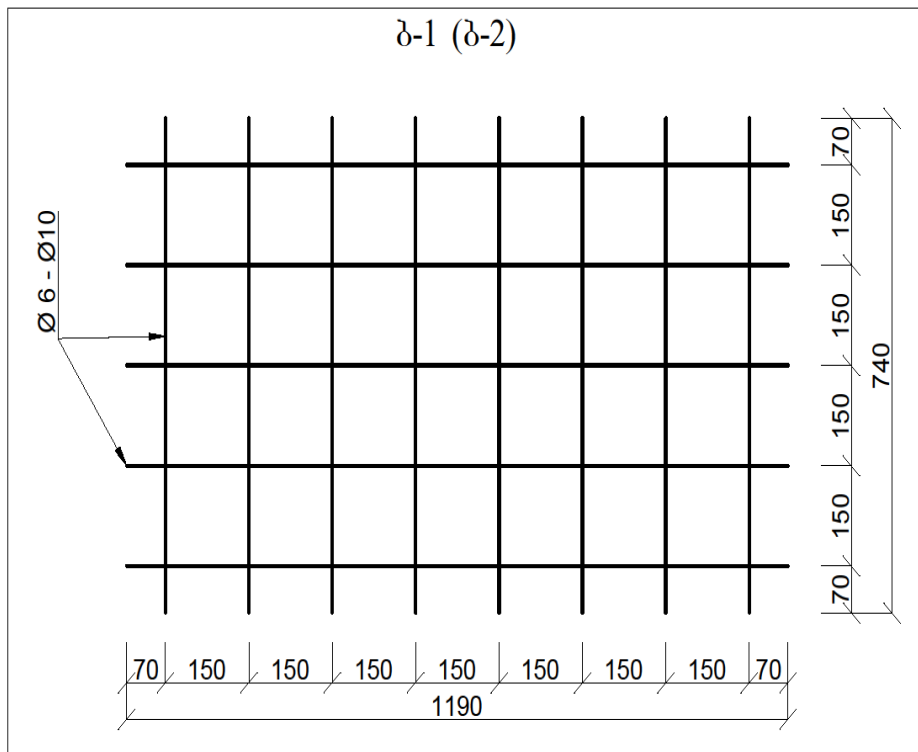
ექსპერიმენტის ვიზუალური მხარე მოცემულია სურ. 58 - სურ. 63.



სურ. 58. ხის ყალიბი



სურ. 59 . ბაზალტის არმატურის ბადე



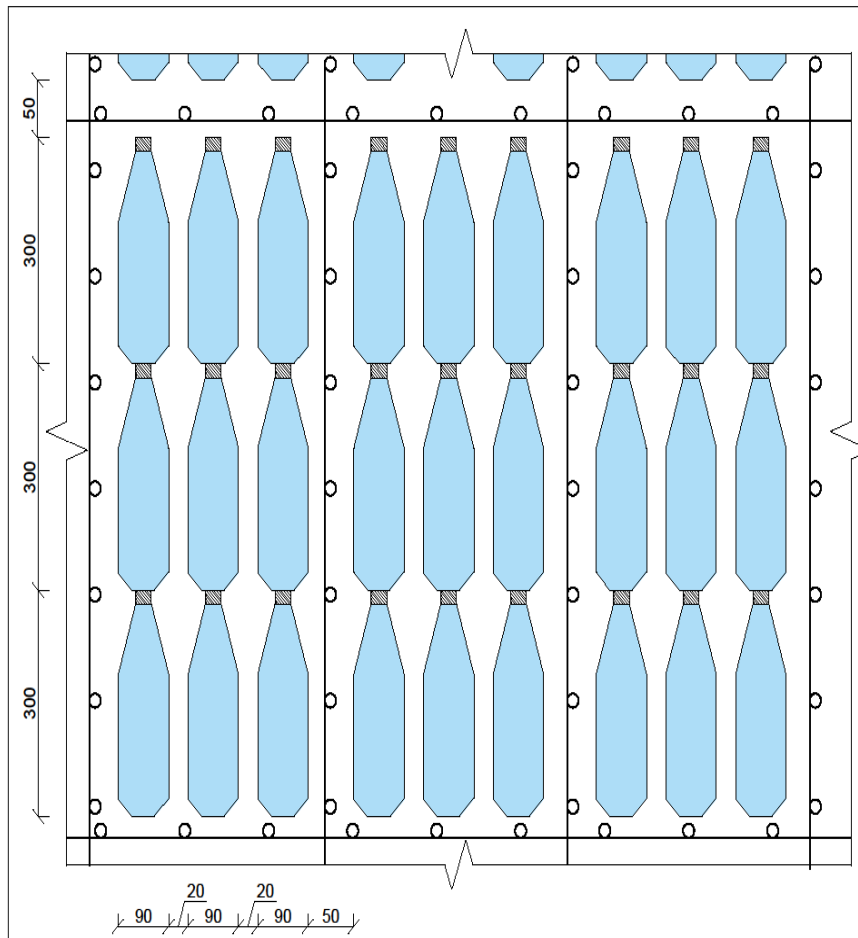
სურ. 60. ბაზალტის არმატურის ბადე (ბ-1, ბ-2)



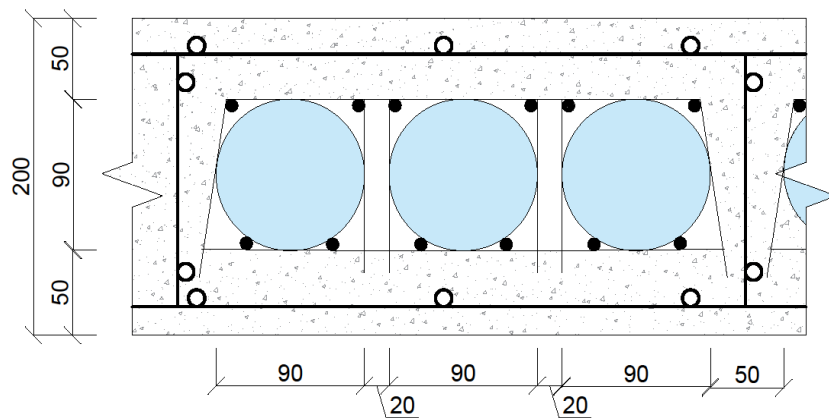
სურ. 61. ყალიბში ბადისა და ბოთლებიანი კარკასის განთავსება



სურ. 62. ფილის დაბეტონება



ნახ. 15. არმატურის ბადე და ბოთლების კარკასი ყალიბში



ნახ. 16. დაბეტონებული ფილის კვეთი

ბეტონის ნარევი მომზადდა ადგილზე შემადგენლობით: წვრილმარცვლოვანი ღორღი, ქვიშა, პორტლანდცემენტი (M400). მიღებული ბეტონის კლასის დასადგენად ჩამოსხმული იყო კუბები 15x15x15 სმ (სულ 6 ნიმუში), რომლებიც 28 დღის შემდეგ აქვე გამოიცადა კუმშვაზე და მივიღეთ კლასი B25 (გამოცდის მასალები იხ. დანართი 3).



სურ. 63. ბეტონის გამოცდილი ნიმუშები

ფილის დაბეტონებიდან 28 დღის შემდეგ მოხდა ჩამოსხმული ფილის განივად გახერხა (გაჭრა), რათა გვეჩვენებოდა ბოთლების (სადებების) ფიზიკური მდგომარეობა. როგორც ფოტოებიდან კარგად ჩანს (სურ. 64) ნიჰელის თავსახურიან ბოთლებს, სადაც ჭარბი წნევა გვექონდა, დეფორმაცია პრაქტიკულად არ მიუღიათ (მარჯვნივ სამი სიცარიელე), ხოლო ბოთლები წნევის გარეშე - დეფორმირდა (მარცხნივ სამი სიცარიელე).



სურ. 64. GEO Ket ბოთლებიანი ბეტონის ფილის ჭრილი

3.3.5. ექსპერიმენტი 5.

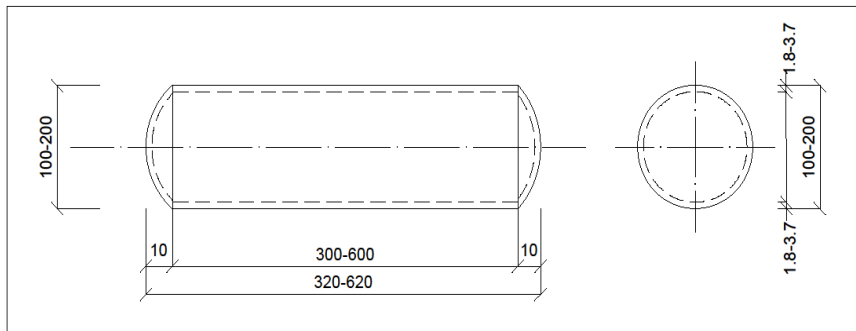
კობიაქსის სადებების ანალოგიურად, რკინაბეტონის სართულშუა გადახურვებსა და მოედნების მოსაწყობად, შესაძლებელია პოლივინილქლორიდის (პვს) საკანალიზაციო მილების (სურ. 65) დახუფულთავებიანი ნარჩენების (გადანაჭრების) გამოყენება (სურ. 66; ნახ. 17).



სურ. 65. პვე საკანალიზაციო მილები



სურ. 66. პვს საკანალიზაციო მილის გადანაჭერი ხუფებით



ნახ. 17. საკანალიზაციო მილის გადანაჭერი

ნაკეთობების გეომეტრიული ზომები რეგლამენტირებულია სტანდარტის მიხედვით (ГОСТ 51613-2000 и 32412-2013): გარე დიამეტრი 32,4-316 მმ, შიდა - 32-315 მმ, კედლის სისქე - 2-4,7 მმ. მზადდება სიგრძით 0,5-8,0 მ. მასალა მედეგია მჟავე და ტუტე გარემოს მიმართ. უძლებს 6-16 ატმ წნევას. სამუშაო ტემპერატურა -10°C -დან $+65^{\circ}\text{C}$ -მდე. კუთრი წონა 2 კგ/გრძ.მ. სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვაზე 50 მპა [48].

სადებებად რეკომენდებულია გამოვიყენოთ პვე საკანალიზაციო მილის ნარჩენები (GEO Tam) სიგრძით 30-60 სმ. დიამეტრი და კედლის სისქე კი მიიღება დასაბეტონებელი მონოლითური ფილის სისქის მიხედვით (ცხრ. 7).

GEO Tam (პვე საკანალიზაციო მილის გადანაჭრების) სადებების ტექნიკური მახასიათებლები სხვადასხვა სისქის სართულშუა გადახურვებისათვის მოცემულია ცხრ. 7-ში. აქვე გამოთვლილია ამა თუ იმ სადების გამოყენების შემთხვევაში გადახურვის ერთ კვადრატულ მეტრზე ბეტონის ხარჯის შემცირების მაჩვენებლები.

ცხრილი 7

ფილის სისქე, მმ	მილის დიამეტრი, მმ	მილის კედლის სისქე, მმ	მილის გადანაჭ. სიგრძე, მ	ერთი გადანაჭ. მოც. მ ³	გადანაჭ. რაოდენ. 1 მ ² -ზე	ბეტონის ხარჯის შემც.მ ³ /მ ²
200	75	1,9; 2,7	0,3	0,0013	36,3	0,047
220	110	2,7	0,3	0,0029	25,4	0,074
250	150	3,0	0,3	0,0054	17,2	0,065
300	200	3,4	0,3	0,0096	12,8	0,123
350	250	3,8	0,3	0,015	9,2	0,138
400	315	4,0	0,3	0,024	6,7	0,16

ცხრილი 7-ში მოცემული შედეგების ანალიზის საფუძველზე ვღებულობთ, რომ ფილაში ბეტონის ხარჯი შემცირდა 33,8%-ით.

თანამედროვე სამომხმარებლო ბაზარზე (მაგ., თბილისში) 100 მმ დიამეტრისა და 2 მ სიგრძის პვე საკანალიზაციო ერთი მილის ფასია 4,805,0

ლარი. 30 სმ სიგრძის ნარჩენის ფასი იქნება $4,8/6=0,8$ ლ. ერთი ხუფის ფასია 1,5 ლ. ჰერმეტიკულად ორი ხუფის გაკეთება - 1 ლ. ე.ი. სულ ადგილზე მიტანით საკანალიზაციო მილის ერთი 30 სმ გადანაჭრის ფასი იქნება დაახლოებით 5 ლარი, რაც 5-6-ჯერ ნაკლებია კობიაქსის სადებების ფასზე „საქმეში“.

3.3. ექსპერიმენტის შედეგები და ანალიზი

3.3.1. შედარებითი ანალიზი (თეორიულ-ექსპერიმენტალური კვლევა)

შემოთავაზებული სიცარიელეწარმომქმნელი სადებების (GEO Tam) სამშენებლო სივრცეში გამოყენების მიზანეწონილობისა და ეფექტურობის დასადასტურებლად განვიხილეთ ქ. თბილისში, დიდ დილოში, ტელევიზორების ქარხანა „ეკრანი“-ს მიმდებარე ტერიტორიაზე აშენებული მრავალბინიანი საცხოვრებელი სახლის პროექტი.

შენობა გეგმაში რთული მოხაზულობისაა და მისი მაქსიმალური მალი შეადგენს 6,6 მ-ს. კონსტრუქციული თვალსაზრისით შენობა გადაწყვეტილია როგორც ჩარჩოსებრ-კავშირებიანი სისტემა რკინაბეტონის დიაფრაგმებით. შენობა 14 სართულიანია, მათ შორის ერთი მიწისქვეშა სართულით. შენობის მიწისქვეშა და პირველი მიწისზედა სართულის სიმაღლეა 2,6 მ. მეორე მიწისზედა სართულის სიმაღლეა 3,15 მ, ხოლო დანარჩენი სართულების სიმაღლე - 3,00 მ.

შენობის კონსტრუქციული ელემენტების ზომებია:

სამირკვლის ფილა - $H = 105$ სმ.

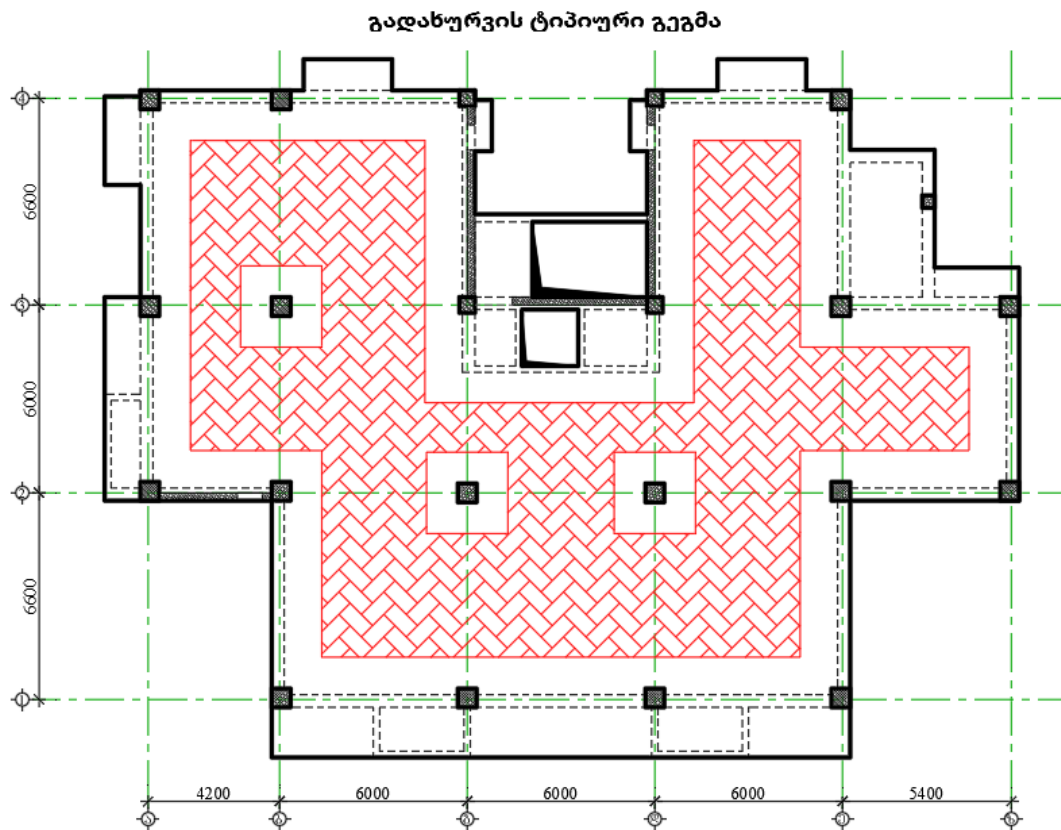
სვეტები: 70x70 სმ; 60x60 სმ; 50x50 სმ; 40x40 სმ.

დიაფრაგმები: 30 სმ; 25 სმ; 20 სმ.

პერიმეტრის მონოლითური კედლები: 25 სმ.

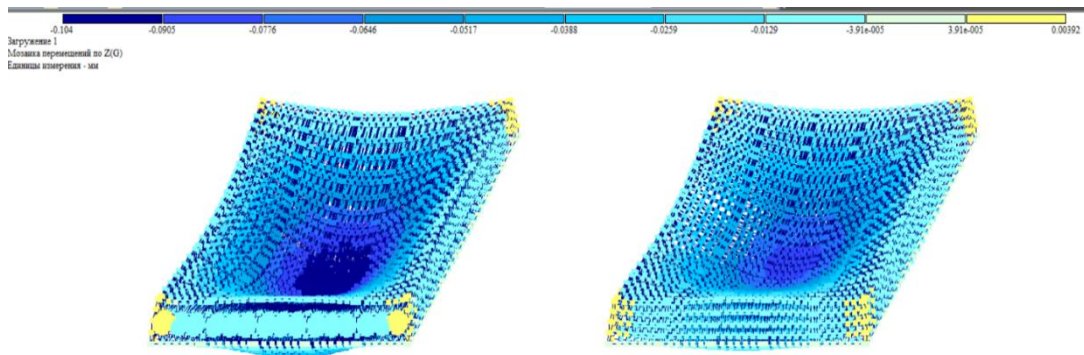
გადახურვის ფილები: 0.00 ნიშნულზე $H = 18$ სმ. +2.60 და +5.75 ნიშნულებზე $H = 16$ სმ, ხოლო დანარჩენ ნიშნულებზე $H = 22$ სმ. ამასთან 0.00; +2.60 და +5.75 ნიშნულებზე გადახურვები რიგელოვანია, ხოლო დანარჩენ სართულებზე რიგელები არის მხოლოდ პერიმეტრზე და კიბის უჯრედში.

შედარებითი ანალიზის განსახორციელებლად განხილული იქნა გაანგარიშების შემდეგი ორი ვარიანტი. პირველ ვარიანტად აღებული იყო ანგარიში, რომელიც საფუძვლად დაედო უკვე აშენებული შენობის პროექტის მომზადებას, ხოლო მეორე ვარიანტისათვის ავიღეთ უკვე არსებული ანგარიში, იმ განსხვავებით, რომ გადახურვის ურიგელო ფილებში (+6.75 ნიშნული და ზემოთ) გარკვეულ ნაწილზე გამოყენებული გვაქვს სიცარიელები, რომელიც იქმნება ე. წ. საკანალიზაციო მილების ნარჩენებით (GEO Tam), რომლის ზომებია: დიამეტრი 100 მმ, სიგრძე 600 მმ, კედლის სისქე 2 მმ. მილები ლაგდება სამ-სამი ერთად, ხოლო ყოველი სამის ჩალაგების შემდეგ მილების ჯგუფს შორის როგორც განივი, ასევე გრძივი მიმართულებით ხდება 6 სმ-იანი სისქის ტიხრების მოწყობა. ნახ. 18-ზე მოცემულია გადახურვის ტიპური გეგმა, სადაც წითელი ფერით ნაჩვენებია ფილის ის ნაწილი, რომელშიც ეწყობა სიცარიელები.

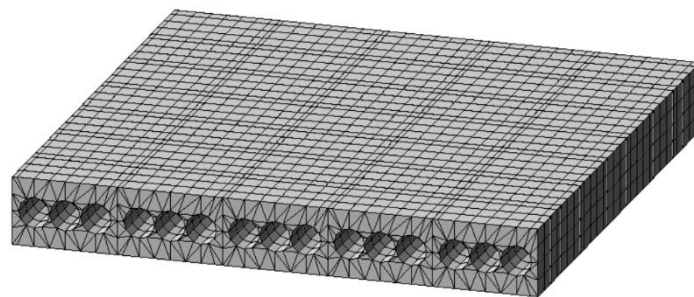


ნახ. 18 გადახურვის ტიპური გეგმა

სიცარიელების შემცველი გადახურვის ფილების დამოძღვრებას საანგარიშო კომპიუტერულ პროგრამა ლირაში ვანხორციელებთ სივრცითი ელემენტების გამოყენებით. მოძღვრებისათვის ვიქცევით შემდეგნაირად: ვიღებთ ორი ერთნაირი გაბარიტული ზომის ფილის ფრაგმენტს, რომლებიც აგებულია სივრცითი ელემენტებით. ამასთან ერთი აგებულია ყოველგვარი სიღრუეების გარეშე, ხოლო მეორეში მოწყობილია სიცარიელები ზუსტად ისე, როგორც მილების გადანაჭრების ჩალაგება წარმოშობს ბეტონის ტანში. იხ. სურ. 67, 68.



სურ. 67



სურ. 68

ფილის ორივე ფრაგმენტი დაყოფილია სასრულო ელემენტებად. ორივე ფრაგმენტს გააჩნია ერთნაირი სისქე, სასაზღვო პირობები, დეფორმაციის მოდული და დატვირთვები. ასეთი შემთხვევისათვის განვსაზღვრავთ ფილის ჩალუნებს, რის მიხედვითაც დავადგენთ ღრუტანიანი ფილის ეკვივალენტურ სიხისტეს. ასევე განვსაზღვრავთ თითოეული ფრაგმენტის მოცულობით წონებს, რომელთა შორის დამოკიდებულებითაც ვადგენთ

ეკვივალენტურ მოცულობით წონას. მიღებულ ეკვივალენტურ სიხისტეს და ეკვივალენტურ მოცულობით წონას ჩვენ ვიყენებთ საანგარიშო მოდელში, სადაც გადახურვის ფილები დამოდელირებულია ბრტყელი სასრულო ელემენტებით.

ჩვენი შემთხვევისათვის განხილული იქნა ეს ფრაგმენტები სხვადასხვა სახის ჩამაგრებისათვის. რადგანაც მიღების ჩალაგების განხილულ ვარიანტში განივი და გრძივი მიმართულებით ფილას გააჩნია სხვადასხვა რაოდენობის მიღების ჯგუფთა შორის ტიხრები, ჩამაგრებების მიხედვით ექვივალენტური სიხისტის კოეფიციენტის მნიშვნელობა იცვლება 0,80-:-0,86 შუალედში, ხოლო მოცულობითი წონისათვის მივიღეთ კოეფიციენტი 0,76. მიღებული მნიშვნელობები გამოყენებული იქნა საანგარიშო მოდელში, რის მიხედვითაც მოხდა გაანგარიშება.

საქართველოს ტერიტორიის სეისმური დარაიონების და საინჟინრო გეოლოგიური კვლევების შესაბამისი დასკვნებისა და რეკომენდაციების მიხედვით დადგენილია, რომ სამშენებლო მოედანი განლაგებულია **8 ბალიან** სეისმური საშიშროების ზონაში MSK64 სკალის მიხედვით ($A=0.17$); გრუნტის კატეგორია სეისმური თვისებების მიხედვით-**II**.

შენობისა და მისი მზიდი კონსტრუქციული ელემენტების, როგორც ერთიანი სივრცითი სისტემის გაანგარიშება კომპიუტერულ საანგარიშო მოდელში შესრულდა სტატიკურ და დინამიკურ (სეისმურ) ზემოქმედებაზე სერტიფიცირებული და ლიცენზირებული კომპიუტერული საანგარიშო კომპლექსის **ЛИРА-САПР 2022 R1** -ის გამოყენებით (ლიცენზიის ნომერი 2/8378-22).

1)... **mudmivi (statikuri) datvirTva:** (rk.b-is sakuTari wona + iatakis „sendviCis,, wona + gare Semomfargvleli kedlebis datvirTva).

2) **droebiTi xangrZlivi (statikuri) datvirTvebi:** (Si და tixrebis datvirTvebi).

3) **xanmokle (statikuri) datvirTvebi:**

a) **droebiTi sasargeblo datvirTvebi** СНиП 2.01.07.85. «Нагрузки и воздействия»- is mixedviT.

b) *qaris statikuri datvirTvebi.*

გ) *Tovlis datvirTva;*

4) **seismuri zemoqmedeba kompiuterul saangariSo modelSi Sesrulsულია spectruli meTodiT seismuri TvisebebiT II kategoriis gruntisaTvis 8 balian seismur zemoqmedebaze Semdegi datvirTvebis saxiT:**

ა) seismuri ზემოქმედება შენობის განივი ,, Y,, mimarTulebiT

ბ) seismuri ზემოქმედება შენობის გრძივი ,, X,, mimarTulebiT

გ) seismuri ზემოქმედება შენობის diagonalური ,,45⁰,, mimarTulebiT.

დ) seismuri ზემოქმედება შენობის diagonalური ,,135⁰,, mimarTulebiT.

kompiuterul saangariSo modelSi Senobebis mzid konstrukciebSi ZalvaTa Tanwyobisas gaTvaliswinebuli iqna Semdegi kombinaciebi:

a) ***ZiriTadi Tanwyoba:***

1. (mudmivi) + (dr. xangrZlivi)

2. (mudmivi) + (dr. xanmokle)

3. (mudmivi) + 0.95*(dr. xangrZlivi) + 0.9*(dr. xanmokle datvirTvebi)

b) ***gansakuTrebuli Tanwyoba:***

0.9*(mudmivi) + 0.8*(dr. xangrZlivi) + 0.5*(dr. xanmokle) + 1*(erT-ერთი ,,დინამიკური,, datvirTva)

ქვემოთ ცხლ. 8-ის სახით მოყვანილია გაანგარიშების შედეგების შედარებითი ანალიზი გარკვეული პარამეტრებისათვის გაანგარიშების ზემოთ მოყვანილი ორი ვარიანტისათვის.

ცხრილი 8

გაანგარიშების შედეგების შედარებითი ანალიზი

	ვარიანტი-I (გადახურვები სიცარიელების გარეშე)	ვარიანტი-II (გადახურვები სიცარიელების გათვალისწინებით)
შენობის საკუთარი რხევის პერიოდი (T წმ)	1.946	1.905

შენობის მაქსიმალური ჰორიზონტალური გადაადგილები სეისმური ზემოქმედებისას X მიმართულებით (მმ)	73.1	71
შენობის მაქსიმალური ჰორიზონტალური გადაადგილები სეისმური ზემოქმედებისას Y მიმართულებით (მმ)	96.5	93.9
გადახურვის ტიპური ფილის ვერტიკალური გადაადგილებების მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობები (მმ)	44-:- 57.9	43.1-:-55.8
სვეტებში მოქმედი მაქსიმალური ნორმალური ძალის მნიშვნელობა საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (ტ)	586	555
გადახურვის ფილების ჯამური ბეტონის მოცულობა (მ ³)	1401	1270

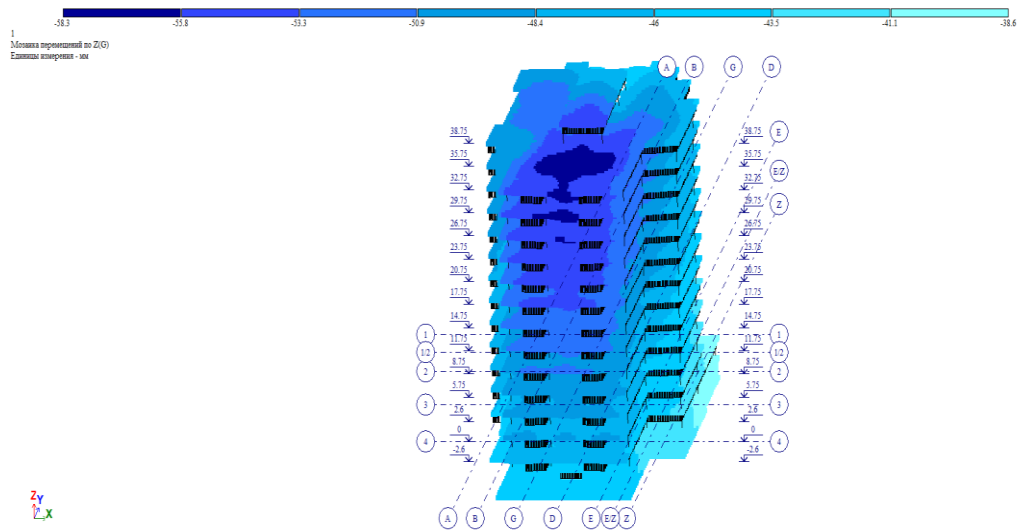
გადახურვების მთლიანი ფართობია 6740 მ². ფართობი რომელზედაც გამოვიყენეთ სიცარიელები 2397 მ². ფართი, გამოსახული პროცენტებში, რომელზედაც გამოვიყენეთ სიცარიელები 35,56 %.

გაანგარიშების შედარებითი ანალიზიდან ჩანს, რომ სიცარიელების მოწყობით, გარდა იმისა, რომ მივიღეთ გარკვეული მოცულობის ბეტონის ეკონომია, ასევე წონის შემსუბუქების ხარჯზე გაუმჯობესდა შენობის ისეთი პარამეტრები, როგორცა საკუთარი რხევის პერიოდი, შენობის ვერტიკალური გადაადგილებები სეისმური ზემოქმედებისას, გადახურვის ფილების ვერტიკალური გადაადგილებები საანგარიშო სტატიკური დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას, საძირკვლებზე სვეტებიდან გადმოცემული ნორმალური ძალები და მომენტები.

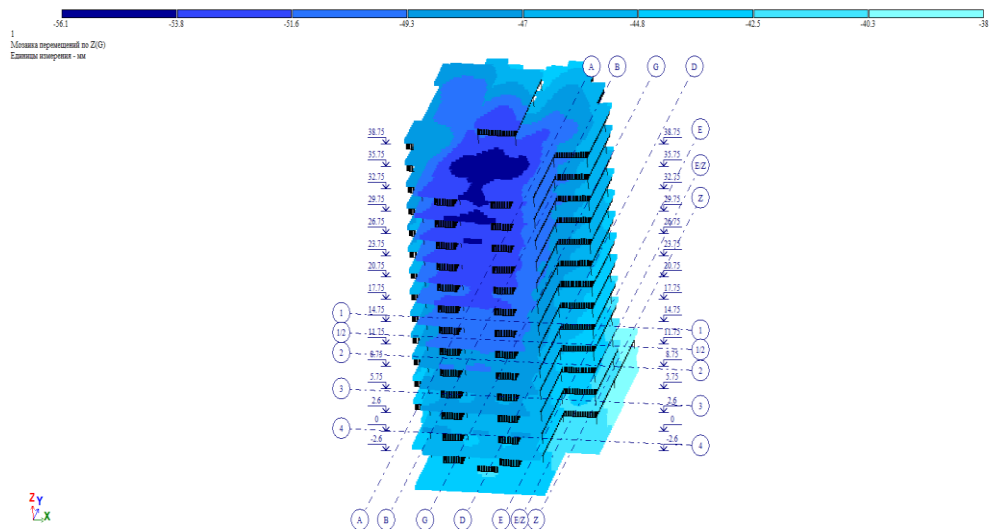
სადისერტაციო ნაშრომის მომზადებისათვის ჩატარებული კვლევების პროცესში ჩატარებული იქნა გაანგარიშებები სხვადასხავ ძალის მქონე

გადახურვებისათვის, რამაც გვაჩვენა, რომ სიცარიელებიანი გადახურვის გამოყენება მონოლითური ფილების მოწყობის დროს უფრო ეფექტურია შედარებით დიდმალიანი ურიგელო გადახურვებისათვის.

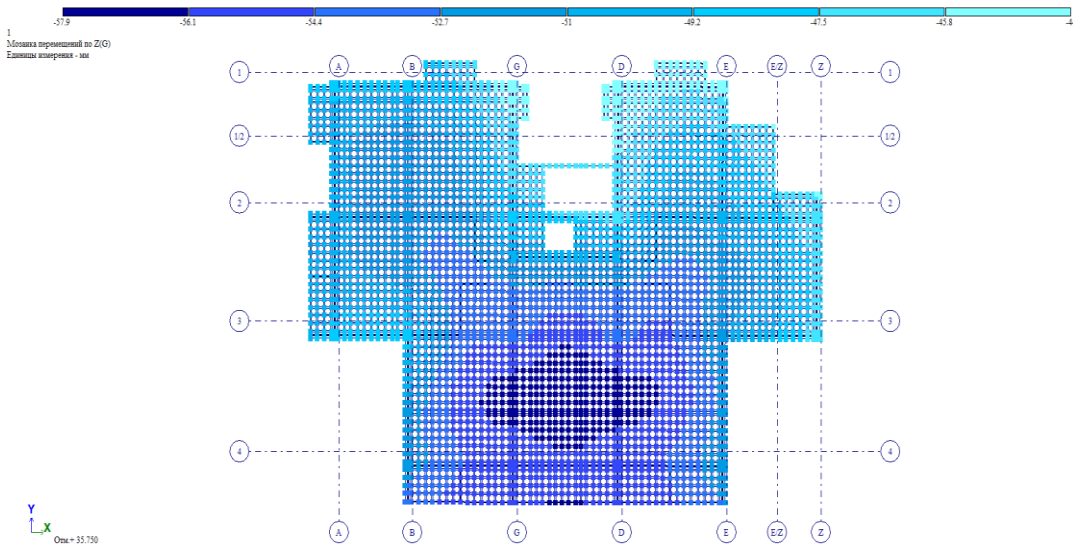
წარმოდგენილი გვაქვს შენობის გაანგარიშების შედეგები ზემოთ აღწერილი ორი ვარიანტისათვის (სურ. 69 - სურ. 78).



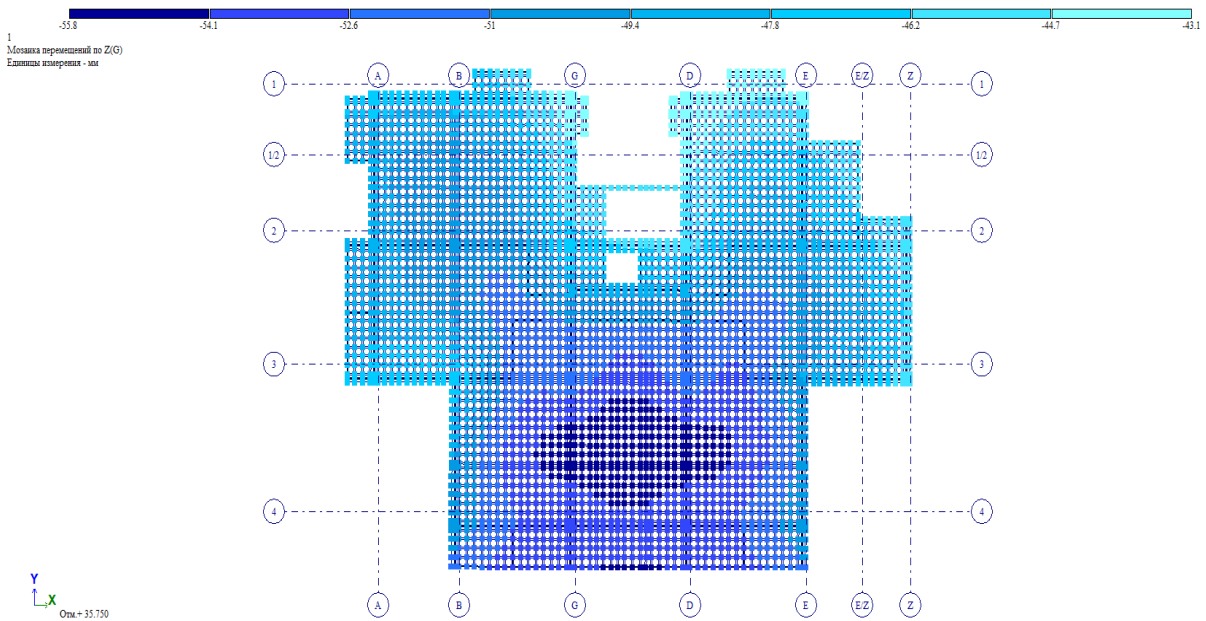
სურ. 69. შენობის ვერტიკალური გადაადგილებები (მმ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გარეშე)



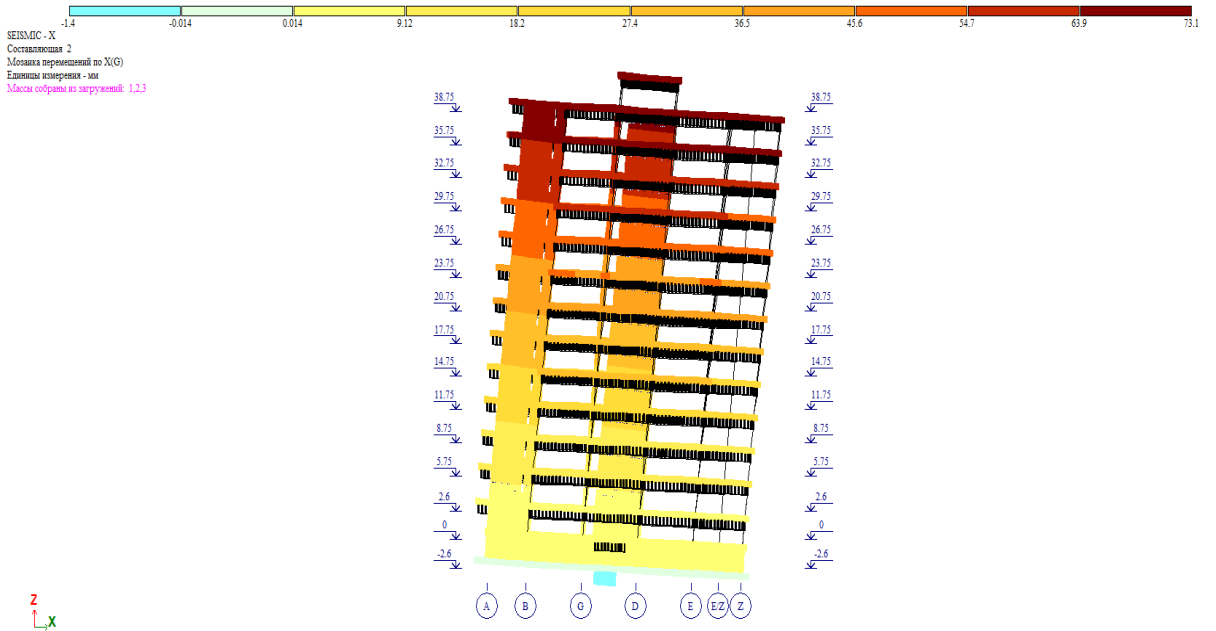
სურ. 70. შენობის ვერტიკალური გადაადგილებები (მმ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გათვალისწინებით)



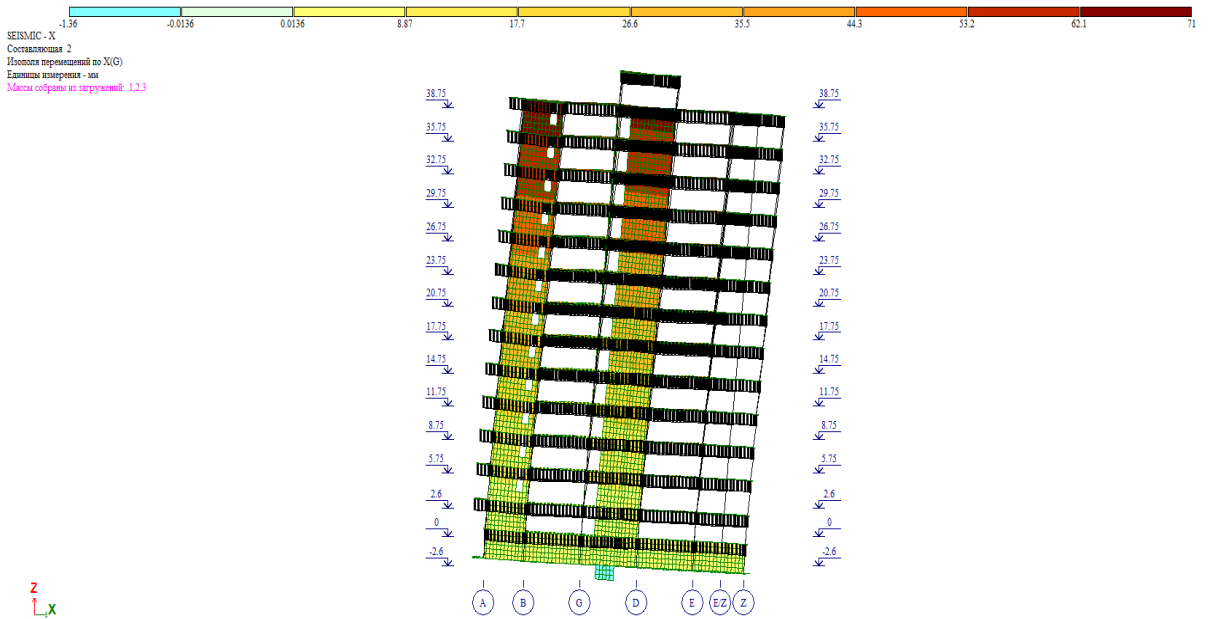
სურ. 71. ტიპური გადახურვის ფილის ვერტიკალური გადაადგილებები (მმ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გარეშე)



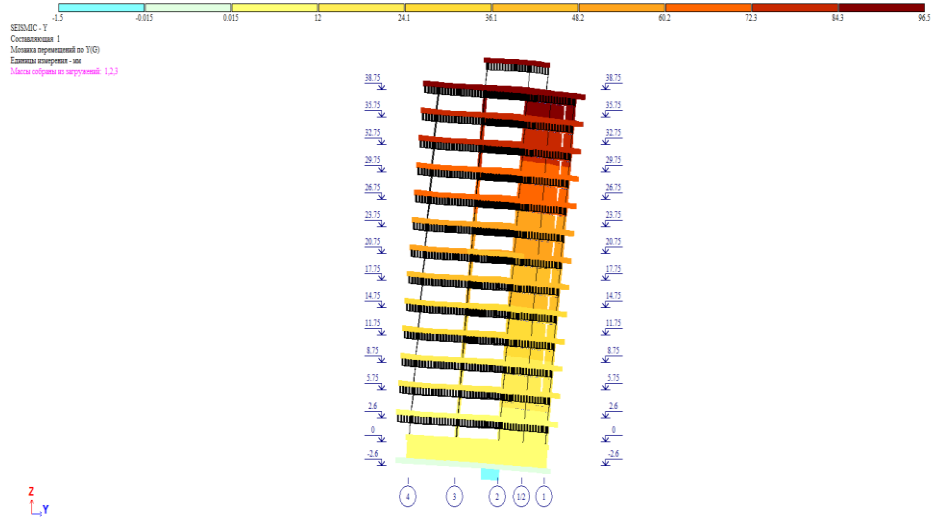
სურ. 72. ტიპური გადახურვის ფილის ვერტიკალური გადაადგილებები (მმ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გათვალისწინებით)



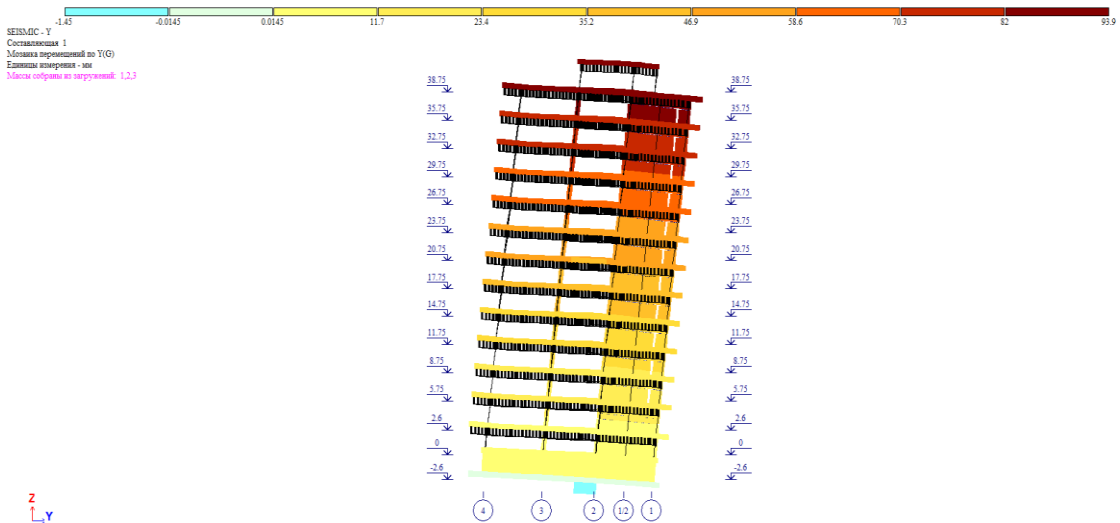
სურ. 73. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „X,, მიმართულებით იგივე მიმართულებით მოქმედი სეისმური დატვირთვისაგან (საკუთარი რხევის მეორე ფორმა) (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გარეშე)



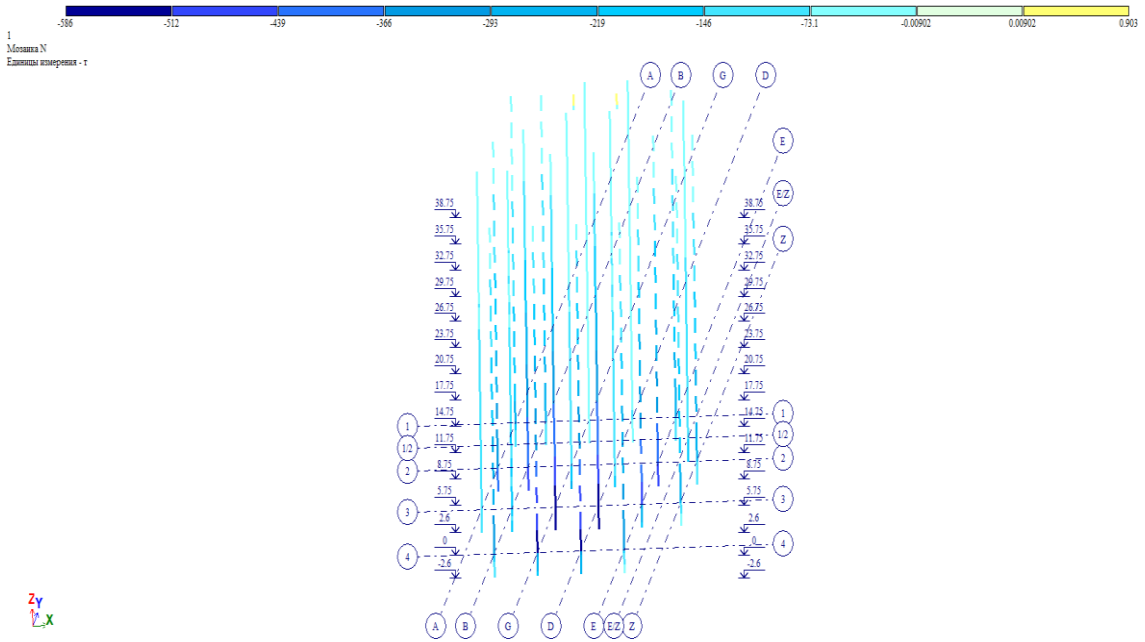
სურ. 74. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „X,, მიმართულებით იგივე მიმართულებით მოქმედი სეისმური დატვირთვისაგან (საკუთარი რხევის მეორე ფორმა) (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გათვალისწინებით)



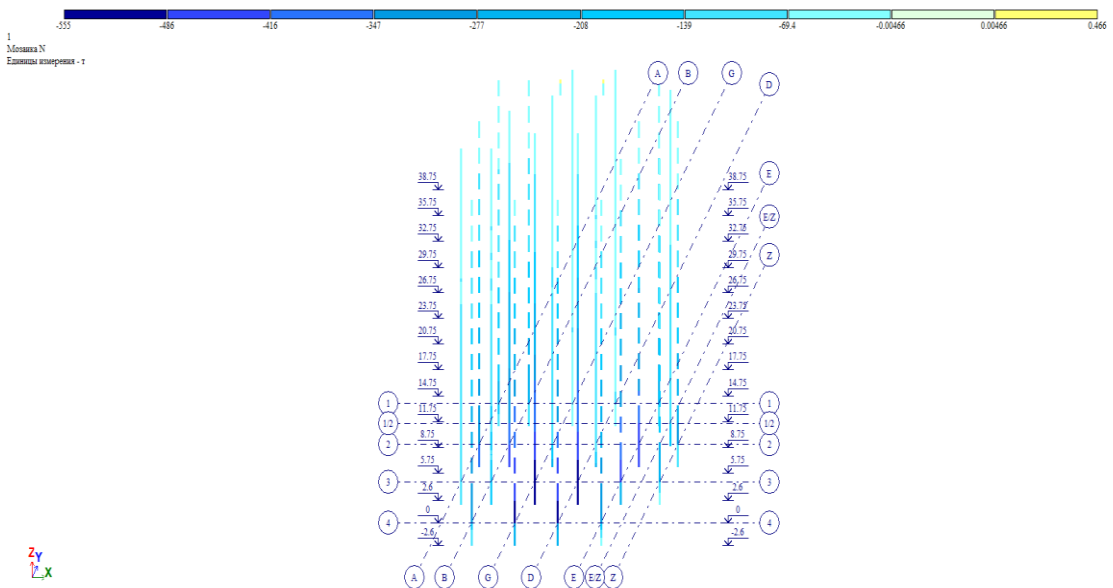
სურ. 75. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „Y,, მიმართულებით იგივე მიმართულებით მოქმედი სეისმური დატვირთვისაგან (საკუთარი რხევის პირველი ფორმა) (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გარეშე)



სურ. 76. შენობის ჰორიზონტალური გადაადგილებები (მმ) „Y,, მიმართულებით იგივე მიმართულებით მოქმედი სეისმური დატვირთვისაგან (საკუთარი რხევის პირველი ფორმა) (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელების გათვალისწინებით)



სურ. 77. რკ.ბ-ის სვეტებში მოქმედი ნორმალური ძალების მნიშვნელობები (ტ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელებების გარეშე)



სურ. 78. რკ.ბ-ის სვეტებში მოქმედი ნორმალური ძალების მნიშვნელობები (ტ) საანგარიშო სტატიკურ დატვირთვათა ძირითადი შეხამებისას (შემთხვევისათვის, როდესაც ფილები მოდელირებულია სიცარიელებების გარეშე)

როგორც ვხედავთ GEO Tam-ის სადებების (პვე საკანალიზაციო მილების გადანაჭრების) ურიგელო სართულშუა გადახურვებში გამოყენების

წარმოდგენილი პროგრამა რეალურია, მუშაობს გამართულად და ხელმისაწვდომია ნებისმიერი მომხმარებლისათვის.

3.4. ექსპერიმენტის შედეგების დამუშავება ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების მეშვეობით

3.4.1. შემთხვევითი სიდიდეები და მათი განაწილების პარამეტრები

ექსპერიმენტის შედეგების დამუშავებისას ფართოდ გამოიყენება ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდები, რომლის ძირითადი ცნებები და განსაზღვრებები შემდეგია:

შემთხვევითი ხდომილება — ხდომილება, რომლის რეალიზაცია კომპლექსის განსაზღვრული პირობებისთვის შეუძლებელია წინასწარ შევაფასოთ. მაგალითად, ისეთი ხდომილების რეალიზაცია როგორცაა სამშენებლო მანქანის მუშაობა ქვაბულის მოწყობისას ერთ ცვლაში ხუთჯერ გაჩერება, წინასწარ შეუძლებელია განისაზღვროს, რადგან გაჩერება შეიძლება მოხდეს სამჯერ, ოთხჯერ, რვაჯერ და ა.შ., გააჩნია გრუნტის დამუშავებისას რა წინააღმდეგობა შეხვდება. ამიტომ გაჩერებები ალბათური სიდიდე იქნება.

შემთხვევითი სიდიდე — სიდიდე, რომელმაც შესაზღვრელია მიიღოს რაიმე მნიშვნელობა დადგენილი სიმრავლიდან, და რომელთანაც დაკავშირებულია ალბათური განაწილება. იგი შეიძლება იყოს უწყვეტი და დისკრეტული.

დისკრეტული შემთხვევითი სიდიდე — შემთხვევითი სიდიდე, რომელმაც მნიშვნელობა შეიძლება მიიღოს სასრულო ან ნამდვილი რიცხვების სიმრავლიდან.

უწყვეტი შემთხვევითი სიდიდე — შემთხვევითი სიდიდე, რომელმაც შეიძლება მიიღოს ნებისმიერი მნიშვნელობა სასრულო ან უსასრულო ინტერვალში.

თუ ყველა კონტროლირებადი ფაქტორის ფიქსირებული დონეების შერჩევისას ჩავატარებთ რეაქციის n გაზომვას X , შედეგად მივიღებთ ერთმანეთთან ახლოს მდგომ, მაგრამ განსხვავებული სიდიდეების მწკრივს:

$$x_j \ (i=1, 2, \dots, n),$$

სადაც x_i — X სიდიდის i -ური გაზომვადობა;

x_1, x_2, \dots, x_n — შემთხვევითი X სიდიდის რეალიზაცია.

A ხდომილების $P(A)$ ალბათობა რიცხვია ნულიდან ერთამდე, რომელიც წარმოადგენს A ხდომილების რეალიზაციის სიხშირის ზღვარს ერთი და იმავე პირობების კომპლექსის შეუზღუდავი რაოდენობით განმეორებებისა.

დისკრეტული შემთხვევითი სიდიდეებისათვის შესაძლებელია მიუთითოთ ალბათობაზე, რომლითაც იგი იღებს თითოეულ თავის შესაძლო სასრულ ან რიცხვით მნიშვნელობას ნამდვილი რიცხვების სიმრავლიდან.

უწყვეტი შემთხვევითი სიდიდეებისათვის განისაზღვრება მისი მოხვედრის ალბათობა მოცემულ ინტერვალში, მისი განსაზღვრის არეში (რადგან იმის ალბათობა, რომ შემთხვევითი სიდიდე მიიღებს რაიმე კონკრეტულ მნიშვნელობას, მისწრაფვის ნულისკენ).

სრულად შემთხვევითი სიდიდის თვისებები აღიწერება განაწილების კანონით, რომლის ქვეშაც იგულისხმება კავშირი შემთხვევითი სიდიდეების შესაძლო მნიშვნელობებსა და შესაბამის ალბათობას შორის.

შემთხვევითი სიდიდეების განაწილება ფუნქციაა, რომელიც ცალსახად განსაზღვრავს იმის ალბათობას, რომ შემთხვევითი სიდიდე მიიღებს მოცემულ მნიშვნელობას ან მიეკუთვნება რომელიმე მოცემულ ინტერვალს. მათემატიკაში შემთხვევითი სიდიდეების განაწილების აღწერისთვის გამოიყენება ორი მეთოდი: ინტეგრალური (განაწილების ფუნქცია) და დიფერენციალური (განაწილების სიმკვრივე).

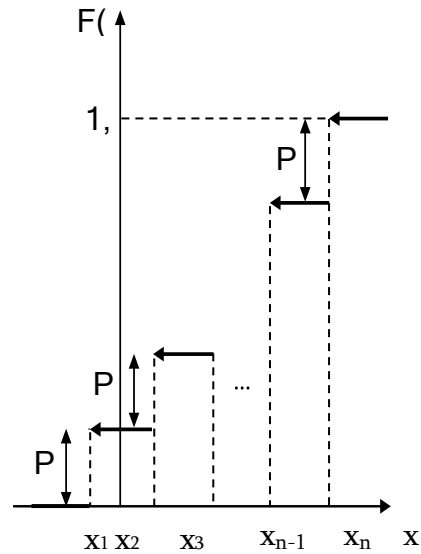
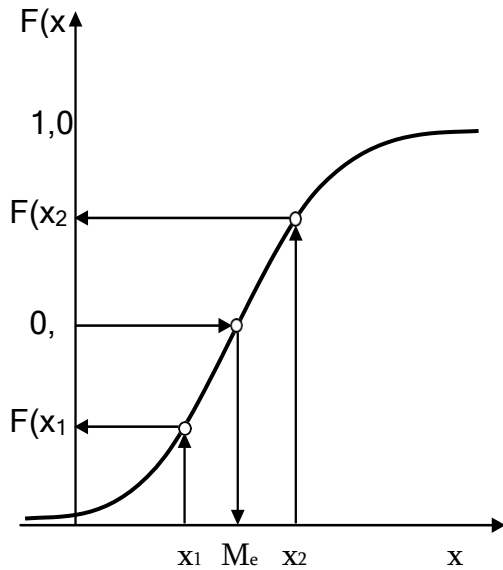
განაწილების ფუნქცია $F(x)$ ფუნქციაა, რომელიც განსაზღვრავს ყველა ნამდვილი x -ისთვის იმის ალბათობას, რომ შემთხვევითი სიდიდე X ღებულობს მნიშვნელობას x -ზე ნაკლებს:

$$F(x) = P(X \leq x).$$

განაწილების $F(x)$ ფუნქციას აქვს შემდეგი თვისებები (ნახ. 19, ა):

ა)

ბ)



ნახ. 19. განაწილების ინტეგრალური კანონი - განაწილების ფუნქცია: ა - უწყვეტი შემთხვევითი სიდიდეების; ბ - დისკრეტული შემთხვევითი სიდიდეების

1. x_1 ნებისმიერი წერტილის შესაბამისი განაწილების ფუნქციის ორდინატა, არის ალბათობა იმისა, რომ X შემთხვევითი სიდიდე ნაკლები იქნება x_1 -ზე, ანუ:

$$F(x_1) = P(X \leq x_1).$$

2. განაწილების ფუნქცია მნიშვნელობა თავსდება ნულსა და ერთს შორის:

$$0 \leq F(x) \leq 1.$$

3. განაწილების ფუნქცია მიისწრაფის ნულისკენ x -ის უსასრულოდ შემცირებისას და მიისწრაფის ერთისკენ x -ის უსასრულოდ გაზრდისას, ანუ:

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = 0 \quad \text{და} \quad \lim_{x \rightarrow \infty} F(x) = 1.$$

4. განაწილების ფუნქცია წარმოადგენს მონოტონურად ზრდად მრუდს, ანუ:

$$F(x_2) > F(x_1), \quad \text{თუ} \quad x_2 > x_1.$$

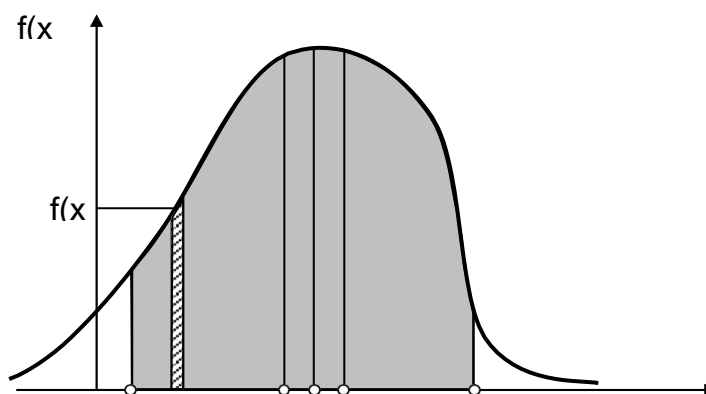
5. განაწილების ფუნქციის ნაზრდი ($x_1; x_2$) უბანზე ტოლია იმის ალბათობის, რომ შემთხვევითი X სიდიდე თავსდება ამ ინტერვალში:

$$F(x_2) - F(x_1) = P(X \leq x_2) - P(X \leq x_1) = P(x_1 < X < x_2).$$

განაწილების სიმკვრივე $f(x)$ — განაწილების ფუნქციის (თუ ის არსებობს) პირველი წარმოებული:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}.$$

განაწილების $f(x)$ ფუნქციის სიმკვრივეს აქვს შემდეგი სახე (ნახ. 20):



ნახ. 20. განაწილების დიფერენციალური კანონი - $f(x)$ განაწილების სიმკვრივე

საშუალო კვადრატული გადახრა - შემთხვევითი სიდიდის გაზნვის მაჩვენებელი მათემატიკური მოლოდინის მიმართ. განისაზღვრება როგორც კვადრატული ფესვი შემთხვევითი სიდიდეების დისპერსიდან:

$$\sigma = \sqrt{D}.$$

შესასწავლი ერთობლიობიდან დიდი მოცულობების დროს ($n > 30$) განისაზღვრება ფორმულით:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

სადაც x_i არის შესასწავლი ვარიანტის (ნიშნის) მნიშვნელობა; n - სტატისტიკური ერთობლიობის მოცულობა (ცდების რაოდენობა); \bar{x} - საშუალო არითმეტიკული სიდიდე (შედეგების საშუალო არითმეტიკული).

შემთხვევითი სიდიდის დისპერსია სტატისტიკის ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელია. იგი აჩვენებს რიცხვების მწკრივის საშუალო არითმეტიკულის ირგვლივ მონაცემთა განხვევას და განისაზღვრება ფორმულით:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n}$$

სადაც S^2 არის დაკვირვებების ამორჩევითი დისპერსია;

X - ცდების ცალკეული მნიშვნელობები;

\bar{X} – ცდების ცალკეული მნიშვნელობების საშუალო არითმეტიკული.

ვარიაციის კოეფიციენტი

ალბათობისა სტატისტიკის თეორიაში ვარიაციის კოეფიციენტი (ფარდობითი სტანდარტული გადახრა) წარმოადგენს ალბათობის განაწილების ან სიხშირული განაწილების სტანდარტული ზომას და არის შემთხვევითი სიდიდის სტანდარტული (საშუალო კვადრატული) გადახრის ფარდობა მის მათემატიკურ მოლოდინზე. გამოითვლება ფორმულით:

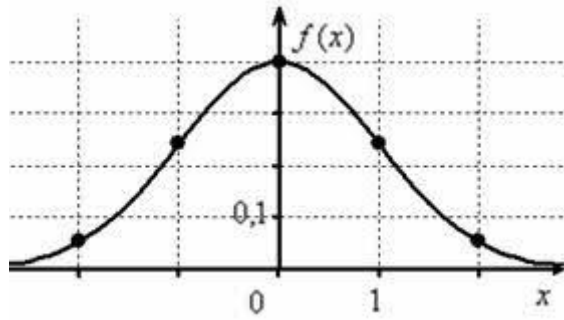
$$V = \frac{\sigma}{k} \cdot 100\%$$

სადაც σ არის შემთხვევითი სიდიდის საშუალო კვადრატული გადახრა;

k – შემთხვევითი სიდიდის მოსალოდნელი (საშუალო) მნიშვნელობა.

სტატისტიკაში მიღებულია, რომ თუ $V < 10\%$, მაშინ მონაცემთა გაბნევის ხარისხი უმნიშვნელოა; თუ $V = 10-20\%$ - საშუალოა; თუ $V = 20-33\%$ - მნიშვნელოვანია., რაც იმაზე მიუთითებს, რომ თუ $V < 33\%$ -ზე, მაშინ ცდების შედეგების ერთობლიობა ითვლება ერთგვაროვნად, წინააღმდეგ შემთხვევაში - არაერთგვაროვნად.

ზოგადად, ნორმალური განაწილების მრუდი მოცემულია ნახ. 21-ზე.



ნახ. 21. ალბათობების ნორმალური განაწილება

3.4. პლასტმასის ნარჩენები და ეკოლოგია

3.4.1. ზოგადი მიმოხილვა

პლასტმასებისა და ზოგადად პოლიმერების გამოყენება მშენებლობაში მჭიდროდაა დაკავშირებული გარემოს დაცვისა და ეკოლოგიის პრობლემებთან, რომლის ცოდნასა და გამოყენების საკითხებს ქვეყნისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს. ამოტომ მოკლედ განვიხილოთ ის ძირითადი პრობლემები, რომლებიც ეკოლოგიურ მშენებლობას ეხება.

თანამედროვე ქალაქთმშენებლობა მოიცავს სხვადასხვა საცხოვრებელი, კომერციული და სოციალური ობიექტების მშენებლობას. ზოგადად, სამშენებლო ინდუსტრია დიდ გავლენას ახდენს ეკოლოგიური პრობლემების ჩამოყალიბებაზე, როგორებიცაა:

- ენერგორესურსების გადაჭარბებული მოხმარება, რაც იწვევს არაგანახლებადი რესურსების ამოწურვას;
- ცვლილებები გარემოში, ლანდშაფტები, პეიზაჟები;
- ფაუნისა და ფლორის განადგურება მათი საცხოვრებელი ადგილებიდან სხვა სივრცეში გადაადგილების გამო;
- სატრანსპორტო სისტემის გადატვირთული ექსპლუატაცია რასაც თანახლავს გარემოს დაბინძურება;
- გაუწმენდავი ჩამდინარე წყლების გავლენა გარემოზე;
- საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ნარჩენების რაოდენობის ზრდა;

- სამდინარო თუ გრუნტის წყლების დაბინძურება თანამდევით უარყოფითი შედეგებით;
- ტერიტორიების დაჩრდილვა სამშენებლო ობიექტებით, რაც იწვევს ფლორისა და ფაუნის საარსებო პირობების გაუარესებას და ზოგჯერ კვდომასაც;
- სეისმური რისკების მატება, ხანზარსაშიშროება.

3.4.2. ეკოლოგიური მიდგომა მშენებლობისადმი

ხარისხიანი საცხოვრებელი გარემოს შექმნას თან უნდა ახლდეს გარემომცველი ბუნების პატივისცემა. სახლების შექმნა სამშენებლო ინდუსტრიის ღირსებაა. ქალაქურ გარემოში დიდი ყურადღება უნდა ექცეოდეს გამწვანებულ ტერიტორიებს, ეკოლოგიური პრობლემების მოგვარებას, გადაადგილების მოხერხებულ ინფრასტრუქტურას და ა.შ.

ამ დროისთვის შემუშავებულია მშენებლობისა და ბუნების დაცვის რამდენიმე ეკოლოგიური მიდგომა. ეს წესები ნაწილობრივ ფიქსირდება კანონმდებლობაში, ნაწილობრივ რეგულირდება თანამედროვე მშენებლობის ნორმებით და წესებით.

ობიექტის მსენებლობის პროცესს აკონტროლებს მრავალი სამთავრობო დოკუმენტი და გარემოსდაცვითი სერტიფიკატი. ისინი აუცილებელია გარემოზე მშენებლობის მავნე ზემოქმედების შესამცირებლად.

გარემოზე მშენებლობის მავნეობის შესამცირებლად გამოიყენება ტექნოლოგიები და მასალები, რომლებიც საფრთხეს არ უქმნიან გარემოს. ამ შემთხვევაში დაცულია წყლის, მასალების, ენერგორესურსების ეკონომიური გამოყენების პრინციპი. მომავალში ძალიან მნიშვნელოვანია კონფლიქტის მოგვარება სამშენებლო ინდუსტრიასა და გარემოს დაცვას შორის.

3.4.3. ეკოლოგიური სახლების მშენებლობის პრინციპები

მას შემდეგ, რაც სამშენებლო ინდუსტრია იწვევს უამრავ ეკოლოგიურ პრობლემას, საჭიროა გადაწყდეს, თუ როგორ უნდა განვითარდეს უსაფრთხო სამშენებლო ტექნოლოგიები. თანამედროვე დეველოპერები რამდენიმე ათწლეულის განმავლობაში დანერგეს საცხოვრებელი შენობებისა და სამრეწველო ობიექტების მშენებლობის გარემოსდაცვითი ტექნოლოგიები. უამრავი მეთოდი არსებობს, მაგრამ შევეცდებით ჩამოვთვალოთ ეკოლოგიურად სუფთა ყველა ძირითადი ტექნოლოგია:

- ეკოლოგიურად სუფთა სამშენებლო მასალების გამოყენება;
- ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების გამოყენება;
- სახლში ოპტიმალური მიკროკლიმატის შექმნა;
- ისეთი კომუნიკაციების შემუშავება, რაც რაციონალურად და ეკონომიკურად გამოიყენებს კომუნალური მომსახურებას (წყალი, ელექტროენერგია, გაზზე გათბობა);
- მშენებლობის დროს, ნარჩენების და ნარჩენების რაოდენობა მცირდება.

თანამედროვე მშენებლობაში უამრავი ახალი საშენი მასალა გამოიყენება გაუმჯობესებული ეკოთვისებებით, ბგერა და თბოსაიზოლაციო მახასიათებლებით. უმჯობესდება საცხოვრებელი გარემო, მცირდება დანახარჯები ათბობასა და ელექტროენერგიაზე, თუმცა კვლავ პრობლემად რჩება საყოფაცხოვრებო და სამშენებლო ნაგვისა და მეორადი გამოყენების პლასტმასის ნარჩენების უტილიზაციის პრობლემა. ყოველივე ეს მოითხოვს ქვეყნის სამთავრობო სტრუქტურების ყურადღებას.

საცხოვრებელი გარემოს გაჯანსაღების ერთ-ერთი გზაა **მწვანე მშენებლობა**, რომელიც ბუნებრივი რესურსების (ენერგია, წყალი, საშენი მასალები) ეფექტურად გამოყენებაზე ამახვილებს ყურადღებას და ამავე დროს ამცირებს შენობის ზეგავლენას ადამიანის ჯანმრთელობაზე და ზოგადად გარემოზე. იგი შენობის ცხოვრებისეული ციკლის განმავლობაში, უკეთესი დაპროექტების, მშენებლობის მართვის, დაგეგმვის, რემონტისა და დაშლისას მჭიდრო კავშირშია ეკოლოგიურ არქიტექტურასთან.

დაგროვილი გამოცდილების საფუძველზე კარგად გააზრებული ეკოლოგიურმა მშენებლობამ შესაძლებელია მოგვცეს შემდეგი შდეგები:

- (1) ოპერატიული დანახარჯების შემცირება პროდუქტიულობის ზრდითა და ნაკლები ენერჯისა და წყლის დანახარჯებით;
- (2) მობინადრეთა ჯანმრთელობის გაუმჯობესება სუფთა ჰაერის ცირკულაციის გამო;
- (3) შემცირებული უარყოფითი გავლენა გარემოზე, მაგ., სანიაღვრე წყლის ჩამონადენისა და მხურვალე კუნძულის ეფექტის შემცირება.

ეკოლოგიური მშენებლობა ასევე შენობის კონსტრუქციასა და გარემოს შორის ესთეტიკური ჰარმონიის მიღწევის საშუალებას იძლევა, მიუხედავად იმისა, რომ ასეთი შენობები გარეგნობითა და სტილით სხვა ნაკლებად ეკოლოგიური შენობებისგან ნაკლებად გამოირჩევა.

საქართველოს კანონის შესაბამისად ყველა ახლადაგებული შენობა-ნაგებობა გადის ეკოლოგიურ ექსპერტიზას, რომლის მიზანია გარემომცველი გარემოს ნორმალური მდგომარეობის შენარჩუნება.

ეკოლოგიური ექსპერტიზის ძირითადი პრინციპებია:

- ა) მოსალოდნელი ეკოლოგიური პოტენციური საშიშროების რისკის შემცირება;
- ბ) გარემოზე შესაძლო ზეგავლენის შეფასების კომპლექსურობა;
- გ) გარემოს დაცვისა და მოთხოვნათა ნორმების გათვალისწინება;
- დ) ექსპერტთა უფლებამოსილების შეუზღუდაობა ექსპერტიზის ჩატარების პროცესში;
- ე) ეკოლოგიური ექსპერტიზის დაცვის კანონიერება და დასაბუთებულობა;
- ვ) საზოგადოებრივი ინტერესების მხედველობაში მიღება და გათვალისწინება ექსპერტიზის ჩატარების მიმდინარეობისას.

ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარების წესი შემდეგია:

1. ყველა ეკოლოგიური დარღვევების დროს კონკრეტული ობიექტის (შემთხვევის) შესაფასებლად მინისტრის ბრძანებით იქმნება საექსპერტო კომისია;

2. კომისიის შემადგენლობაში, სამინისტროს გადაწყვეტილებით, დასაშვებია დამოუკიდებელი ექსპერტების ჩართულობა;
3. ეკოლოგიური ექსპერტიზის საფუძველია საქართველოს კანონი „გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის შესახებ“ (№3051, 04/05/2010);
4. ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარების წესს განსაზღვრავს დებულება „ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარების წესის შესახებ“ (დოკუმენტი №515, 07/07/2008).

3.4.4. პლასტმასის ნარჩენების გავლენა გარემოზე

პლასტმასის მეორადი პროდუქტების დაგროვების პროცესი გარემოში, უარყოფით გავლენას ახდენს ველურ ბუნებასა და იმ სივრცეზე, სადაც ცხოვრება უხდებათ დედამიწის ცოცხალ არსებებს ფრინველების, ცხოველებისა და ადამიანის სახით. როგორც მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები და საჯარო-სამეცნიერო პუბლიკაციები აფიქსირებენ პლასტმასის ნარჩენების უტილიზაცია და გადამუშავება კაცობრიობის ერთ-ერთი უმთავრესი პრობლემაა. მაგალითად, ორნითოლოგების მონაცემებით, მსოფლიო მასშტაბით, ზღვის ფრინველების 90%-ის სხეულში აღმოჩენილია პლასტმასის ნარჩენები, რაც პირდაპირ ეკოლოგიური კატასტროფაა მთლიანად ფაუნისათვის [31].

პლასტიკური მასალის ნარჩენებით გარემოს დაბინძურების დიდი მასშტაბები გამოწვეულია პლასტმასის ნკეთობების დაბალი ფასითა და სალის ხანგამძლეობით, ასევე, ამ ეტაპზე, მისი შემცველების არარსებობით [32]. ამჟამად, 2018 წლის მონაცემებით, ჩვენს პლანეტაზე წელიწადში იწარმოება დაახლოებით 380 მლნ ტონა პლასტმასი, ხოლო 1950 წლიდან დღემდე სულ ნაწარმოებია დაახლოებით 6,5 მილიარდი ტონა, რომელთაგან გადამუშავებულია მხოლოდ 9%, დამწვარია — 12%. პლანეტის დაბინძურების ლიდერი ფირმებია Coca-Cola, PepsiCo, Nestlé, Unilever, Mondelez International, Mars, P&G, Colgate-Palmolive и Perfetti van Melle [33]. ეს შედეგები დადგენილი იყო მსოფლიოს 55 ქვეყანაში ჩატარებული მეორადი

პლასტიკების კვლევების საფუძველზე კომპანია Break Free From Plastic-ის მიერ 2020 წელს.

პლასტიკური დაბინძურების მრავალი სახე არსებობს, მათ შორის მდინარეების, ტბების, ზღვებისა და ოკეანეების წყლის დაბინძურება პლასტიკის ნაწილაკებით, პლასტიკის ბადეებით, სხვადასხვა ჭურჭლეულისა და საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ერთჯერადი თუ მრავალჯერადი გამოყენების ნაკეთობებით (ბოთლები, თევშები, ტევადობები) და ა.შ.

პლასტმასის პაკეტების, ჭურჭლის, სინთეზური ბოჭკოებისგან დამზადებული ტანსაცმლის ცვეთისა და დაშლის შედეგად ატმოსფეროში ხდება მიკროპლასტიკური მტვრის კონცენტრაცია; შემდეგ ეს მტვერი ილექება სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწებზე, ირეცხება წვიმის წყლით (ან სარწყავი წყლით) და ჩაირეცხება მდინარეებსა და ოკეანეებში. მიკრონაწილაკები თავისი სიმსუბუქის გამო შესაძლებელია ათეული დღეების განმავლობაში ტივტივებდეს ჰაერში, რაც ხელს უწყობს მათ გავრცელებას უზარმაზარ ფართობებზე, მათ შორის თავისუფლად კვეთენ კონტინენტებსა და ოკეანეებს [34].

აღნიშნული პრობლემის შესწავლისათვის ჩატარებულია უამრავი სამეცნიერო კვლევები, ძიებები, ექსპერიმენტები, რომელთა შესწავლის საფუძველზე დადგენილია, რომ პლასტმასების მფრინავი მიკრონაწილაკების დაახლოებით 80-85% ჰაერში ხვდება საგზაო და ჩქაროსნული ავტოტრასებიდან – ძირითადად საბურავებისა და ნაწილობრივ ბიტუმის ცვეთის შედეგად. მას კიდევ ემატება 11% ოკეანის ზედაპირებიდან (შედის აურთქლებული ტენის შემადგენლობაში). ამერიკული მონაცემებით აშშ-ს დასავლეთი ნაწილის თავზე ჰაერში მუდმივად იმყოფება 1100 ტონა მიკროპლასტიკის ნაწილაკები, რაც დედამიწაზე მოხვედრის შემდეგ იწვევს ცივილიზაციისგან მოშორებული ტერიტორიების დაბინძურებას, აღარაფერს ვამბობთ ურბანულ ქალაქებსა და განაშენიანებულ ტერიტორიებზე [35]. ზოგჯერ პლასტიკურ დანაგვიანებას (დაბინძურებას) „პლასტიკურ წვიმასაც“ უწოდებენ.

აშშ-ის გარემოს დაცვის სააგენტოს მონაცემებით [36], მაგალითად, 2011 წელს პლასტმასის ნაკეთობების წილი ყველანაირ მყარ საყოფაცხოვრებო ნარჩენებში იყო 12%, რაც შეადგენდა საერთო რაოდენობიდან 240 მლნ ტონას (სურ ნარჩენები იყო 2 მლნ ტონა). ამჟამად ეს ციფრები თითქმის გაორმაგებულია, რაც, თუ სერიოზული პროფილაქტიკური ზომები დროულად არ იქნა მიღებული, კატასტროფას უქადის ჩვენს მწვანე პლანეტას.

საინტერესო ციფრია: ამჟამად მყარი ნარჩენების ყველაზე მეტი წილი მოდის ორგანულ და კვების პროდუქტებზე ($\approx 40-44\%$), ხოლო შოტლანდიური ეკოლოგიური ოგანიზაციის (Zero Waste Scotland) მონაცემებით კვების პროდუქტებში ნახშირბადის კვალი უფრო მეტია, პლასტასებთან მიმართებით [37].

სხვადასხვა ტექნოლოგიით მიღებული პლასტმასის ნაკეთობის გახრწნის (დაშლის) ვადა მერყეობს ზღვრებში 100-700 წელი. მაგალითად, პოლიეთილენის პაკეტის გახრწნის ვადაა 100-200 წელი, მინის ბოთლის 1 მლნ წელი და ა.შ. ამ ნარჩენებისგან მომდინარე ძირითადი საშიშროება ის არის, რომ პლასტმასები მიწაში მოხვედრის შემდეგ იშლებიან მცირე ზომის ნაწილაკებად (მიკრონაწილაკებად) და გარემოში გამოყოფენ ქიმიურ ნივთიერებებს, რომლებიც დამატებული იყო მათი წარმოების პროცესში. იგი შეიძლება იყოს ქლორი, სხვადასხვა ქიმიკატი აალების საწინააღმდეგო ტოქსიკური ან კანცეროგენური რეაგენტების სახით და სხვ. ეს ქიმიური ნივთიერებები ხვდებიან გრუნტის წყლებში, რომლის მომხმარებელმა (ადამიანი, ცხოველი, ფრინველი) შესაძლებელია მიიღოს სერიოზული ორგანული დაზიანებები თვით ფატალურ შედეგებამდე კი.

გარდა ამისა, ე.წ. ბიოგახრწნადი პლასტიკი დაშლისას გამოყოფს მეთანს, რომელიც წარმოადგენს „სასათბურე ეფექტის“ შემადგენელ ძლიერმოქმედ აირს და რომელსაც დიდი წვლილი შეაქვს გლობალური დათბობის კონცეფციაში [38].

თუ ნარჩენები ხვდება სპეციალურ საინჟინრო ნაგებობაზე – პოლიგონზე, მაშინ იგი არავითარ საშიშროებას გარემოსთვის არ წარმოადგენს, რადგან იქ შექმნილია დაბინძურების საწინააღმდეგო დამცავი სისტემა.

გარემოსთვის ყველაზე დიდი საშიშროება მოაქვს პლასტიკს, რომელსაც ადამიანი შეუგნებლად ტოვებს ნაგვისათვის გაუთვალისწინებელ ადგილებზე (ქუჩა, გზა, ტყე, მდელი, მდინარის ან ზღვის ნაპირი და ა.შ.).

ველური ბუნების მსოფლიო ფონდის (WWF) მონაცემებით [39] მსოფლიო ოკეანეში ყოველწლიურად ხვდება 5-დან 12 მილიონამდე ტონა პლასტმასის ნარჩენი, ხოლო დაგროვილი ნარჩენების საელტო რაოდენობა დაახლოებით 165-170 მილიონი ტონაა. მარტო ოკეანეების ზედაპირზე დაცურავს 300 ათას ტონამდე პლასტმასის ნარჩენი, რომელიც თევზების გარდა დიდ საშიშროებას უქმნის ზღვის ფრინველებსაც. ზოგადად, კი ამჟამად ხმელეთსა და წყალში არსებული პლასტმასის ნარჩენების საერთო რაოდენობა 5 ტრილიონ ტონას აჭარბებს.

გარემოს დაბინძურებაში დიდი როლი აქვს ბეტონსა და რკინაბეტონს. ლიტერატურული მონაცემებით ბეტონი ატმოსფეროში გამოყოფს დედამიწაზე გამოყოფილი ნახშირორჟანგის 8%-ს და მისი მოხმარების შემცირება არქიტექტორების, მსენებლებისა და ეკოლოგების ზრუნვის საგანია [40].

ზემოთმოყვანილი ფაქტების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მთელი მსოფლიოს გადაუდებელი ამოცანაა როგორმე შეამციროს გარემოს დაბინძურების მაჩვენებლები და დროულად ავიცილოთ ეკოლოგიური კატასტროფა, რომელიც ასე ემუქრება კაცობრიობას. ამის მიღწევის ორი გზა არსებობს: პირველი, საერთოდ შეწყდეს ისეთი პლასტმასის ნაკეთობების წარმოება, რომლებიც ყოფაცხოვრებაში გამოიყენება პარკების, ჭურჭლის, ტომტების, ტევადობების და ა.შ. სახით და მეორე, მოიძებნოს გზები ამ ნაკეთობების გასაუვნებელსაყოფად.

სპეციალისტები გვთავაზობენ პლასტმასის ნარჩენების უტილიზაციის სამ ძირითად მიმართულებას: დამარხვა პოლიგონებზე, დაწვა და გადამუშავება მეორადი (მრავალჯერადი) გამოყენების მიზნით. პირველი

მიმართულება სრულად იცავს გარემოს დაბინძურებისგან, მაგრამ ეკონომიკური თვალსაზრისით არაეკონომიურია, თუმცა ცივილიზაციის თანამედროვე ეტაპზე საკმაოდ მიღებული მეთოდია. დაწვის მეთოდი უკეთეს შედეგს იძლევა პირველ მიმართულების მიმართ, არ საჭიროებს დიდ ფართობებსა და ნაგებობს, წვის სითბოს გამოყენება შესაძლებელია იაფი ელექტროენერჯის მისაღებად, მაგრამ დიდი ნაკლი აქვს იმის გამო, რომ წვის პროცესში გარემოში გამოიყოფა მომწამლავი აირები და შესაბამისად ტექნოლოგიაც ჭუჭყიანია. რაც შეეხება მესამე მიმართულებას, სპეციალისტების აზრით, იგი უფრო მისაღებია ეკოლოგიურობისა და უტილიზაციის ეფექტურობის თვალსაზრისით.

პრობლემის გაჭრისათვის აუცილებელია ამა თუ იმ ქვეყნის მასშტაბით გააქტიურდეს ინერტული ნარჩენების მდგრადი მართვა და მას მიეცეს სახელმწიფოებრივი დატვირთვა.

3.4.5. ინერტული ნარჩენების მდგრადი მართვის საკითხები

საქართველოს პარლამენტის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების კომიტეტმა 2021 წლის 23 სექტემბრის, 2022 წლის 19 აპრილის და 2022 წლის 9 დეკემბრის სხდომებზე განიხილა „ინერტული ნარჩენების მდგრადი მართვის“ თემატური მოკვლევის საკითხი.

საქართველოს პარლამენტის თხოვნით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თანამშრომელთა ერთმა ჯგუფმა შეისწავლა ეს საკითხი და პროფესორმა თამაზ ხმელიძემ (ჩემი სადოქტორო დისერტაციის ხელმძღვანელი) გააკეთა მოხსენება, რომელიც ეხებოდა აღნიშნულ საკითხებს.

კომიტეტის სხდომაზე წერილობით წარმოდგენილი დასაბუთებული მოსაზრებების, სახელმწიფო უწყებების მიერ წარმოდგენილი პოზიციების შესწავლის შემდეგ, გაიმართა საკითხის ზეპირი მოსმენები დასაბუთებული მოსაზრებების ავტორებთან და სახელმწიფო უწყებების წარმომადგენლებთან.

უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენმა შრომამ შედეგი გამოიღო. კომიტეტმა დაამტკიცა ტექნიკური რეგლამენტი 8 რეკომენდაციის სახით, რომელშიც შეტანილი იყო ჩვენი ჯგუფის მიერ მიწოდებული მოსაზრებები. კერძოდ, რეგლამენტის მე-5 და მე-8 რეკომენდაციები [იხ. : საქართველოს პარლამენტის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების კომიტეტის სხდომის ოქმი N41. 2022 წლის 19 აპრილი, 16:30 საათი, საქართველოს პარლამენტი, პირველი რესპუბლიკის დარბაზი (C კორპუსი, III სართული)].

რეკომენდაცია 5: ინერტული ნარჩენების ხელმეორედ გამოყენების ხელშეწყობისათვის გადაიხედოს ბეტონის წარმოებაში მოქმედი „გოსტ სტანდარტი“ და ტექნიკური შესაძლებლობებიდან და მოთხოვნებიდან გამომდინარე შემუშავდეს ევროპულ გამოცდილებასა და პრაქტიკაზე დაფუძნებული ახალი სტანდარტი, რომელიც შესაძლებელს გახდის ბეტონის წარმოებაში მეორადი ნედლეულის გამოყენებას. აღნიშნულ სტანდარტზე მუშაობისას შესწავლილ იქნას სხვა ქვეყნების, მათ შორის ჩეხეთის რესპუბლიკის გამოცდილება და საუკეთესო პრაქტიკაზე დაყრდნობით შემუშავდეს შესაბამისი ნორმები.

შესრულებაზე პასუხისმგებელი უწყება: საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტრო

განხორციელების პერიოდი: 2023 წლის სექტემბერი - 2025 წლის 31 დეკემბერი.

რეკომენდაცია 8: ინერტული ნარჩენების მართვასთან დაკავშირებული კანონმდებლობის სრულყოფამდე თვითმართველმა ქალაქებში გაუმჯობესდეს და დახვეწოს არსებული (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) ინერტული ნარჩენების შეგროვების, ტრანსპორტირებისა და განთავსების სერვისი და გამკაცრდეს კონტროლი ინერტული ნარჩენების უკანონო განთავსებაზე.

შესრულებაზე პასუხისმგებელი უწყება: თვითმართველი ქალაქების - თბილისის, რუსთავის, ქუთაისის, ფოთისა და ბათუმის მუნიციპალიტეტები; საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის

მეურნეობის სამინისტრო (მხოლოდ უკანონო განთავსების კონტროლის ნაწილში). **განხორციელების პერიოდი:** 2022 წლის სექტემბერი - 2023 წლის 31 დეკემბერი.

როგორც ვხედავთ, საქართველოს მთავრობა და პარლამენტი საგნობრივად დაინტერესებული სამშენებლო სექტორში (ბეტონის კონსტრუქციებში) დაინერგოს სიღრუეებიანი სადებების (კობიაქსის) გამოყენების მიმართულება, რისთვისაც, ჩვენის აზრით, საჭირო იქნება სამეცნიერო კვლევების გააქტიურება და პრობლემის გადაჭრაში პლასტმასებისა და კომპოზიტების მწარმოებელი ფირმებისა და ორგანიზაციების ქმედითი ჩართვა.

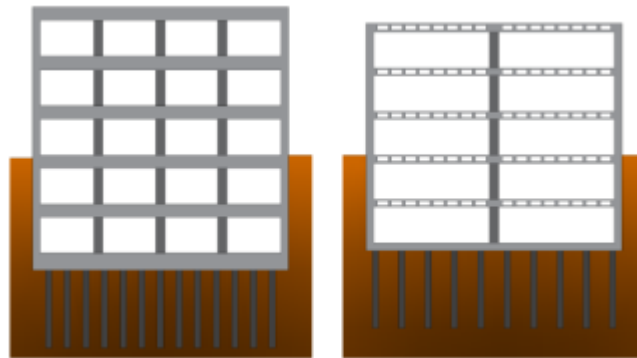
3.5. რკინაბეტონის შემსუბუქებული სართულშუა მონოლითური გადახურვის გამოყენების ეფექტურობა

სამშენებლო კონსტრუქციების მოწყობა წარმოადგენს მშენებლობის სასიცოცხლო ციკლის მნიშვნელოვან და აუცილებელ ეტაპს. სწორედ ამ ეტაპზე ხდება საპროექტო გადაწყვეტებისა და შენობის კონსტრუქციული ელემენტების საიმედოობის ფაქტიური პარამეტრების ფორმირება. მშენებლობის თანამედროვე ეტაპზე აქტუარული ამოცანაა კონსტრუქციების მასალატევადობის შემცირება ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტებისა და მასალების რაციონალური გამოყენების გზით. განვიხილოთ რკინაბეტონის მონოლითური გადახურვის ფილის მასის შემცირების ერთ-ერთი მიმართულება - სიცარიელეწარმომქმნელი სადებების გამოყენება. განვიხილოთ ამ მიმართულების შედარებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი.

მონოლითური სართულშუა გადახურვები ბოლო ათწლეულებია ფართოდ გავრცელდა სხვადასხვა ფუნქციონალური დანიშნულებისა და პაუხისმგებლობის დონის შენობებში, განსაკუთრებით კი მაღლივში. მონოლითური გადახურვის უპირატესობა ასაწყობის მიმართ უდაოა მაღლივ შენობებში მათი უნიკალურობის გათვალისწინებით, რადგან მათში განიხილება კონსტრუქციული გადაწყვეტებისა და სამშენებლო სივრცის რთული ფორმატი.

რკინაბეტონის კონსტრუქციების ოპტიმალურობის კრიტერიუმად, რომელიც გავლენას ახდენს საპროექტო გადაწყვეტაზე, უმეტესად შეირჩევა კონსტრუქციის წონა, რომელიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მშენებლობის დაყვანილ ღირებულებაზე. მეორე კრიტერიუმად განიხილება არმატურის ხარჯის შემცირება.

წონის შემცირებას თან ახლავს ფილის ჩაღუნვების შემცირება, რაც განაპირობებს შენობის კონსტრუქციული სქემის ოპტიმიზაციას. სურ. 79-ზე მოცემულია შენობის კონსტრუქციული სქემის ოპტიმიზაცია შემსუბუქებული სართულშუა მრავალსივარტელებიანი გადახურვის ფილების გამოყენებით.



სურ. 79. შენობის კონსტრუქციული სქემის ოპტიმიზაცია

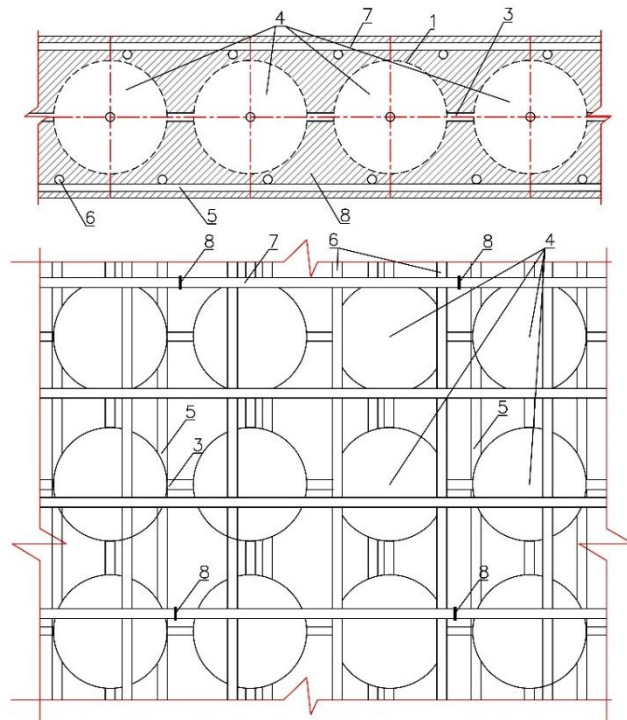
მრავალსივარტელებიანი ურიგელო გადახურვის მონოლითური ფილის კონსტრუქციული სქემა მოცემულია ნახ. 22-ზე.

გადახურვა მზიდი კონსტრუქციაა და ერთდრულად წარმოადგენს დიაფრაგმას, რომელიც განივი მიმართულებით შენობას აძლევს საჭირო სიხისტესა და მდგრადობას.

მონოლითური სივარტელებიანი ფილის ძირეული განსხვავება ასაწყობი ფილისაგან ისაა, რომ იგი მუშაობს ორივე მიმართულებით (ასაწყობი გაიანგარიშება, როგორც მოკლე გვერდებით დაყრდნობილი ერთმანაკონი კოჭი).

მონოლითურის გაანგარიშებისას მისი კვეთის დაყვანილ ეკვივალენტური ორტესებრი განივკვეთის კოჭზე მიიღება მიახლოებითი მნიშვნე-

ლობები, რადგან მხედველობაში არ მიიღება კონსტრუქციის სივრცითი მუშაობა და ღუნვითი ელემენტების უჯრალობა. სიცარიელებიანი მონოლითური ფილა როგორც ცალკე კონსტრუქციული ელემენტი არ გაანგარიშდება, არამედ იგი ჩართულია შენობის საანგარიშო მოდელის ერთიან სისტემაში, რომლის კომპიუტერული საანგარიშო პროგრამა იყენებს სასრულო სხვაობების მეთოდს. ეს მეთოდი კი ითვალისწინებს სხვადასხვა ფაქტორების გავლენას კონსტრუქციის მუშაობაზე, რისი გათვალისწინება რთულია ხელით გაანგარიშებების დროს, მაგალითად, ღიობები ფილაში, ვერტიკალური მზიდი ელემენტების არარეგულარული განლაგება ფილაზე და სხვ.



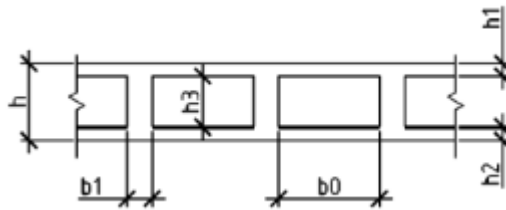
ნახ. 22. მრავალსიცარიელებიანი მონოლითური ფილის ფრაგმენტი: 1- სიცარიელეწარმომქმნელი სადებები; 2-ფილა; 3-ფიქსატორები; 4- სიცარიელები; 5-არმატურის ქვედა ბადე; 6. არმატურის ღეროები; 7- არმატურის ზედა ბადე; 8-ცალულები

გასათვალისწინებელია ისიც, რომ სვეტებთან და კედლებთან ფილის შეერთების უბნებზე და იმ უწყვეტ ფართობებზე სადაც მოქმედებს მუდმივი

და ხანგრძლივი დროებითი დატვირთვები, სადებები არ ეწყობა, რადგან შემსუბუქებული კვეთი საკმარისი არ არის ჩაჭყლეთის და განივი ძალების მისაღებად (სიმტკიცის უზრუნველსაყოფად).

მრავალსივრულიანი მონოლითური ფილის გეომეტრიული ზომებიდან მნიშვნელოვან მახასიათებლებს შეადგენს (ნახ. 23):

1. გადახურვის საერთო სიმაღლე h , მმ;
2. ზედა თაროს სისქე h_1 , მმ;
3. ქვედა თაროს სისქე h_2 , მმ;
4. სივრულის სიმაღლე (წიბის სიმაღლე) h_3 , მმ;
5. წიბოს სიგანე b_1 , მმ;
6. სადების სიგანე (მანძილი წიბოებს შორის) b_0 , მმ.



ნახ. 23. ფილის კვეთის გეომეტრიული ზომები (გრამენტი)

თაროების სისქე ინიშნება კონსტრუქციის მუშაობისა და არმატურის განთავსების პირობების მიხედვით. მოქმედი სამშენებლო ნორმების მიხედვით [12] ბეტონის დამცავი შრის მინიმალური სისქეა 20 მმ. მინიმალური არმატურის დიამეტრი - 6 მმ. თაროს მინიმალური სისქე - 52 მმ.

დიდი ძალებისა და დატვირთვების მოქმედებისას არმატურის დიამეტრი ϕ საკმარისი არ არის ფილის სიმტკიცის პირობის დასაკმაყოფილებლად, ამიტომ რეკომენდებულია თაროს სიქე დავნიშნოთ 60 მმ და მეტი. გარდა ამისა, საჭირო ცეცხლმედეგობის უზრუნველსაყოფად, ბეტონის დამცავი შრის სისქესაც ზრდიან 35 მმ-მდე.

წიბოების სისქე აიღება არმატურის კარკასების განთავსების პირობიდან რომელიც საჭიროა განივი ძალების მისაღებად. ეს კარკასები

ერთდროულად ასრულებენ ედა ბადის ფიქსატორის ფუნქციას. წიბოების ფორმა უნჯობესია ავილოთ მომრგვალებული, რათა არ მოხდეს ადგილობრივი ძაბვების კონცენტრაცია თაროსა და წიბოების შეერთების ადგილებში. სადებების ფორმა კი უმჯობესია ავილოთ სფერული, ცილინდრული ან ელფესური ფორმის.

ფილის რეკომენდებული სისქეა 20-50 სმ, ბეტონის კლასი კი მინიმუმ B25. სადებების განლაგება არ ხდება სვეტებისა და საყრდენი კედლების მიმდებარე უბნებზე, სადაც მაქსიმალური განივი ძალების მოქმედების ზონებში მოსალოდნელია ბეტონის რღვევა (ჩაჭყლეტა). ამიტომ ამ ზონებს ტოვებენ არა მარტო მთლიანკვეთიან მონოლითურს, არამედ მიმართავენ მის გაძლიერებას სხვადასხვა კონსტრუქციული ღონისძიებებით.

3.5.1. მონოლითური და სიცარიელებიანი გადახურვის ფილების თეორიულ-პრაქტიკული კვლევები

არსებული ლიტერატურული მონაცემების, სადებების მწარმოებელი ფირმებისა და ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზის საფუძველზე მოვახდინეთ მონოლითური სიცარიელებიანი ფილების გეომეტრიული ზომების შეჯერება, რომელიც წარმოდგენილია ცხრილის სახით (ცხრ. 9)

ცხრილი 9

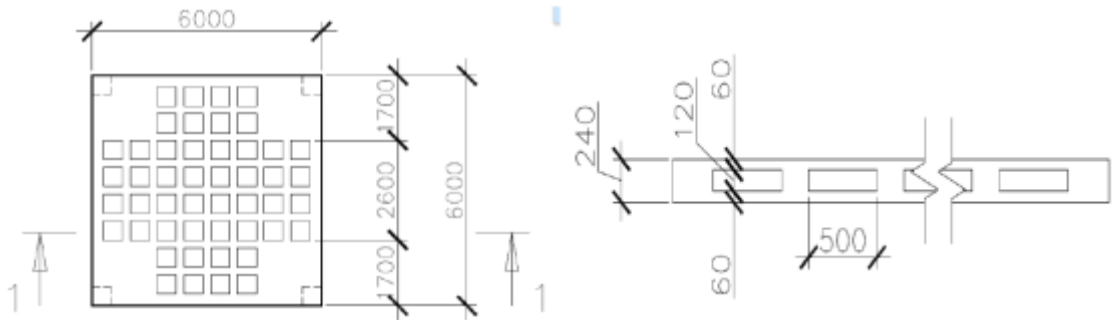
შემსუბუქებული მონოლითური ფილის რეკომენდებული გეომეტრიული ზომები

დასახელება	ფილის სისქის ფარდობა მალთან, h/L	$\frac{h_1}{L}$	$\frac{h_2}{L}$	$\frac{h_3}{L}$	სადების სიგრძე, b ₀ , სმ,	წიბოს სისქე, b ₁ , სმ
Bubble Deck	0,035	0,0065	0,0065	0,027	18-54	3,0-5,0
Cobiasx						
S-100	0,033	0,005	0,005	0,17	15,5	3,0-4,0
S-140	0,042	0,0053	0,0053	0,023	20,5	3,0-4,0
S-180	0,050	0,0059	0,0059	0,03	25,5	3,0-4,0
S-260	0,067	0,0067	0,0067	0,066	31,5	3,0-4,0
U-boot Beton	0,0375	0,006	0,006	0,025	52	3,5-4,0
Geo Ket	0,033	0,058	0,058	0,17	30	3,0-4,0

GEO Tam φ110	0,033	0,056	0,056	0,183	30,0-60,0	3,0-4,0

შემსუბუქებული ფილების დაპროექტებისას საანგარიშო განივკვეთების გეომეტრიული ზომების დადგენისას აუცილებელია გათვალისწინებული იყოს სამშენებლო პროცესის ტექნოლოგიური განსაკუთრებულებები. უმეტეს შემთხვევაში, სიცარიელის ზომები, წიბოების განლაგების ბიჯი, ფორმა და სისქე დამოკიდებულია სიცარიელეწარმოქმნელი სადებების ფორმასა და ზომებზე.

მოვახდინეთ შემსუბუქებული და მონოლითური ფილების შედარებითი ანალიზი. კვადრატული გეგმის უჯრედი გვერდის ზომით ორივე მიმართულებით 6-10 მ. ბეტონი კლასით B25, არმატურა კლასით A400 (ნახ. 24).



ნახ. 24. გადახურვის ფილის სქემა 6x6 მ

განსახილველი შემსუბუქებული ფილის გეომეტრიული, ასევე სიხისტისა და საკუთარი წონის კლების მახასიათებლები მოცემულია ცხრ. 10-ში.

შემსუბუქებული ფილის გეომეტრიული მახასიათებლები

მალი	სისქე	თაროს სისქე	სიცარიელის სიმაღლე	სიცარიელის სიგანე	წიბოს სიგანე	ინერც. მომენტის კლება	საკუთ. წონის კლება
L, მ	h, მ	$h_1 = h_2, მ$	$h_3, მ$	$b_0, მ$	$b_1, მ$	$a_1, \%$	$a_p, \%$
6,0	0,24	0,06	0,12	0,5	0,2	0,09	0,278
7,0	0,28	0,06	0,16	0,5	0,2	0,13	0,317
8,0	0,32	0,06	0,2	0,5	0,2	0,17	0,347
9,0	0,35	0,06	0,23	0,5	0,2	0,20	0,365
10,0	0,39	0,065	0,26	0,5	0,2	0,21	0,370

გადახურვის ფილის მოდელირება მოხდა სიხისტისა და წონის კლების არსებული მეთოდის გამოყენებით [68]. დატვირთვა გადახურვაზე ავიღეთ $q=4$ კპა (400 კგ/მ^2), რომელიც დამახასიათებელია საცხოვრებელი და ადმინისტრაციული შენობებისათვის [12,16,19].

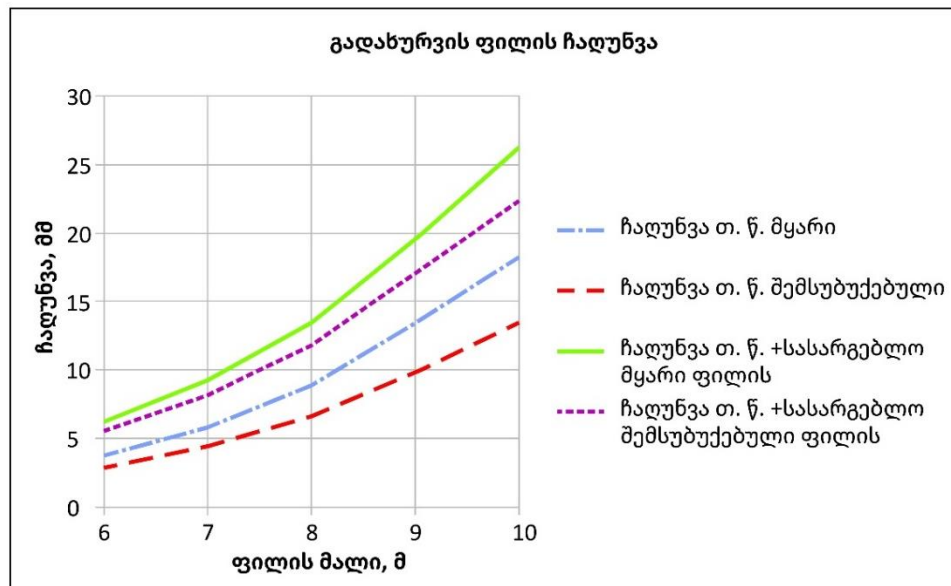
ჩატარებული რიცხვითი ექსპერიმენტის საფუძველზე მიღებულ იქნა მონაცემები, რაც ადასტურებს შემსუბუქებული გადახურვების ეფექტურობას (ცხრ. 11).

მთლიანკვეთიანი და შემსუბუქებული ფილების მოდელირების შედეგები

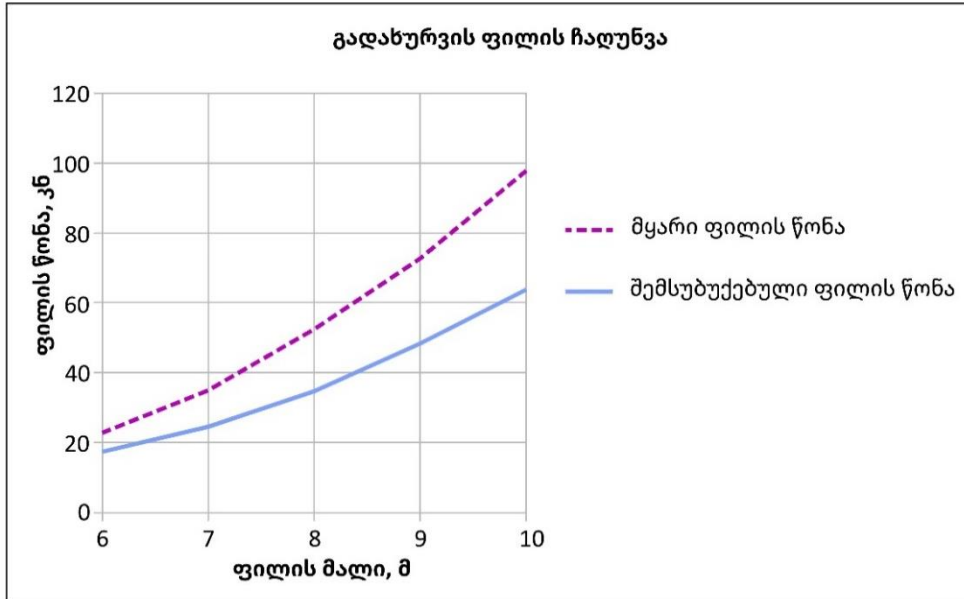
მალი L	წონა	ΔP	ჩალუნვა ს.წ., f	Δf	ჩალუნვა ს.წ.+ სასარგ. f	Δf	მიღებულ ი Φ (ბიჯი 200)	არმატურის ხარჯი ფილაზე	ΔM
მ	კნ	კნ	მმ	მმ	მმ	მმ	მმ	ტ	ტ
6	22,68	4,68	3,72	0,81	6,12	0,67	12	0,639	0,195
	18		2,91		5,45		10	0,444	
7	34,28	8,84	5,77	1,40	9,13	1,10	14	1,184	0,314
	25,44		4,37		8,03		12	0,870	
8	51,2	15,42	8,74	2,26	13,2	1,70	16	2,019	0,473
	35,78		6,48		11,5		14	1,546	
9	70,8	22,8	13,1	3,43	19,2	2,50	20	3,993	1,437
	48		9,67		16,7		16	2,556	
10	97,6	33,2	17,9	4,70	25,5	3,70	20	4,930	0,937
	64,4		13,2		21,8		18	3,993	

ჩატარებული ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ გადახურვის ფილის მალისგან დამოუკიდებლად, ეფექტი წონის შემცირებისგან მეტია კვეთის სიხისტის შემცირების ეფექტის მიმართ. ჯამური ჩალუნვა შემსუბუქებული ფილისთვის საკუთარი წონისგან გამოვიდა 14%-ით, ხოლო საკუთარი წონისა და სასარგებლო დატვირთვებისგან ერთდროულად 11,5%-ით ნაკლები მონოლითური ფილის მიმართ (ნახ. 25).

ფილების წონის შემსუბუქების ეფექტი სიცარიელებიანი სადებების გამოყენებით მით მეტია, რაც უფრო სქელია ფილა და იცვლება ზღვრებში 22-35% (ნახ. 26).



ნახ. 25. გადახურვის ფილების ჩალუნვები



ნახ. 26. გადახურვის ფილის წონების შედარება

წარმოდგენილი მასალის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ფილის მალის მატებით, მრავალსივარტეობიანი მონოლითური ფილის ეფექტურობის დამახასიათებელი მაჩვენებლები (ბეტონის ხარჯის შემცირების პროცენტი, საარმატურე ფოლადის შემცირების პროცენტი, კონსტრუქციის ჩალუნვა) იზრდება, რაც გვაძლევს უფლებას დავასკვნათ, რომ მალის გაზრდა იწვევს შემსუბუქებული მონოლითური გადახურვის გამოყენების მიზანშეწონილობას.

ამრიგად, შემსუბუქებული სართულშუა გადახურვების გამოყენება შენობებსა და ნაგებობებში წარმოადგენს პერსპექტიულ ტექნოლოგიას, რომელსაც შეუძლია შეამციროს დანახარჯები არა მარტო მშენებლობაზე, არამედ ექსპლუატაციაზეც.

III თავის დასკვნები

1. პოლიპროპილენის 2 ლ ტევადობის ბოთლების თანაბარგანაწილებული გრძივი დატვირთვით გამოცდის შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ ცდების შედეგები ექვემდებარება ნორმალური განაწილების კანონს, გაბნევის ხარისხი უმნიშვნელოა და ცდების შედეგების ერთობლიობა ითვლება

ერთგვაროვნად. პირობითი მრღვევი დატვირთვის სიდიდემ შეადგინა 5,0 კგ/სმ². რეალურად გამოცდების მიმდინარეობის პროცესში არცერთი ბოთლის მთლიანობა არ დარღვეულა.

2. ბეტონის მასივში მოთავსებული ბოთლი შიდა ჭარბი წნევით (2 ატმ.) ინარჩუნებს გეომეტრიულ ფორმას ბეტონის სრულ გამყარებამდე. 28 დღის გასვლის შემდეგ ბოთლში წნევა ეცემა მინიმალურ ნიშნულამდე.

3. ბეტონის მასივში მოთავსებული თავსახურიანი ბოთლი შიდა ჭარბი წნევის გარეშე დაბეტონების პროცესში იცვლის თავის გეომეტრიულ ფორმას.

4. ფილაში სადებებად დახუფულთავებიანი პვე საკანალიზაციო მილის გადანაჭრების გამოყენება პერსპექტიული მიმართულებაა. ზედაპირი უძლებს დატვირთვას 16 კგ/სმ²-მდე. ფილის სისქეზე დამოკიდებულებით (200-დან 400 მმ-მდე) ბეტონის ხარჯი ერთ. კვ. მეტრზე მცირდება 0,047-დან 0,16 მ³-მდე.

5. შეიქმნა კომპიუტერული პროგრამა სართულშუა გადახურვების (ასევე მთლიანად შენობის) გასაანგარიშებლად, სადაც ფილის წონის შესამსუბუქებლად გამოყენებულია პლასტმასის მილის გადანაჭრები. პროგრამა მუშაობს გამართულად და ხელმისაწვდომია ნებისმიერი მომხმარებლისთვის.

6. შემსუბუქებული სართულშუა გადახურვების გამოყენება შენობებსა და ნაგებობებში წარმოადგენს პერსპექტიულ ტექნოლოგიას, რომელსაც შეუძლია შეამციროს დანახარჯები არა მარტო მშენებლობაზე, არამედ ექსპლუატაციაზეც.

7. საქართველოს პარლამენტმა გამოხატა საგნობრივი დაინტერესება, რათა ბეტონების წარმოებაში (ბეტონის კონსტრუქციებში) დაინერგოს პლასტმასის მეორადი ნარჩენების გამოყენება (მათ შორის მოიაზრება სიცარიელებიანი სადებებიც), რისთვისაც საჭირო იქნება სამეცნიერო კვლევების გააქტიურება

და პრობლემის გადაჭრაში პლასტმასებისა და კომპოზიტების მწარმოებელი ფირმებისა და ორგანიზაციების ქმედითი ჩართვა (საქართველოს პარლამენტის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების კომიტეტის სხდომის ოქმი N41. 2022 წლის 19 აპრილი, 16:30 საათი, საქართველოს პარლამენტი, პირველი რესპუბლიკის დარბაზი).

8. წარმოდგენილი კვლევითი და საპროექტო მასალის შედარებითი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ფილის მალის მატებით, მრავალსივრცელებიანი მონოლითური ფილის ეფექტურობის დამახასიათებელი მაჩვენებლები (ბეტონის ხარჯის შემცირების პროცენტი, საარმატურე ფოლადის შემცირების პროცენტი, კონსტრუქციის ჩალუნვა) იზრდება, რაც გვაძლევს უფლებას დავასკვნათ, რომ მალის გაზრდა იწვევს შემსუბუქებული მონოლითური გადახურვის გამოყენების მიზანშეწონილობას.

9. დადგინდა, რომ შემსუბუქებული გადახურვის ფილის ჩალუნვა ნორმის ფარგლებშია, თუმცა მეტია მონოლითური ფილის მიმართ. რაც შეეხება ფილის მასას, იგი პროპორციულად მცირდება მალის ზრდასთან ერთად.

დასკვნა

1. საქართველოს პარლამენტმა გამოხატა საგნობრივი დაინტერესება, რათა ბეტონების წარმოებაში (ბეტონის კონსტრუქციებში) დაინერგოს პლასტმასის მეორადი ნარჩენების გამოყენება (მათ შორის მოიაზრება სიცარიელებიანი სადებებიც), რისთვისაც საჭირო იქნება სამეცნიერო კვლევების გააქტიურება და პრობლემის გადაჭრაში პლასტმასებისა და კომპოზიტების მწარმოებელი ფირმებისა და ორგანიზაციების ემედიით ჩართვა (საქართველოს პარლამენტის გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების კომიტეტის სხდომის ოქმი N41. 2022 წლის 19 აპრილი, 16:30 საათი, საქართველოს პარლამენტი, პირველი რესპუბლიკის დარბაზი).

2. ექსპერიმენტალური კვლევების ჩატარების შედეგების ანალიზის საფუძველზე შემოთავაზებულია სართულშუა მონოლითურ გადახურვებში, ასევე სპორტული და საბავშვო მოედნების, საბაღე ბილიკების, საგზაო ტროტუარების, ფარდულებისა და სავაჭრო ობიექტების, საწარმოების, საგამოფენო დარბაზების, პავილონებისა და მისთ. იატაკების მონოლითურ რკინაბეტონის ფილებში საყოფაცხოვრებო ნარჩენების, კერძოდ, ნიჰელის თავსახურიანი პოლიპროპილენის ბოთლების გამოყენება, შიდა ჭარბი წნევით 1,8-2,0 ატმ. შესაძლებელია ბოთლების ნაცვლად ორმხრივად დახუფული პლასტმასის საკანალიზაციო მილების (დიამეტრი 100-200 მმ) ნარჩენების (სიგრძით 300-600 მმ) გამოყენებაც.

3. მეორადი პლასტმასის ბოთლების (GEO Ket) გამოყენება მონოლითურ გადახურვებში ამცირებს ბეტონის ხარჯს 22%-ით.

4. პოლიპროპილენის 2 ლ ტევადობის ბოთლების (GEO Ket) თანაბარგანაწილებული გრძივი დატვირთვით გამოცდის შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ ცდების შედეგები ექვემდებარება ნორმალური განაწილების კანონს, გაბნევის ხარისხი უმნიშვნელოა და ცდების შედეგების ერთობლიობა ერთგვაროვანია. პირობითი მრღვევი დატვირთვის სიდიდემ შეადგინა 5,0 კგ/სმ². რეალურად

გამოცდების მიმდინარეობის პროცესში არცერთი ბოთლის მთლიანობა არ დარღვეულა.

5. რეკომენდებულია მაღლივი შენობების სართულშუა გადახურვებში პლასტმასის საკანალიზაციო მილის ნარჩენების (GEO Tam) გამოყენება, რაც მონოლითურ გადახურვებში ამცირებს ბეტონის ხარჯს 34%-ით. ფილის სისქეზე დამოკიდებულებით (200-დან 400 მმ-მდე) ბეტონის ხარჯი ერთ. კვ. მეტრზე მცირდება 0,047-დან 0,16 მ³-მდე.

6. შეიქმნა კომპიუტერული პროგრამა სართულშუა გადახურვების (ასევე მთლიანად შენობის) გასაანგარიშებლად, სადაც ფილის წონის შესამსუბუქებლად გამოყენებულია პლასტმასის მილის გადანაჭრები (GEO Tam). საანგარიშო მოდელში გამოყენებულია ეკვივალენტური სიხისტეები და ეკვივალენტური მოცულობითი წონები, ხოლო ფილების დამოდელირება მოხდა ბრტყელი სასრული ელემენტებით. პროგრამა მუშაობს გამართულად და ხელმისაწვდომია ნებისმიერი მომხმარებლისთვის.

7. მოხდა შემსუბუქებული და მონოლითური ფილების თეორიულ-ექსპერიმენტალური შედარებითი ანალიზი სიხისტისა და საკუთარი წონის კლების მახასიათებლების გათვალისწინებით. დადგინდა, რომ ეფექტი წონის შემცირებისგან მეტია კვეთის სიხისტის შემცირების ეფექტის მიმართ. ჯამური ჩაღუნვა შემსუბუქებული ფილისთვის საკუთარი წონისგან გამოვიდა 14%-ით, ხოლო საკუთარი წონისა და სასარგებლო დატვირთვებისგან ერთდროულად 11,5%-ით ნაკლები მონოლითური ფილის მიმართ.

8. სხვადასხვა ტიპის, სართულიანობის, კონფიგურაციის მქონე რეალური (მშენებლობისა და დაპროექტების პროცესში მყოფი) შენობების გაანგარიშებამ კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით („Лира Санр 2017“ და „Лира-САПР 2013“, ვერსია R3) აჩვენა, რომ სიცარიელეებიანი სადებების (კობიაქსი) გამოყენებით გადახურვებში შენობის მზიდუნარიანობა არ მცირდება, პირიქით, მცირდება ბეტონის ხარჯი 20-

25%-ით (ზოგჯერ მეტადაც), შენობის საერთო მასა, დატვირთვები საძირკვლებზე და იზრდება შენობის სეისმომდგრადობა და გადახურვების თბო და ბგერასაიზოლაციო მახასიათებლები.

9. კობიაქსის ბურთულის დიამეტრი, პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს გადახურვებში ბეტონის ხარჯის შემცირების პროცენტზე.

10. კობიაქსის სისტემების გამოყენების ეფექტურობა იზრდება შენობის სართულიანობის ზრდის პროპორციულად და მაღლივ საცხოვრებელ შენობებში შეადგენს 10-15%.

11. როგორც ბათუმის ობიექტის სახარჯთაღრიცხვო დოკუმენტაციისა და რეალურ მშენებლობაზე დახარჯული მასალების ანალიზმა აჩვენა, რომ კობიაქსის სადებების გამოყენებამ ობიექტზე 33%-ით შეამცირა ბეტონის ხარჯი, მაგრამ მთლიანი შენობის ღირებულება არ შემცირებულა, რაც გამოიწვია ქართულ სამშენებლო ბაზარზე ამ სადებების ძალიან მაღალმა ფასმა (ერთი ცალის ღირებულება საქმეში 25-30 ლ).

12. არ არის რეკომენდებული სიცარიელებიანი სადებების გამოყენება მაღალი პასუხისმგებლობის მქონე შენობებში, წინასწარ დამაბულ კონსტრუქციებში, აგრეთვე მსუბუქ, დაფოროვნებულ და საშუალო სიმკვრივის ბეტონებში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. თ. ხმელიძე, გ. ყიფიანი. კომპოზიტური კონსტრუქციები. სტუ, ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 2022. -458 გვ. ISBN 978-9941-491-82-2.
2. თ. ხმელიძე. ხისა და პლასტმასის სამშენებლო კონსტრუქციები. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი, 2008. -210 გვ. ISBN 978-9941-14-136-2.
3. გ. აბაშიძე, თ. ხმელიძე, რ. მახვილაძე. რეკომენდაციები შენობებისა და ნაგებობების სახანძრო უსაფრთხოების შესახებ. თბილისი, 2011. - 52 გვ. ISBN 978-9941-14-887-3.
4. თ. ხმელიძე, ა. სოხაძე. ხისა და პლასტმასის სამშენებლო კონსტრუქციები. სახელმძღვანელო სტუდენტი-მაგისტრანტებისათვის. თბილისი, 2005. -380 გვ. ISBN 99940-48-21-X.
5. თ. ხმელიძე, დ. გურგენიძე, ლ. კლიმიაშვილი, კ. ხმელიძე. სამშენებლო ენციკლოპედიური ლექსიკონი/პროფესორების დავით გურგენიძისა და თამაზ ხმელიძის საერთო რედაქციით. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. საქართველოს პარლამენტის ეროვნული ბიბლიოთეკა. ონლაინვერსია. თბილისი, 2021. - I-V ტომი. ISBN 978-9941-28-496-0.
6. თ. ხმელიძე, ა. სოხაძე, ა. გუგუციძე, ლ. ფურცხვანიძე, გ. გუგუციძე. ხისა და პლასტმასის სამშენებლო კონსტრუქციების პრაქტიკუმი. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი, 2007. -97 გვ. ISBN 978.99940-956-1-2.
7. თ. ხმელიძე. ხის და სინთეზური მასალების კონსტრუქციები /მეთოდური მითითებები საკურსო პროექტის შესასრულებლად. სპი, თბილისი, 1988. - 73 გვ.
8. გ. ჯაფარიძე, ო. ჩაკვეტაძე. სამშენებლო კონსტრუქციები. გამომცემლობა „საჩინო“. თბილისი, 2017. -432 გვ. ISBN 978-9941-0-9670-9.
9. ლ. კახიანი, ლ. ავალიშვილი, ლ. ბალანჩივაძე. რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტება ევრონორმების მიხედვით. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბილისი, 2016. -226 გვ.
10. პნ 01.05-08. დაპროექტების ნორმები - სამშენებლო კლიმატოლოგია. თბილისი, 2008.
11. ს ნდა წ 01.01.09. სეისმომედეგი მშენებლობა.
12. სნ და წ 03.01-09. ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები (პნ 03.01-09).
13. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-8114.
14. EN 1992-1-1:2004, Eurocode 2 - Design of Concrete Structures. Part 1: General rules and rules, CEN, 2004. 65.

15. СНИП II-23-81. Нормы проектирования. Стальные конструкции. – М.: Стройиздат, 1998. – 96 с.
16. СНИП 52-01-2003. Нормы проектирования. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
17. EN 300. Плиты ориентированностружечные. Технические условия.
18. СНИП II-25-80. Нормы проектирования. Деревянные конструкции. – М.: Стройиздат, 2001. – 65 с.
19. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНИП 2.01.07-85*. –М.: 2011.
20. Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения). ЦНИИПромзданий. М.: стройиздат. 1978. –320 с.
21. СТО 38276489.001-2017. Стандарт организации. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Проектирование и технология производства работ/ООО „Нанотехнологический центр композитов“. М.: 2017. 125 с.
22. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНИП 52-01-2003.
23. Колосов Г. В. Об одном приложении теории функций комплексно переменного к комплексной задаче математической теории упругости. – Юрьев: Типография Маттисена, 1909. –187 с.
24. Мухелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости, 5 изд., М., Наука. 1966. – 709 с.
25. Баженов С. Л. Механика и технология композиционных материалов. Долгопрудный: ООО Издательский Дом “Интеллект, 2014. –328 с.
26. Кузеванов Д.В. Научно-технический отчет «Конструкции с композитной неметаллической арматурой. Обзор и анализ зарубежных и отечественных нормативных документов», 2012г. [Электронный ресурс] // НИИЖБ им. А.А. Гвоздева Лаборатория №2 URL: <http://www.niizhb2.ru/Article/nka2012.pdf> .
27. Р-16-78, Рекомендации по расчету конструкций со стеклопластиковой арматурой, Москва: НИИЖБ, 1978.
28. Westergaard H. M. Trans. ASME//J. Appl. Mech. V. 6. №2, 1939. –р. 49.
29. Скворцов Ю. В. Механика композиционных материалов. Самара. 2013. –94 с.
30. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ К ТЕХНИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ВЫСОТОЙ БОЛЕЕ 75 М. МОСКОМАРХИТЕКТУРА. М.: 2002.
31. <https://proekt-sam.ru/proektprogramms/programma-dlya-rascheta-perekrytiya.html>. (უკანასკნელად გადამოწმებული იყო 1 ნოემბერს, 2022 წ.).
31. Plastic pollution. Encyclopaedia Britannica.
32. European Parliament legislative resolution of 27 March 2019 on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of

the impact of certain plastic products on the environment (ევროპული პარლამენტის საკანონმდებლო რეზოლუცია).

33. Названы компании-лидеры по загрязнению планеты. <https://lenta.ru/news/2020/12/08/griaz/> (უკანასკნელად გადამოწმებული იყო 2022 წლის 24 ოქტომბერს).

34. Микропластик: Как крошечные частицы вредят природе и человеку- (გადამოწმებული იყო 2021 წლის 19 მაისს).

35. Почему с неба падает пластик и откуда он берется // ВВ.LV, 19 апреля, 2021. (უკანასკნელად გადამოწმებული იყო 2021 წლის 29 აპრილს).

36. Plastics. Epa.gov. (გადამოწმებული იყო 2021 წლის 19 მაისს).

37. How Long Does It Take Garbage to Decompose? Архивная копия от 30 мая 2020 на Wayback Machineс англ. (გადამოწმებული იყო 2022 წლის 13 იანვარს).

38. Biello, David. Are Biodegradable Plastics Doing More Harm Than Good?. Scientific American (5 июня 2011). (გადამოწმებული იყო 2022 წლის 18 იანვარს).

39. Eriksen M. et al. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea (англ.) // PloS one : журнал. — 2014. — Vol. 12, no. 12. — P. e111913. — doi:10.1371/journal.pone.0111913.

40. <https://econet.ru/articles/cokraschenie-ispolzovaniya-betona-za-schet-vozduha>. (უკანასკნელად გადამოწმებული იყო 2022 წლის 30 ოქტომბერს).

41. Карпенко, Н.И. Развития методов проектирования строительных конструкций, зданий и сооружений / Н.И. Карпенко, В.И. Травуш // Сб. ст. Международ. науч.-техн. конф. «Эффективные строительные конструкции: теория и практика». – Пенза, 2002. – С.5-8.

42. Staller M. Analytische und numerische Untersuchungen des Durchstanztageverhaltens punktgestutzter / Stahlbetonplatten. Diss., TU Munchen 2001.

43. Leseth S., Slatto A., Syvertsen T. Finite Elements Analyses of punching shear failure of reinforced concrete slabs / Nordic concrete research №1 Oslo 1982.

45. ПН 01.0.1-09. Строительство в сейсмических районах.

46. <https://bgtunvrsk.ru/uploads/5fa5321608d36doc1943721735/5fa532145afab.pdf> (უკანასკნელად გადამოწმებული იყო 2022 წლის 01 ოქტომბერს).

47. https://siurgtu.ru/sveden/files/MU_080301_GHelezobetonnye_i_kamennye_konstrukcii_MU_k_KP.pdf (უკანასკნელად გადამოწმებული იყო 2022 წლის 01 ოქტომბერს).

48. JSCE, Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Continuous Fiber Reinforcing Materials, Tokyo, Japan: Japan Society of Civil Engineers, 1997.

49. Clarke J. L., O'Regan D. P. and Thirugnanenedran C., EUROCRETE Project, Modification of Design Rules to Incorporate Nonferrous, London, 1996.

50. IstructE, Interim guidance on the design of reinforced concrete structures using fibre composite reinforcement, London, UK, 1999.
51. CAN/CSA-S6-00, Canadian High Bridge Design Code, Canadian Standards Association, 2000.
52. CAN/CSA-S6-02, Design and Construction of Building Components with Fiber-Reinforced Polymers, Canadian Standards Association, 2002.
53. ACI 440.1R-03, Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with FRP Bars, American Concrete Institute, 2003.
54. ACI 440.4R-04, Prestressing Concrete Structures with FRP tendons, American Concrete Institute, 2004.
55. CNR-DT 203/2006, Guide for the Design and Construction of Concrete Structures Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars, Rome, Italy, 2006.
56. ACI 440.1R-06, Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars, American Concrete Institute, 2006.
57. fib bul.40, FRP reinforcement in RC structures. Technical report TG9.3., Lausanne, Switzerland: fib, 2007.
58. fib bul. 55, ModelCode 2010. First complete draft, Lausanne, Switzerland: fib, 2010.
59. ДСТУ (проект), Настанова з проектування та виготовлення бетонних виробів і конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальтового і скло ровінгів, Киев, 2011.
60. ГОСТ (проект), Арматура неметаллическая композитная для армирования бетонных конструкций, Москва: НИИЖБ, 2011.
61. СТО НОСТРОЙ (проект), Применение в строительных бетонных и геотехнических конструкциях неметаллической композитной арматуры, Москва: Национальное объединение строителей, 2012.
62. Kumahara, S., Masuda, Y. and Tanano, Y., «Tensile Strength of Continuous Fiber Bar under High Temperature,» в International Symposium on Fiber-Reinforcement-Plastic Reinforcement for Concrete Structures, American Concrete Institute, 1993.
- 64.
63. Wang, N. and Evans, J.T., «Collapse of Continuous Fiber Composite Beam at Elevated Temperatures,» Journal of Composites, pp. 56-61, 26(1) 1996.
64. Karbhari, V.M., Chin, J.W., Dunston, D. and oth., «Durability Gap Analysis for Fiber-Reinforced Polymer Composites in Civil Infrastructure,» Journal of Composites for Construction, pp. 238-247, 7(3) 2003.
65. Yamaguchi, T., Kato, Y., Nishimura, T. and Uomoto, I., «Creep Rupture of FRP Rods Made of Aramid, Carbon and Glass Fibers,» в Proceedings of the Third International Symposium on Non-Metallic (FRP) reinforcement for Concrete Structures, Sapporo, Japan, 1997.

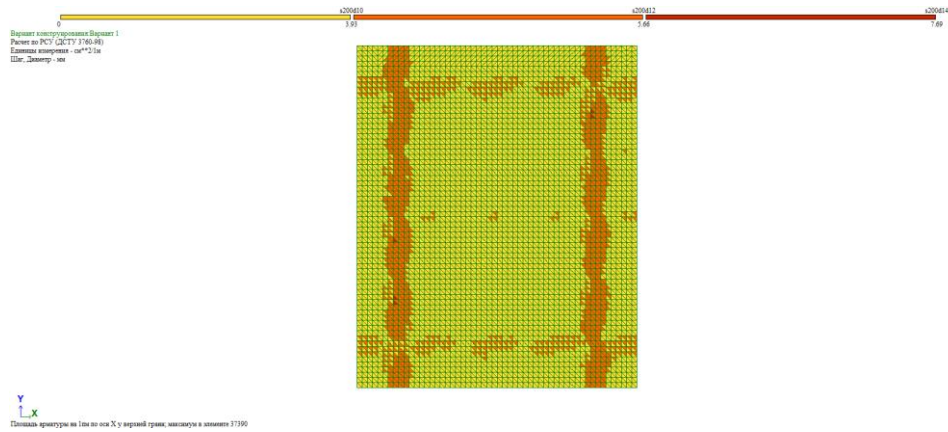
66. Seki, H., Sekijima, K. and Konno, T., «Test Method on Creep of Continuous Fiber Reinforcing Materials,» в Proceedings of the Third International Symposium on Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures, Sapporo, Japan, 1997.
67. Ando, N., Matsukawa, H., Hattori, A. and Mashima, A., «Experimental Studies on the Long-term Tensile properties of FRP Tendons,» в Proceedings of the Third International Symposium on Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures, Sapporo, Japan, 1997.
68. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменениями N 1, 2, 3).
69. Pilakoutas, K., Neocleous, K. and Guadagnini, M., «Design philosophy issues of fibres reinforced polymer reinforced concrete structures,» Journal of Composites for Constructio, т. 6, № 3, pp. 154-161, 2002.
70. ACI 318-08, Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute, 2008.
71. СП 52-101-2003, Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры, Москва, 2004.
72. Guadagnini, M., Pilakoutas, K. and Waldron, P., «Shear Performance of FRP Reinforced Concrete Beams,» Journal of Reinforced Plastics and Composites, т. 22, № 15, pp. 1389-1408, 2003.
73. Guadagnini, M., Pilakoutas, K. and Waldron, P., «Shear Resistance of FRPRC Beams: An Experimental Study,» Journal of Composites for Construction, т. 10, № 6, pp. 464-473, 2006.
74. Guadagnini M., Shear Behaviour and Design of FRP RC Beams, PhD Thesis, Sheffield, UK: The University of Sheffield, 2002.
75. Tureyen, A. K., and Frosch, R. J, «Concrete Shear Strength: Another Perspective,» ACI Structural Journal, т. 100, № 5, pp. 609-615, 2003.
76. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
77. Fico R., Limit states design of concrete structures reinforced with frp bars. PHD Thesis, University of Naples Federico II, 2007.
78. Технологическая группа Экипаж, «Отчеты о проведенных испытаниях стеклопластиковой и базальтопластиковой арматуры,» 2008-2011. [В Интернете]. Available: http://www.frp-rebar.com/frp-rebar_test.html.
79. SP-275, Fiber-Reinforced Polymer Reinforcement for Concrete Structures 10th International Symposium, American Concrete Institute, 2011.
80. Brik V.B., Advanced Concept Concrete Using Basalt Fiber/BF Composite Rebar Reinforcement, Washinton: Transportation Research Board, 2003.

81. Dolan, C. W.; Hamilton, H. R.; Bakis, C. E.; and Nanni, A., Design Recommendations for Concrete Structures Prestressed with FRP Tendons, Final Report, University of Wyoming, 2000.
82. Wang, N. and Evans, J.T., «Collapse of Continuous Fiber Composite Beam at Elevated Temperatures,» Journal of Composites, pp. 56-61, 26(1) 1996.
83. Проектирование подпорных стен и с тен подвалов. Справочное пособие к СНиП 2.09.03-85. М, Стройиздат, 1990 г.
84. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования.
85. В.А. Дементьев, В.П. Волокитин, Н.А. Анисимова. Усиление и реконструкция мостов на автомобильных дорогах. Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т. – Воронеж, 2006. - 116 с
86. СТО 38276489.001-2017. Стандарт организации. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Проектирование и технология производства работ/ООО „Нанотехнологический центр композитов“. М.: 2017. 125 с.
87. Боровиков В.П. Популярное введение программу STATISTICA. — М.: Компьютер Пресс, 1998. — 267 с.
88. [doi:10.1098/rstb.2008.0304](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304). [PMC 2873019](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2873019/). [PMID 19528050](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19528050/).
89. Гаппоев М. М., Гуськов И. М. и др. Конструкции из дерева и пластмасс. – М.: Издательство строительных вузов, 2004, – 440 с.
90. Ю. А. Вашуков. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композитных материалов. [Электронный ресурс] Мультимедийный образовательный модуль. Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара, 2012.
91. К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. Plastinfo.ru, М., 2018.
92. Перепелкин К. Е. Химические волокна: развитие производства, методы получения, свойства, перспективы — СПб: Издание СПГУТД, 2008. -354 стр.
93. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.
94. И.А. Архипова, Г.Ж. Елигбаева. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ. Алматы, 2015. -90 с.
95. К. А. Сарайкина, В. А. Шаманов. «Дисперсное армирование бетонов» // Вестник ПГТУ. Урбанистика. 2011. №2.
96. Fenichell, Stephen (1996). Plastic : the making of a synthetic century. New York: HarperBusiness. p. 17. ISBN 0-88730-732-9.
97. [Jump up^ "Dictionary – Definition of celluloid". Websters-online-dictionary.org. Retrieved 2011-10-2.](http://www.websters-online-dictionary.org)

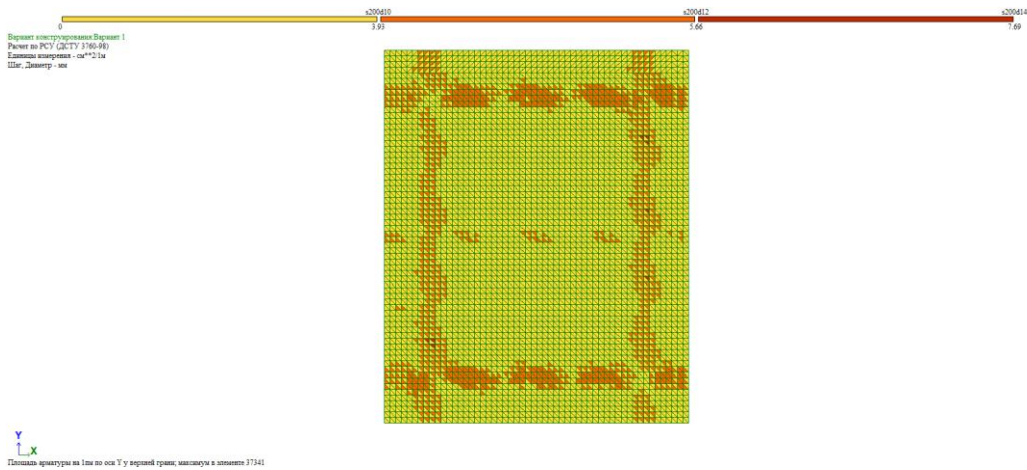
98. Фролов Н. П. Глава II. Технология стеклопластиковой арматуры // Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции. — 1-е изд. — М.: Стройиздат, 1980. — 104 с.
99. ISO 3129:2012(en). Sampling methods and general requirements for physical and mechanical testing of small clear wood specimens.
100. ГОСТ 14359-69. Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования.
101. <http://stroy-server.ru/notes/obshchie-svedeniya-o-stroitelnykh-plastmassakh> (უკანასნელად გადამოწმებული იყო 11.09.2022).
102. https://zen.yandex.ru/media/str_rus/tehnologii-stroitelstva-cobiax-5c397a842e5cb200ae912acd (უკანასნელად გადამოწმებული იყო 17.09.2022).
103. https://zen.yandex.ru/media/str_rus/7-klonov-stroitelnoi-tehnologii-bubbledeck-5de3dda8ecfb8000b14bcb09 (უკანასნელად გადამოწმებული იყო 18.09.2022).
104. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: Специальный справочник. — СПб.: Питер, 2001. — 752 с.

დანართები

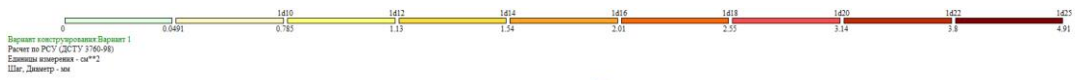
დანართი 1



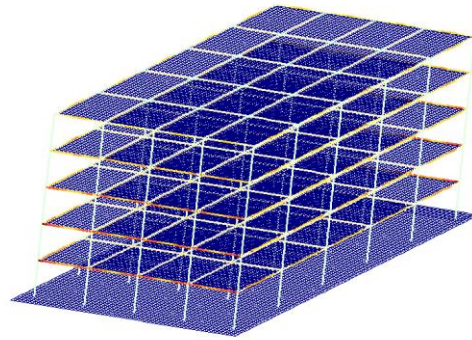
საძირკვლის ფილის არმირება X ღერძის მიმართულებით



საძირკვლის ფილის არმირება Y ღერძის მიმართულებით



Вариант конструирования: Вариант 1
 Расчет по РСН (СНиП 3160-98)
 Единица измерения - см**2
 Шаг, Диаметр - см

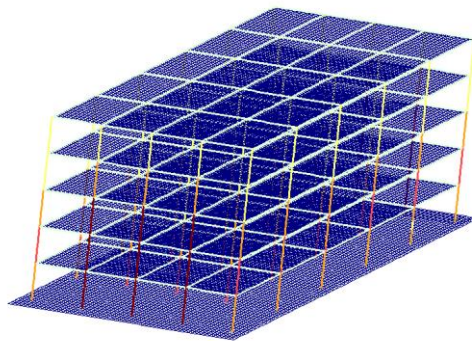


Z
Y
X
Плоская арматура АУ1. Несимметричное армирование. Массивы 4.13 в объеме 5851.

სვეტების არმირება



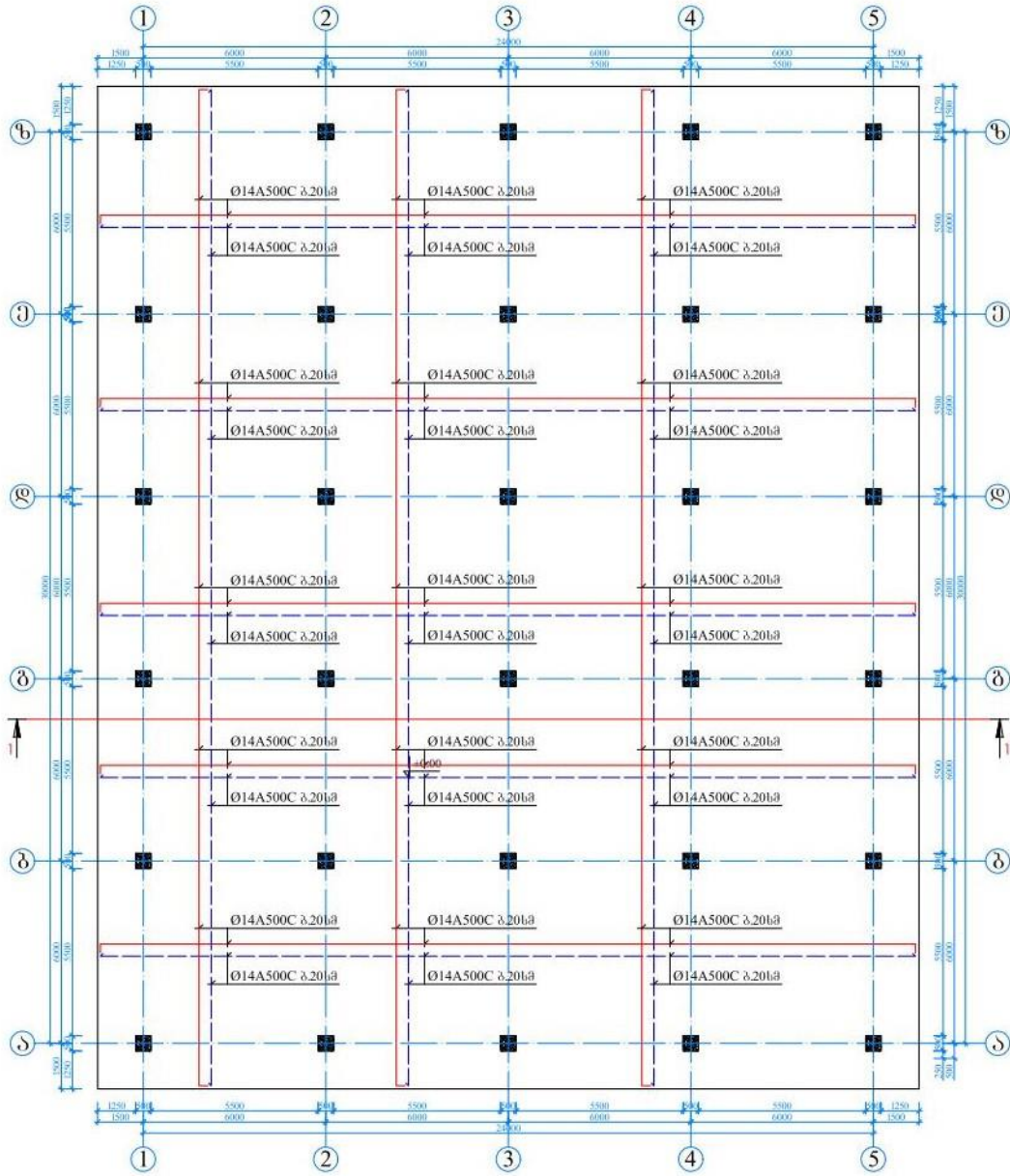
Вариант конструирования: Вариант 1
 Расчет по РСН (СНиП 3160-98)
 Единица измерения - см**2.14.
 Шаг, Диаметр - см



Z
Y
X
Плоская арматура А501. Шаг 100 см. Симметричное армирование. Массивы 2.13 в объеме 6387.

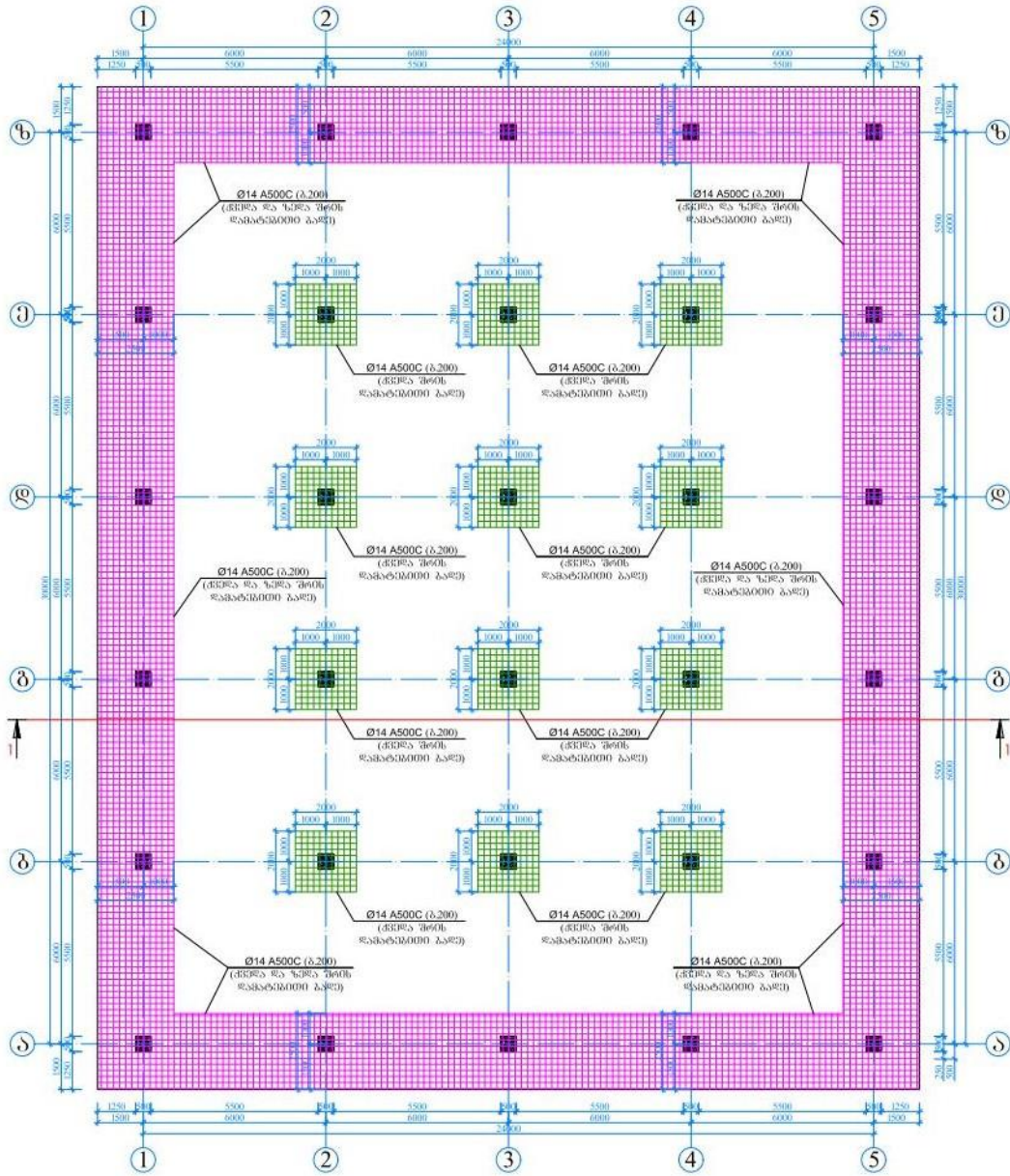
პერიმეტრის რიგელის არმირება

საძირკვლის ფილის არმირება ±0.00 ნიჰნულზე (ძირითადი ბაჟი)



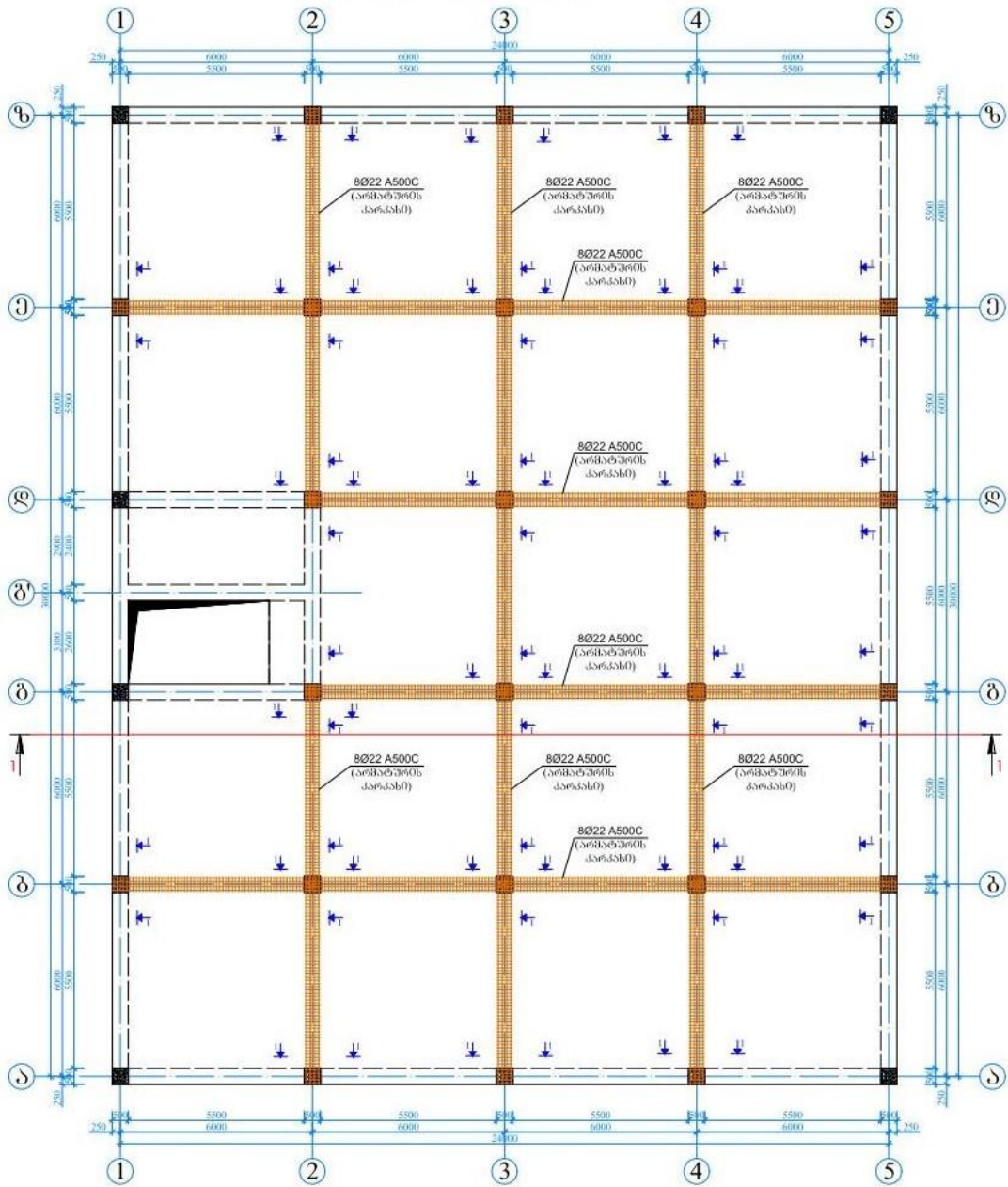
საძირკვლის ფილის არმირება

საძირკვლის ფილის არმირება ±0.00 ნიშნულზე (დამატებითი ბალები ქვედა და ზედა შრეში)



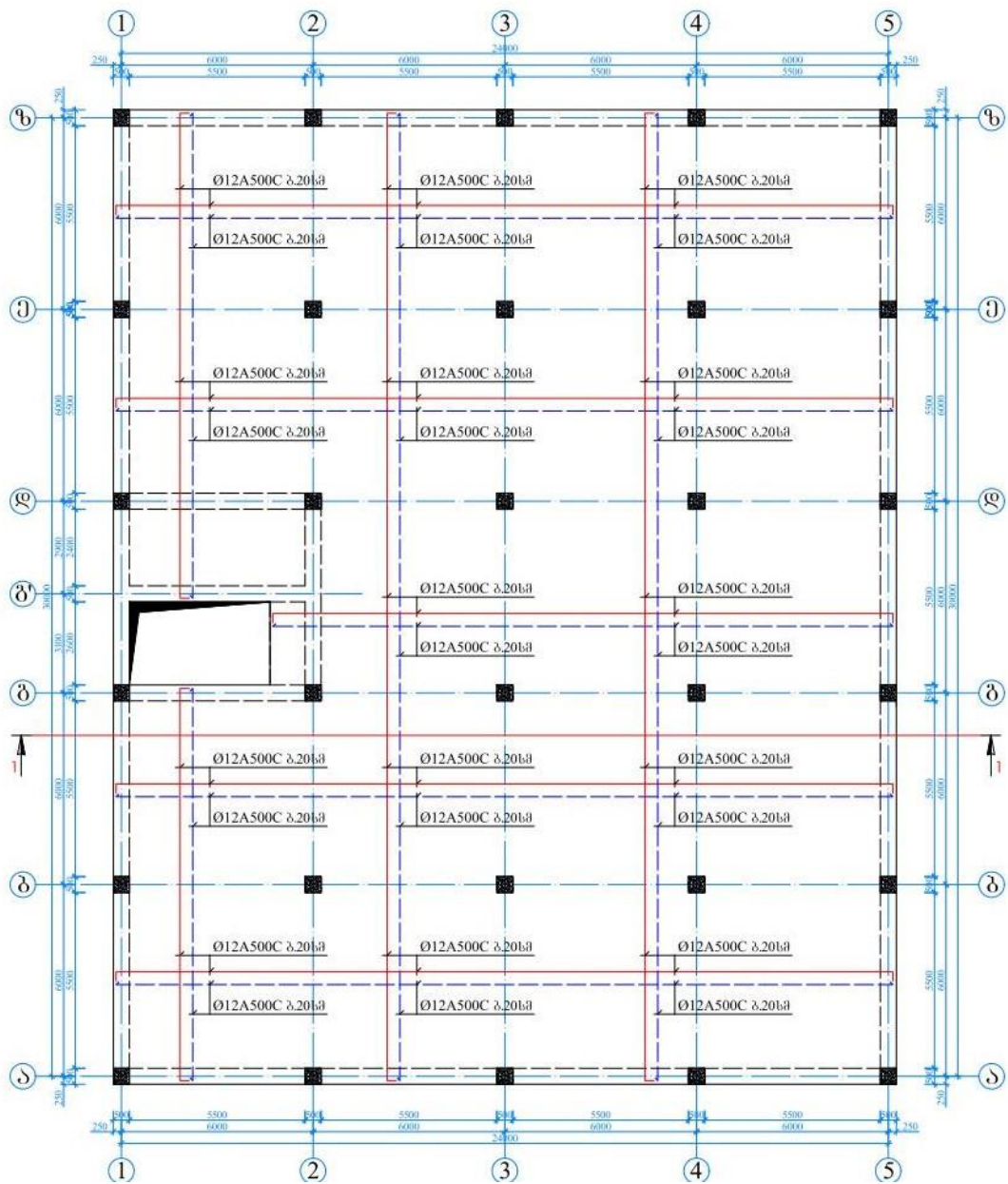
საძირკვლის ფილის არმირება 0.00 ნიშნულზე
(დამატებითი ბალები ქვედა და ზედა შრეში)

გადახურვის ფილის არმირება +3.00 ნიშნულზე (ფარული რიგელების არმატურის კარკასის ბანააგება)



გადახურვის ფილის არმირება, ფარული რიგელები

ბადახურვის ფილის არმირება +3.00 ნიშნულზე (ძირითადი ბაღე)



გადახურვის ფილის არმირება. ძირითადი ბაღე

დანართი 2

ოქმი № 1

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 01.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კპა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთვ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა ა, d	სიგან ე, b	სისქე ე, c			
ბოთლი №1	0	0	96	96	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	82	98	76	11,11	1,35	
	400	87	106	65	22,22	2,55	
	600	93	111	55	33,3	3,58	
	800	99	117	41	44,45	4,49	
	900	106	119	32	50,0	4,72	
	1000	112	122	27	55,56	4,96	
	1079	116	125	25	59,94	5,12	პირობით ი რღვევა
	1200	128	140	24	111,11	8,68	
	3000	140	145	11	166,67	11,91	

$N_{\text{მრღ}} = 1079$ კგ;

$d_{\text{მაქ}} = 116$ მმ;

$P_{\text{მრღ}} = 5,12$ კგ/სმ²

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ² ; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი

4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 2

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 01.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთვ ვა ბოთლის ზედაპირზე ე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა ა, d	სიგან ე, b	სისქე ე, c			
ბოთლი №2	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	80	102	78	11,11	1,39	
	400	86	105	67	22,22	3,37	
	600	94	108	51	33,3	3,54	
	787	99	114	38	43,72	4,41	
	900	125	128	35	50,56	4,72	
	1000	128	132	31	53,33	4,96	პირობით ი რღვევა
	1130	130	137	27	61,11	5,12	
	1200	132	140	25	66,66	5,05	
	2000	135	152	16	111,11	8,23	

$N_{მრღ} = 1130$ კგ; $d_{მაქ} = 130$ მმ;

$P_{მრღ} =$

$5,12$ კგ/სმ²

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი

4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 3

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 01.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთვ ვა ბოთლის ზედაპირზე ე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა ა, d	სიგან ე, b	სისქე, ე, c			
ბოთლი №3	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	81	104	78,0	11,11	1,37	
	400	75	106	66,4	22,22	2,96	
	600	82	110	55,3	33,3	4,02	
	800	88	115	47,3	44,45	5,05	
	900	99	117	36,4	50,0	5,06	
	1000	105	119	21,8	53,56	5,1	
	1058	112	122	20,2	58,8	5,25	პირობით ი რღვევა
	1200	117	126	30,4	66,66	5,7	
	3000	142	148	12	166,67	11,74	

$N_{მრღ} = 1058$ კგ;

$d_{მეკ} = 112$ მმ;

$P_{მრღ} = 5,25$ კგ/სმ²

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 4

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 01.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №4	0	0	99	99	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	79	103	77,0	11,11	1,41	
	400	76	106	65,8	22,22	2,92	
	600	81.5	109	55,8	33,3	4,09	
	800	88	113	46,3	44,45	5,05	
	900	94	116	35,7	50,0	5,32	
	935	95	118	33	51,94	5,47	
	1200	107	120	30,4	66,66	6,22	პირობით ი რღვევა
	3700	145	150	10	205,55	14,18	

$N_{\text{ბრღ}} = 1200$ კგ; $d_{\text{აქ}} = 107$ მმ;
კგ/სმ²

$P_{\text{ბრღ}} = 6,22$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 5

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 01.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №5	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	82	104	77,0	11,11	1,35	
	400	84	105	65,8	22,22	2,65	
	600	88	108	55,8	33,3	3,78	
	800	94	113	46,3	44,45	4,73	
	900	106	117	35,7	50,0	4,72	
	958	113	121	32	53,33	4,92	
	1200	132	125	30	66,66	5,05	პირობითი რღვევა

$$N_{\text{მრღ}} = 1200 \text{ კგ}; \quad d_{\text{მჩ}} = 132 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{მრღ}} = 5,05 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 6

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ; 2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 02.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირ- თვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q კგ/სმ	დატვირთ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდ ა, d	სიგან ე, b	სისქე ე, c			
ბოთლი №6	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	96	11,11	1,07	
	400	108	111	60	22,22	2,057	
	600	120	125	50	33,3	2,775	
	800	123	128	40	44,45	3,61	
	900	125	130	35	50,56	4,045	
	1000	128	132	31	53,33	4,166	
	1100	130	137	29	61,11	4,701	
	<i>1170</i>	<i>132</i>	<i>140</i>	<i>25</i>	<i>65,00</i>	<i>4,92</i>	პირობით ი რღვევა
	2000	135	150	17	111,11	8,23	

$$N_{\text{ბრღ}} = 1170 \text{ კგ}; \quad d_{\text{ბაქ}} = 132 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{ბრღ}} = 4,92 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q \text{ კგ/სმ}^2$; $Q = N/l \text{ კგ/სმ}$.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 7

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 02.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახელება	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ-განაწ. გრძ. დატვირთვა, Q კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №7	0	0	98	98	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	97	11,11	1,07	
	400	109	111	66	22,22	2,04	
	600	122	125	49	33,3	2,73	
	800	123	128	38	44,45	3,61	
	900	127	130	35	50,0	3,94	
	1000	128	132	32	53,56	4,18	
	1100	130	136	27	61,11	4,7	
	1200	132	140	25	66,66	5,05	
	2000	135	150	18	111,11	8,24	პირობითი რღვევა

$$N_{\text{მრლ}} = 1200 \text{ კგ};$$

$$d_{\text{მაქ}} = 132 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{მრლ}} = 5,05 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 8

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 02.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთვ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა ა, d	სიგან ე, b	სისქე, c			
ბოთლი №8	0	0	102	102	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	95	11,11	1,07	
	400	106	111	64	22,22	2,1	
	600	115	125	47	33,3	2,9	
	800	121	127	37	44,45	3,67	
	900	126	130	34	50,0	3,97	
	1000	128	133	31	53,56	4,18	
	1100	130	137	28	61,11	4,7	
	1200	131	140	25	66,66	5,09	პირობით ი რღვევა
	2300	135	152	16	127,78	9,47	

$$N_{\text{ბრღ}} = 1200 \text{ კგ}; \quad d_{\text{ბაქ}} = 131 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{ბრღ}} = 5,09 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 9

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 04.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა ა, d	სიგან ე, b	სისქე, c			
ბოთლი №9	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	96	11,11	1,07	
	400	107	111	60	22,22	2,08	
	600	117	125	47	33,3	2,85	
	800	123	128	38	44,45	3,61	
	900	125	130	35	50,0	4,00	
	1000	127	132	31	53.56	4,22	
	1100	130	137	27	61,11	4,7	
	1220	132	140	25	67,8	5,05	პირობით ი რღვევა
	3000	143	146	13	166,67	11,66	

$N_{\text{მრღ}} = 1220 \text{ კგ}; d_{\text{მეკ}} = 132 \text{ მმ};$
კგ/სმ²

$P_{\text{მრღ}} = 5,05$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ \text{ კგ/სმ}^2$; $Q = N/l \text{ კგ/სმ}.$

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 10

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 04.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვა, Q, კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №6	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	97	11,11	1,07	
	400	109	111	66	22,22	2,038	
	600	120	125	49	33,3	2,775	
	800	122	128	38	44,45	3,64	
	900	125	130	35	50,0	4,00	
	1000	128	132	32	53,56	4,184	
	1100	130	136	27	61,11	4,7	
	1250	132	140	25	69,44	5,34	პირობითი რღვევა
	2000	135	150	18	111,11	8,23	

$$N_{\text{მრღ}} = 1250 \text{ კგ}; \quad d_{\text{მკვ}} = 132 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{მრღ}} = 5,34 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 11

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 04.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლემა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვა, Q, კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №11	0	0	99	99	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	106	107	97	11,11	1,048	
	400	109	111	66	22,22	2,038	
	600	122	125	49	33,3	2,729	
	800	124	128	38	44,45	3,58	
	900	127	130	35	50,0	3,94	
	1000	128	132	32	53,56	4,18	
	1100	131	136	27	61,11	4,66	
	1220	133	140	25	67,78	5,10	პირობითი რღვევა
	2000	135	150	18	111,11	8,23	

$$N_{\text{მრღ}} = 1220 \text{ კგ};$$

$$d_{\text{მაქ}} = 133 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{მრღ}} = 5,1 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ² ; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 12

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 05.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვა, Q, კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №12	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	97	11,11	1,07	
	400	109	111	66	22,22	2,039	
	600	118	125	49	33,3	2,822	
	800	123	128	38	44,45	3,61	
	900	127	130	35	50,0	3,94	
	1000	128	132	32	53.56	4,18	
	1100	130	136	27	61,11	4,7	პირობითი რღვევა
	1200	132	140	25	66,66	5,05	
	2000	135	150	18	111,11	8,23	

$$N_{\text{ბრღ}} = 1200 \text{ კგ}; \quad d_{\text{ბაქ}} = 132 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{ბრღ}} = 5,05 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q \text{ კგ/სმ}^2$; $Q = N/l \text{ კგ/სმ}$.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 13

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 05.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვა, Q, კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №13	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	97	11,11	1,07	
	400	109	111	66	22,22	2,038	
	600	120	125	49	33,3	2,78	
	800	123	128	38	44,45	3,61	
	900	127	130	35	50,0	3,94	
	1000	128	132	32	53,56	4,18	
	1100	130	136	27	61,11	4,7	პირობითი რღვევა
	1200	132	140	25	66,66	5,05	
	2000	135	150	18	111,11	8,23	

$$N_{\text{მრღ}} = 1200 \text{ კგ};$$

$$d_{\text{მაქ}} = 132 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{მრღ}} = 5,05 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ² ; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 14

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 05.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლემა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვა, Q, კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №14	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	104	93	11,11	1,07	
	400	109	110	63	22,22	2,04	
	600	119	125	47	33,3	3,03	
	800	123	128	35	44,45	3,61	
	900	128	130	34	50,0	3,91	
	1000	129	132	32	53,56	4,46	
	1100	130	136	27	61,11	4,71	
	1200	130	140	24	66,66	5,13	პირობითი რღვევა
	2000	134	150	17	111,11	8,29	

$$N_{\text{ბრღ}} = 1200 \text{ კგ}; \quad d_{\text{ბაქ}} = 130 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{ბრღ}} = 5,13 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 15

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 05.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა ა, d	სიგან ე, b	სისქე ე, c			
ბოთლი №15	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	105	95	11,11	1,07	
	400	110	111	66	22,22	2,02	
	600	117	120	52	33,3	2,85	
	800	122	125	38	44,45	3,64	
	900	126	130	35	50,0	3,97	
	1000	128	132	32	53,56	4,18	
	1100	130	135	27	61,11	4,7	
	1240	134	140	25	68,89	5,14	პირობით ი რღვევა
	3000	145	159	10	166,67	11,5	

$$N_{\text{მრღ}} = 1240 \text{ კგ}; \quad d_{\text{მე}} = 134 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{მრღ}} = 5,14 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ² ; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 16

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 05.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლემა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №16	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	97	11,11	1,07	
	400	109	111	66	22,22	2,04	
	600	120	125	49	33,3	2,78	
	800	123	128	38	44,45	3,62	
	900	127	130	35	50,0	3,94	
	1000	128	132	32	53,56	4,18	
	1100	130	136	27	61,11	4,7	პირობით ი რღვევა
	1200	133	140	25	66,66	5,01	
	2000	135	150	18	111,11	8,23	

$N_{\text{ბრღ}} = 1200 \text{ კგ}; d_{\text{ბაქ}} = 133 \text{ მმ}; P_{\text{ბრღ}} = 5,01 \text{ კგ/სმ}^2$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q \text{ კგ/სმ}^2; Q = N/l \text{ კგ/სმ}$.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 17

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 05.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვა, Q, კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №17	0	0	99	99	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	97	11,11	1,068	
	400	108	111	66	22,22	2,057	
	600	122	125	49	33,3	2,73	
	800	123	128	38	44,45	3,62	
	900	127	130	35	50,0	3,94	
	1000	128	132	32	53,56	4,18	
	1100	129	136	27	61,11	4,737	პირობითი რღვევა
	1200	130	140	25	66,66	5,13	
	2000	133	150	18	111,11	8,35	

$$N_{\text{ბრღ}} = 1200 \text{ კგ}; \quad d_{\text{ბაქ}} = 130 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{ბრღ}} = 5,13 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 18

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 05.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა ა, d	სიგან ე, b	სისქე, c			
ბოთლი №18	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	103	107	97	11,11	1,08	
	400	106	111	66	22,22	2,096	
	600	119	125	49	33,3	2,798	
	800	123	128	38	44,45	3,62	
	900	127	130	35	50,0	3,937	
	1000	128	132	32	53.56	4,18	
	1100	130	136	27	61,11	4,7	პირობით ი რღვევა
	<i>1250</i>	<i>134</i>	<i>140</i>	<i>25</i>	<i>69,44</i>	5,18	
	2000	136	150	18	111,11	8,17	

$$N_{\text{მრღ}} = 1250 \text{ კგ}; \quad d_{\text{მაქ}} = 13,4 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{მრღ}} = 5,18 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 19

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 19.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლემა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვა, Q, კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №19	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	97	11,11	1,07	
	400	109	111	66	22,22	2,04	
	600	118	125	49	33,3	2,80	
	800	123	128	38	44,45	3,61	
	900	128	130	35	50,0	3,91	
	1000	128	132	32	53,56	4,19	
	1100	130	136	27	61,11	4,701	
	1200	134	140	25	66,66	4,97	
	<i>1280</i>	<i>138</i>	<i>143</i>	<i>22</i>	<i>71,11</i>	<i>5,15</i>	პირობითი რღვევა
	2000	140	150	18	111,11	7,94	

N_{მრღ} = 1280 კგ;

d_{მაქ} = 138 მმ;

P_{მრღ} = 5,15 კგ/სმ²

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 20

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 19.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ-განაწ. გრძ. დატვირთვა, Q, კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №20	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	97	11,11	1,07	
	400	109	111	66	22,22	2,04	
	600	122	125	49	33,3	2,73	
	800	123	128	38	44,45	3,61	
	900	127	130	35	50,0	3,94	
	1000	128	132	32	53,56	4,18	
	1100	130	136	27	61,11	4,701	პირობითი რღვევა
	1200	131	140	25	66,66	5,09	
	2000	137	150	18	111,11	8,11	

$$N_{\text{ბრღ}} = 1200 \text{ კგ}; \quad d_{\text{ბაქ}} = 131 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{ბრღ}} = 5,09 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 21

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 19.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთვ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა ა, d	სიგან ე, b	სისქე ე, c			
ბოთლი №21	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	97	11,11	1,07	
	400	109	111	66	22,22	0,038	
	600	122	125	49	33,3	2,73	
	800	123	128	38	44,45	3,61	
	900	127	130	35	50,0	3,94	
	1000	128	132	32	53,56	4,18	
	1100	130	136	27	61,11	4,7	პირობითი რღვევა
	1200	132	140	25	66,66	5,045	
	2000	137	150	18	111,11	8,11	

$$N_{\text{მრღ}} = 1200 \text{ კგ};$$

$$d_{\text{მაქ}} = 132 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{მრღ}} = 5,045 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ² ; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 22

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 23.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა ა, d	სიგან ე, b	სისქე, c			
ბოთლი №22	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	97	11,11	1,07	
	400	107	111	66	22,22	2,077	
	600	115	125	49	33,3	2,896	
	800	117	128	38	44,45	3,80	
	900	122	130	35	50,0	4,10	
	1000	125	132	32	53.56	4,28	
	1100	128	136	27	61,11	4,77	
	1200	130	140	25	66,66	5,13	პირობით ი რღვევა
	2000	138	150	18	111,11	8,05	

$N_{მრღ} = 1200$ კგ; $d_{მაქ} = 130$ მმ;
კგ/სმ²

$P_{მრღ} = 5,13$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 23

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 23.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვა, Q, კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
ბოთლი №23	0	0	98	98	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	107	93	11,11	1,07	
	400	107	111	65	22,22	2,077	
	600	120	123	47	33,3	2,78	
	800	123	128	38	44,45	3,61	
	900	127	130	35	50,0	3,94	
	1000	128	132	32	53.56	4,19	
	1100	130	135	28	61,11	4,7	პირობითი რღვევა
	1200	132	140	25	66,66	5,16	
	2000	135	150	18	111,11	8,23	

$$N_{\text{მრლ}} = 1200 \text{ კგ};$$

$$d_{\text{მაქ}} = 132 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{მრლ}} = 5,16 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ² ; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 24

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 23.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვ ა, Q, კგ/სმ	დატვირთ ვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა ა, d	სიგან ე, b	სისქე, c			
ბოთლი №24	0	0	100	100	0	0	ბოთლი არ დაირღვა
	200	104	106	97	11,11	1,07	
	400	109	112	66	22,22	2,039	
	600	117	125	49	33,3	2,85	
	800	123	128	38	44,45	3,62	
	900	127	130	35	50,0	3,94	
	1000	128	132	32	53.56	4,19	
	1100	130	136	27	61,11	4,7	პირობით ი რღვევა
	1225	132	140	25	68,05	5,13	
	2000	135	150	18	111,11	8,23	

$$N_{\text{ბრღ}} = 1225 \text{ კგ}; \quad d_{\text{ბაქ}} = 132 \text{ მმ};$$

$$P_{\text{ბრღ}} = 5,13 \text{ კგ/სმ}^2$$

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/d \cdot Q$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

ოქმი № 25

1. ცნობები ნიმუშის შესახებ - პოლიპროპილენის მეორადი ბოთლი ტევადობით 2 ლ;
2. ორგანიზაცია - სტუ, სამშენებლო ფაკულტეტი;
3. გამოცდის ჩატარების თარიღი - 23.11.2022
4. გარემოს ტემპერატურა - 18 °C;
5. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა - 70-90 %;
6. ატმოსფერული წნევა - 1 ატმ (1 კგ/სმ²) კვა.
7. გამოსაცდელი მანქანა - წნეხი
8. შიდა ჭარბი წნევა ბოთლში - 2 ატმ

დასახე - ლეზა	დატვირთვა, N, კგ	ბოთლის განივკვეთის ზომები (დეფორმაცია), მმ			თანაბარ- განაწ. გრძ. დატვირთვა, Q, კგ/სმ	დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე P, კგ/სმ ²	რღვევის სახე
		ქორდა, a, d	სიგანე, b	სისქე, c			
	0	0	99	99	0	0	
ბოთლი №26	200	103	107	96	11,11	1,08	ბოთლი არ დაირღვა
	400	109	111	68	22,22	2,04	
	600	120	125	49	33,3	2,775	
	800	123	128	39	44,45	3,62	
	900	125	130	35	50,0	4,00	
	1000	128	132	31	53,56	4,18	
	1100	132	136	27	61,11	4,63	
	1190	135	140	25	66,11	4,90	პირობითი რღვევა
	2000	138	150	18	111,11	8,05	

N_{მრღ} = 1190 კგ;

d_{მაქ} = 135 მმ;

P_{მრღ} = 4.9 კგ/სმ²

დატვირთვა ბოთლის ზედაპირზე $P = N/dQ$ კგ/სმ²; $Q = N/l$ კგ/სმ.

გამოცდების ჩამტარებელი სპეციალისტების
მონაცემები და ხელმოწერები:

1. ქ. ჯერენაშვილი - დოქტორანტი
2. თ. ხმელიძე - პროფესორი
3. დ. არსენიშვილი - ლაბორატორიის უფრ. ინჟინერი
4. გ. შვანგირაძე - ლაბორატორიის ლაბორანტი

დანართი 3

გამოყენებული ბეტონის შემადგენლობის ფრაქციების ლაბორატორიული შესწავლა

წვრილმარცვლოვანი ბეტონი შედგენილობით: ღორღი, ქვიშა,
პორტლანდცემენტი მარკით M400, წყალი.

პროდუქტის დასახელება: ქვიშა სამშენებლო სამუშაოებისათვის

ნორმატიული დოკუმენტის დასახელება, რის მიხედვითაც ტარდება

გამოცდა: გოსტ 8735-88 „ქვიშა სამშენებლო სამუშაოებისათვის“ გამოცდის
მეთოდები;

1. მარცვლოვანი შედგენილობა სისხოს მოდული და ჯგუფი

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ		<5	ჯამი
	10	5		
კერძო, გრ	0	41,7	1958,3	2 000
კერძო, %	0	2,08	97,92	100

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სისხოს მოდული	ჯგუფი
	2.5	1.25	0.63	0.315	0.15	<0.15			
კერძო, გრ	166,8	116,0	148,5	239,4	264,5	64,8	1000	2,48	საშუალო ქვიშა
კერძო, %	16,68	11,60	14,85	23,94	26,45	6,48	100		
სრული ნარჩენი %	16,68	28,28	43,13	67,07	93,52	100	-		

მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა

ნიმუშის №	სინჯის მასა, გრ		მინარევების შემცველობა, %	
	განლექვამდე, m	განლექვის შემდეგ, m ₁	სინჯის	საშუალო
1	1000	957,9	4,21	4,22
2	1000	957,6	4,24	

ჭეშმარიტი სიმკვრივე

სინჯის №	მასა, გრ				სიმკვრივე, ρ გრ/სმ ³	
	პიკნომეტრი ქვიშით, m	ცარიელი პიკნომეტრი, m ₁	პიკნომეტრი დისტილირებული წყალი, m ₂	პიკნომეტრი დისტილირებული წყალი და ქვიშით, m ₃	სინჯის	საშუალო
1	45,7	30,7	130,2	139,44	2,60	2,59
2	45,7	30,7	130,2	139,39	2,58	

ნაყარი სიმკვრივე (მოცულობითი მასა)

სინჯის №	ჭურჭლის მოცულობა, V სმ ³	მასა, გრ		სიმკვრივე, ρ გრ/სმ ³	
		ჭურჭლის, m	ჭურჭელი მასალით, m ₁	სინჯის	საშუალო
1	1000	359,8	1655,1	1295,3	1307,9
2	1000	359,8	1680,2	1320,5	

ცარიელობა

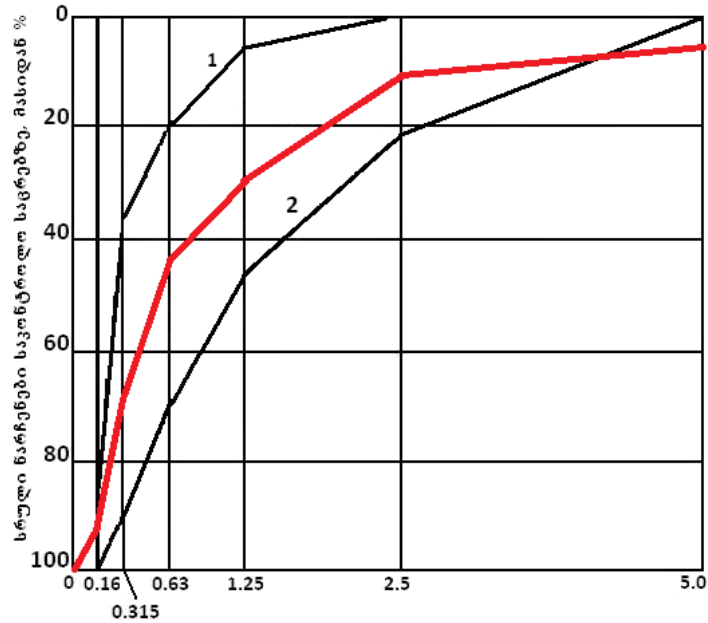
$$V_n = \left(1 - \frac{g}{\rho} * 1000\right) * 100 = \left(1 - \frac{1307,9}{2.590 * 1000}\right) * 100$$

$$= \left(\frac{2590 - 1307,9}{2590}\right) * 100 = 50,49 \%$$

ტენიანობა

სინჯის №	სინჯის მასა, გრ		ტენიანობა, W %	
	ტენიანი ქვიშის, M	მშრალი ქვიშის, M ₁	სინჯის	საშუალო
1	2832	2799	1,17	1,11
2	2835	2805	1,06	

გამოცდების შემდეგ შედგა ქვიშის ფრაქციის გრანულომეტრიის გრაფიკი (ნახ. 35)



1. პროდუქტის დასახელება: ღორღი (ფრაქცია 5-10 მმ)

ნორმატიული დოკუმენტის დასახელება, რის მიხედვითაც ტარდება გამოცდა: გოსტ 8269.0-97 „ღორღი მთის მკვრივი ქანებისგან სამშენებლო სამუშაოებისათვის“ გამოცდის მეთოდები;

მარცლოვანი შედგენილობა (გრანულომეტრია)

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ			ჯამი
	10	5	<5	
კერძო, გრ	290,1	1703,8	6,9	2000
კერძო, %	13,24	86,41	0,35	100
სრული	15,167	89,51	100	---

მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა

№	ღორღის ფრაქციის სისხო, მმ	სინჯის მასა განლექვამდე, m გრ	სინჯის მასა განლექვის შემდეგ, m1 გრ	მინარევის შემცველობა, %	საშუალო, %
1	5-10	5000	4964,5	0,71	0,72
2	5-10	5000	4963,1	0,73	

ნაყარი სიმკვრივე (მოცულობითი მასა)

სინჯის №	ჭურჭლის მოცულობა, V სმ ³	მასა, გრ		სიმკვრივე, ρ _H კგ/მ ³	
		ჭურჭლის, m	ჭურჭელი მასალით, m ₁	სინჯის	საშუალო
1	1000	359,8	1721,0	1361,2	1338,8
2	1000	359,8	1676,2	1316,4	

ჭეშმარიტი სიმკვრივე

სინჯის №	მასა, გრ				სიმკვრივე, ρ გრ/სმ ³	
	პიკნომეტრი ღორღით, m ₁	ცარიელი პიკნომეტრი, m ₁	პიკნომეტრი დისტილირებული წყალი, m ₂	პიკნომეტრი დისტილირებული წყალი და ღორღით, m ₃	სინჯის	საშუალო
1	45,7	30,7	130,19	139,41	2,59	2,60
2	45,7	30,7	130,19	139,41	2,61	

საშუალო სიმკვრივე

№	მშრალი სინჯის წონა, m გრ	წყლით გაჟღენთილი სინჯის მასა, გრ		სიმკვრივე, ρ _k გრ/სმ ³	
		ჰაერზე აწონით, m ₁	წყალში აწონით, m ₂	სინჯის	საშუალო
2	100	101,6	61,2	2,47	

ცარიელობა

$$V_n = \left(1 - \frac{\rho_H}{\rho_k} * 1000\right) * 100 = \left(\frac{2460,0 - 1338,8}{2460,0}\right) * 100 = 45,57 \%$$

ფორიანობა

$$V_n = \left(1 - \frac{\rho_k}{\rho}\right) * 100 = \left(\frac{2.60 - 2.46}{2.60}\right) * 100 = 5,33 \%$$

ტენიანობა

სინჯის №	სინჯის მასა, გრ		ტენიანობა, W %	
	ტენიანი ქვიშის წონა, M	მშრალი ქვიშის წონა, M ₁	სინჯის	საშუალო
	1	2825	2785	1,43
2	2825	2790	1,25	

ბეტონის ნიმუშების გამოცდის შედეგები:
 ბეტონის ნიმუშები გამოცდილი იქნა გოსტ 26633-91 (ცხრ.14)

ბეტონის საპროექტო მარკა (მზა) M 250 (R _შ = 22.7 მპა)																
№	დამზადების თარიღი	ნიმუში ნომერი	ასაკი	თიხა-თაძი	კონუსის ჯიშის (მმ)	ჰაერზემცველობა, %	ზომები, a × b × h, სმ	ფართობი, S სმ ²	მოცულობა, V სმ ³	მასა, M გ	სიმკვრივე, ρ _{საშ} გრ/სმ ³	ნიმუშის სერიის საშუალო სიმკვრივე ρ _{საშ} გრ/სმ ³	მრღვევი დატვირთვა, მპა	სიმტკიფე, მპა	სიმტკიფე, კგ/სმ ²	ნიმუშის სერიის საშუალო სიმტკიფე მპა/კგ/სმ ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	17.11.2022	1	7	-	-	10×10×10	100	1000	2275	2,275	2,273	260,01	24,7	251,69	22,53/249,99	
2	17.11.2022	4	7	-	-	10×10×10	100	1000	2270	2,270		264,21	25,1	255,76		
3	17.11.2022	5	7	-	-	10×10×10	100	1000	2277	2,277		250,52	23,8	242,52		
4	17.11.2022	2	28	-	-	10×10×10	100	1000	2318	2,318	2,310	348,42	33,1	307,28	23,10/237,28	
5	17.11.2022	3	28	-	-	10×10×10	100	1000	2303	2,303		353,68	33,6	302,38		
6	17.11.2022	6	28	-	-	10×10×10	100	1000	2310	2,310		343,15	32,6	302,19		

საბოლოოდ, 28 დღეზე გადაანგარიშებით მივიღეთ, რომ ბეტონის საპროექტო მარკაა B25.

