

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

თენგიზ ნინიძე

ურიგელო რკინაბეტონის მონოლითური
გადახურვის პროექტირების საკითხი

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაციის

აკტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა „მშენებლობა“ შიფრი 0406

თბილისი,

2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში,
სამშენებლო ფაკულტეტზე, საინჟინრო მექანიკის და მშენებლობის
ტექნიკური ექსპერტიზის №101 დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი: პროფესორი ლერი ზამბახიძე

რეცენზენტები: სეით ბლიაძე

ალექსანდრე ლებანიძე

დაცვა შედგება 2018 წლის „27“ თებერვალს, 14⁰⁰ საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო

ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის

სხდომაზე, კორპუსი I, 508 აუდიტორია

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი, პროფესორი დემური ტაბატაძე

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა. რკინაბეტონის გადახურვები, ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კონსტრუქციული ელემენტებია სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობაში.

აღსანიშნავია, რომ კარკასულ ნაგებობებში ბეტონის საერთო ხარჯის 65 % გადახურვებზე მოდის, აქედან გამომდინარე მნიშვნელოვანია რკინაბეტონის გადახურვების რაციონალური ვარიანტის შერჩევა, მისი დამზადების ტექნოლოგიის, სიმტკიცის მახასიათებლებისა და მასალების ეკონომიურობის თვალსაზრისით.

წლების განმავლობაში ჩვენს ქვეყანაში გამოიყენებოდა ანაკრები რკინაბეტონის კონსტრუქციები, კერძოდ სხვადასხვა ტიპის და მზიდუნარიანობის მქონე ანაკრები რკინაბეტონის ღრუტანიანი ფილები.

დროთა განმავლობაში ის ჩაანაცვლა ე.წ კლასიკური (რიგელებიანი) ტიპის, რკინაბეტონის გადახურვის ფილებმა, ხოლო ბოლო ხანებში ხშირი გამოყენება ჰპოვა ურიგელო და ფარულ რიგელებიანი გადახურვის ფილებმა.

საქართველოს ფარგლებს გარეთ უკვე დანერგილია სიღრუებიანი ურიგელო მონოლითური გადახურვები მაგ: Cobiax, Nautilus, U-BOOT BETON და ა. შ.

სიღრუებიანი ურიგელო მონოლითური გადახურვის ფილების გამოყენება მნიშვნელოვნად ამცირებს ბეტონისა და არმატურის ხარჯს, შესაბამისად მიღებული შედეგების პრაქტიკაში დანერგვა საშუალებას მოგვცემს მიღწეული იქნას მნიშვნელოვანი ეკონომიური ეფექტი.

ეკონომიური ეფექტი იზრდება თუკი ფილებში სიღრუები ჩაიდება ორივე მიმართულებით.

ჩატარებული კვლევების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მიუხედავად დიდი დაინტერესებისა ასეთი ტიპის გადახურვები ნაკლებად შესწავლილი, ხოლო არასაკმარისი ექსპერიმენტალური და თეორიული გამოკვლევები აფერხებენ ასეთი ტიპის გადახურვების გამოყენებას მშენებლობაში. ამიტომ ურიგელო ორმხრივი სიღრუეებიანი გადახურვის ფილების დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის კვლევის საკითხები აქტუალურია თანამედროვე მშენებლობაში.

სამეცნიერო სიახლეს წარმოდგენილ სამუშაოში შეადგენს ნატურული ექსპერიმენტალური კვლევების საფუძველზე ურიგელო ორმხრივი სიღრუეებიანი (ორთოგონალურ წიბოებიანი პერფორირებული) გადახურვის ფილის საანგარიშო სქემის დაზუსტება.

მიღებული საანგარიშო სქემის მიხედვით განისაზღვრა წარმოდგენილი გადახურვის დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა, როგორც სტატიკურ ისე სეისმურ ზემოქმედებაზე. მიღებული შედეგები შედარებული იქნა ტრადიციულ გადახურვის ფილებთან.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ურიგელო ორმხრივი სიღრუეებიანი გადახურვის ფილებისათვის დაზუსტებული საანგარიშო მოდელის შედგენა, რომელიც შედარებით ზუსტად ასახავს ასეთი ფილების მუშაობის ასპექტებს, როგორც სტატიკურ ისე დინამიკურ ზემოქმედებაზე და მაქსიმალურად მიახლოვებს საანგარიშო სქემის მუშაობას რეალურ პირობებთან.

სანგარიშო მოდელის ფიზიკურ მოდელთან მაქსიმალურად მიახლოვებისა და საანგარიშო იდეალიზაციის დასაშვები ზღვრების დასასაბუთებულად დანიშნის მიზნით ჩატარდა საკვლევი გადახურვის ექსპერიმენტალური კვლევები.

სანგარიშო მოდელის თეორიული კვლევები ჩატარდა სასრულ ელემენტთა მეთოდის გამოყენებით, რომელიც კარგადაა მორგებული ელექტრო გამომთვლელი მანქანებით განგარიშებებზე. როგორც ცნობილია

სასრულ ელემენტებს წარმოადგენს ღეროვანი, სამკუთხა, ოთხკუთხა და ასე შემდეგ ელემენტები. ამ ელემენტების სხვადასხვა კომბინაციების გამოყენების გზით შეირჩა რაციონალური საანგარიშო სქემა, რომელიც მაქსიმალურად იქნა მიახლოებული ექსპერიმენტალურ მონაცემებთან.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება მდგომარეობს იმაში, რომ წარმოდგენილი საანგარიშო სქემა იძლევა საშუალებას მაქსიმალურად ზუსტად განისაზღვროს ურიგელო ორმხრივ სიღრუეებიანი (ორთოგონალურ წიბოებიანი პერფორირებული) ფილის დამაბუღ-დეფორმირებული მდგომარეობა, როგორც სტატიკურ ისე დინამიკურ ზეოქმედებაზე, ხოლო ურიგელო გადახურვის ორმხრივ სიღრუეებიან გადახურვების თანამედროვე მშენებლობაში გამოყენება უფრო ეკონომიურს გახდის მშენებლობას.

სამუშაოს მოცულობა: სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლისაგან, ოთხი თავისაგან, დასკვნა რეკომენდაციებისა და გამოყენებული ლიტერატურისაგან. იგი წარმოდგენილია 129 გვერდზე, შეიცავს 62 ნახაზს, 23 სურათს და 6 ცხრილს.

ნაშრომის შინაარსი

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

პირველ თავში მოცემულია ურიგელო სიღრუეებიანი გადახურვის ფილების პრაქტიკაში გამოყენების ლიტერატურული მიმოხილვა. განხილულია სხვადასხვა ქვეყნებში ურიგელო სიღრუეებიანი გადახურვების ფილების გამოყენების მაგალითები.

მეორე თავი ეძღვნება სიღრუეებიანი ურიგელო გადახურვის ფილის ნატურულ გამოცდებს. კვლევები ჩატარდა 3X6 მ მონოლითურ ურიგელო სიღრუეებიან გადახურვის ფილაზე, რომელიც დაყრდნობილია ოთხ წერტილში მონოლითური რკინაბეტონის 1.8 მ სიმაღლის მქონე სვეტებზე.

ექსპერიმენტალური კვლევების მიზანს წარმოადგენდა ურიგელო სიღრუეებიან გადახურვის ფილის საანგარიშო სქემის დაზუსტება, რომელიც შედარებით ზუსტად ასახავდა კონსტრუქციის მუშაობას საექსპლოატაციო პირობებში.

კვლევების შედეგად მიღებული იქნა ჩალუნვების მნიშვნელობები სხვადასხვა ტიპის დატვირთვებისათვის.

მესამე თავში მოცემულია, ურიგელო სიღრუეებიანი გადახურვის ფილის სტატიკური და დინამიკური გაანგარიშების მეთოდოლოგია სასრულ ელემენტთა მეთოდის გამოყენებით. მოცემულია სასრულ ელემენტთა მეთოდით გაანგარიშების ძირითადი თანაფარდობები. საანგარიშო სქემის შედგენა ხდება კონტინუალური სისტემის დისკრეტიზაციის გზით, ცალკეული ტიპის სასრულ ელემენტების გამოყენებით.

მეოთხე თავში განხილულია რიცხვითი გაანგარიშების შედეგები. ღეროვანი და სამკუთხა სასრულ ელემენტთა სხვადასხვა კომბინაციებით შედგენილია საანგარიშო სქემების ვარიანტები და ისინი შედარებულია ექსპერიმენტის მონაცემებთან. შედარების გზით დადგენილია რეალურთან მიახლოებული საანგარიშო სქემა.

მიღებული სქემით გაანგარიშებულია მაღლივი შენობები ურიგელო სიღრუეებიანი გადახურვის ფილების გამოყენებით, რომელიც შედარებულია ტრადიციულთან.

პირველ თავში განხილულია საერთო ცნობები სართულშუა ურიგელო გადახურვების შესახებ.

რკინაბეტონის გადახურვების მაღალმა საექსპლოატაციო მახასიათებლებმა, ჟამგამძლეობამ, სიხისტემ, ჰიგიენურობამ, ეკონომიურობამ და ინდუსტიული აგების შესაძლებლობამ ხელი შეუწყო მის ფართო გამოყენებას მშენებლობაში.

რკინაბეტონის სართულშუა გადახურვები, ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კონსტრუქციული ელემენტებია სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობაში.

აღსანიშნავია, რომ კარკასულ ნაგებობებში ბეტონის საერთო ხარჯის 65% გადახურვებზე მოდის, აქედან გამომდინარე მნიშვნელოვანია რკინაბეტონის გადახურვების რაციონალური ვარიანტის შერჩევა, მისი დამზადების ტექნოლოგიის, სიმტკიცის მახასიათებლებისა და მასალების ეკონომიურობის თვალსაზრისით.

რკინაბეტონის გადახურვები სამოქალაქო მშენებლობაში უნდა აკმაყოფილებდეს თბო და ბგერაიზოლაციის პირობებს, რაც საჭიროს ხდის დამატებით ღონისძიებების განხორციელებას. არსებობს სხვადასხვა ტიპის რკინაბეტონის გადახურვები, მაგრამ ისინი ყველა კონსტრუქციული სქემის მიხედვით იყოფიან ორ ძირითად ჯგუფად: კოჭური და უკოჭო გადახურვები.

კოჭური გადახურვა შედგება კოჭებისგან, რომელიც განლაგებულია გრძივი და განივი მიმართულებებით, რომელთაც ეყრდნობა ფილა ან პანელი.

უკოჭო გადახურვა არ შეიცავს კოჭებს, გადახურვის ფილა და პანელები უშუალოდ ეყრდნობიან სვეტებს.

ორივე ტიპის გადახურვები-კოჭურიც და უკოჭოც, აგების შესაძლებლობების მიხედვით, შეიძლება იყოს ასაწყობი, მონოლითური ან ასაწყობ-მონოლითური.

ა) კოჭური გადახურვები გვხვდება:

1. ასაწყობი კოჭური პანელური გადახურვა;
2. წიბოვანი მონოლითური გადახურვა კოჭური ფილებით;
3. წიბოვანი მონოლითური გადახურვა კონტურით დაყრდნობილი ფილებით;

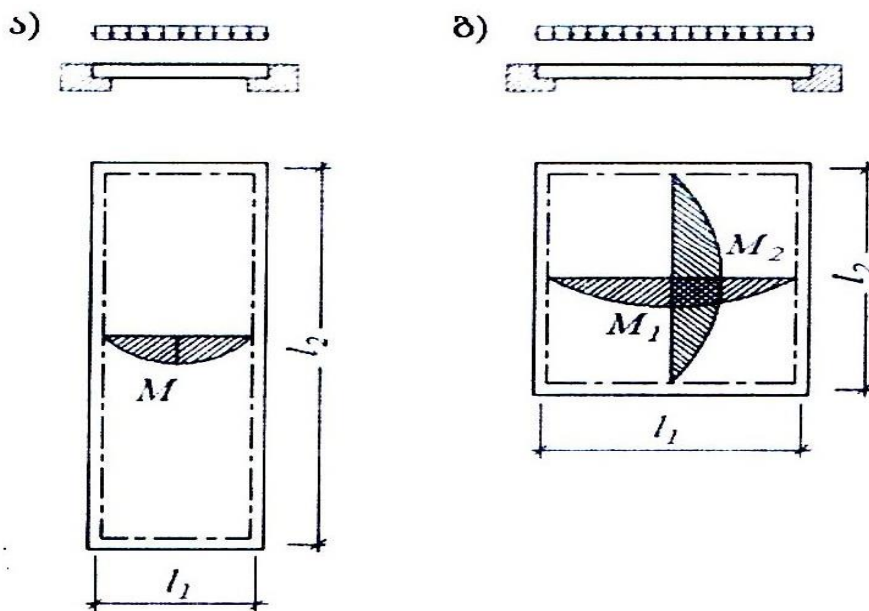
4. კოჭური ასაწყობი-მონოლითური გადახურვა.

ბ) უკოჭო გადახურვის სახეებია;

1. უკოჭო ასაწყობი გადახურვა;
2. უკოჭო მონოლითური გადახურვა;

3. უკოჭო ასაწყობ-მონოლითური გადახურვა.

გადახურვებში გამოყენებული ფილების გვერდების ფართობის მიხედვით შეიძლება იყოს: კოჭური, თუ $l_2/l_1 < 2$ -ზე (ნახაზი 1.1-ა), რომელიც მუშაობს ღუნვაზე მოკლე გვერდის მიმართულებით, ამასთან მომენტი გრძელი მიმართულებით უგულვებელყოფილია მისი სიმცირის გამო. თუ ფილის გვერდების ფარდობა $l_2/l_1 < 2$ -ზე, გვაქვს კონტურით დაყრდნობილი ფილა (ნახაზი 1.1-ბ) რომელიც მუშაობს ღუნვაზე ორივე მიმართულებით, ურთიერთ გადამკვეთი მუშა არმატურით.



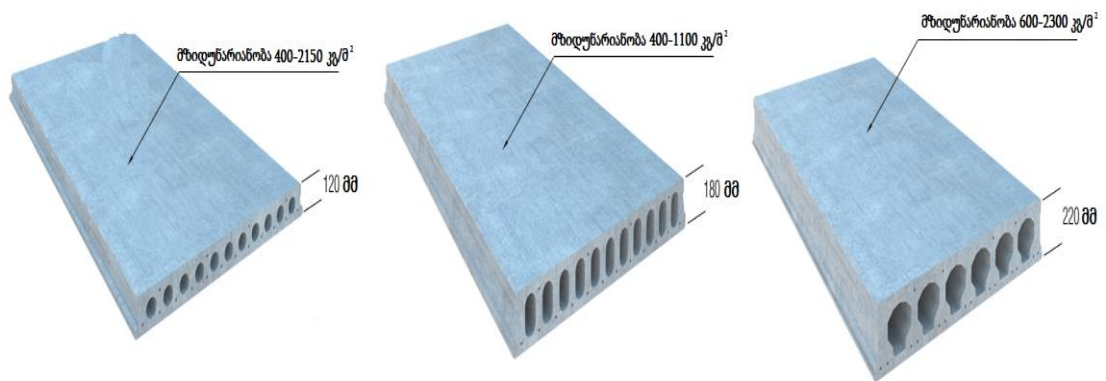
ნახ. № 1.1 გადახურვის ფილის სქემები.

ა- კოჭური ფილა; ბ-კონტურით დაყრდნობილი ფილა

წლების განმავლობაში ჩვენს ქვეყანაში, სართულშუა გადახურვებში, გამოიყენებოდა ქარხნული (ანაკრები) რკინაბეტონის კონსტრუქციები, კერძოდ სხვადასხვა ტიპის და მზიდუნარიანობის მქონე ანაკრები რკინაბეტონის ღრუტანიანი ფილები (სურ. № 1.1).

დღეისათვის მშენებლობის 100% ხორციელდება რკინაბეტონის მონოლითური ელემენტებით, რომლებიც ხისტი კვანძების არსებობით არის უფრო საიმედო, მდგრადი და გამოიყენება ყველა ტიპის ნაგებობისათვის.

გადახურვის კონსტრუქციის ტიპის არჩევა ხდება ცალკეულ შემთხვევაში ნაგებობის დანიშნულების მიხედვით, დამოკიდებულია შენობის სიდიდეზე, მოქმედი დატვირთვების ზემოქმედებაზე, ადგილობრივ პირობებზე, საწარმოო ბაზის არსებობაზე და სხვა.



სურ. № 1.1

ანაკრები რკინაბეტონის ღრუტანიანი ფილები.

მეორე თავში განხილულია ურიგელო რკინაბეტონის გადახურვის ფილის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ექსპერიმენტალური კვლევა.

შენობა ნაგებობების გაანგარიშების დროს მნიშვნელოვანია გაანგარიშების და პროექტირების ისეთი მეთოდების შემუშავება, რომლებიც შედარებით ზუსტად ასახავენ მათ მუშაობას რეალურ პირობებში.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად, გაანგარიშების ოპტიმალური მეთოდების გამოყენებასთან ერთად, საჭიროა ნაგებობის საანგარიშო სქემის დაზუსტებაც. საანგარიშო სქემის დაზუსტების, ანუ საანგარიშო მოდელის ფიზიკურთან მაქსიმალურად მიახლოების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან გზას კი წარმოადგენს ექსპერიმენტალური მონაცემების ანალიზი. ექსპერიმენტალური მონაცემები იძლევა წარმოდგენას საანგარიშო ნაგებობის რეალურ მუშაობაზე.

მოცემულ თავში განხილულია ორთოგონალურ წიბოებიანი ორმხრივ სიღრუეებიანი გადახურვის ფილების დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ექსპერიმენტალური კვლების საკითხები, რომლის მიზანიც არის მიღებული შედეგების გავალისწინებით ისეთი საანგარიშო სქემის შედგენა, რომელიც შედარებით ზუსტად ასახავს კონსტრუქციის მუშაობას საექსპლოატაციო პირობებთან მიმართებაში.

ნატურული გამოკვლევებისათვის შერჩეული იქნა ორთოგონალურ წიბოებიანი ორმხრივ სიღრუეებიანი მონოლითური რკინაბეტონის გადახურვის ფილა, რომელიც ოთხ წერტილში ეყრდნობა მონოლითური რკინაბეტონის სვეტებს. საკვლევი ობიექტის საერთო ხედი ნაჩვენებია სურ.№2.7-ზე



სურ.№ 2.1. სვეტის არმირების სქემა

გეომეტრიული პარამეტრების შერჩევის დროს გათვალისწინებული იქნა ნატურული ექსპერიმენტის შესრულებისათვის ტექნიკური სირთულეების მინიმუმამდე დაყვანა. შემუშავებული და გადაწყვეტილი იქნა, როგორც სტენდის ზომები და კონსტრუქციის რეალიზაციის თავისებურებები, ასევე საექსპერიმენტო სტენდისათვის საგამოცდო დატვირთვების მოდება და საჭირო ანათვლების აღება

საკვლევ სქემაში მონოლითური რკინაბეტონის სვეტების სიმაღლე 1.8 მ-ია, მისი განივი კვეთი კი 30,0 X 30,0 სმ. არმირებით 4Φ12 A-500c.

ორთოგონალურ წიბოებიანი პერფორირებული მონოლითური რკინაბეტონის გადახურვის ფილის ზომებია 300,0 X 600,0 სმ., სიმაღლე 20,0 სმ (იხ. სურ 2.3)



სურ.№2.2. ყალიბის მოწყობა გადახურვის ფილისათვის



სურ.№2.3. არმატურის ღეროების მოწყობის სქემა ფილის ქვედა შრეში



სურ.№ 2.4. ფილის ქვედა შრის ბეტონირება



სურ.№ 2.5. ფილაში პენოპლასტის ფილების დალაგება სიცარიელების მისაღებად

სიცარიელების წარმოსაქმნელად გამოყენებული იქნა ოთხკუთხა ფორმის პენოპლასტის 14 სმ-იანი ფილები (იხ. სურ.№2.5). ფილის მზიდ ელემენტებად მიღებული იქნა 5 სმ-იანი წიბოები, რომელთა ბიჯი 100 სმ-ია. წიბოები დაარმატურებულია $\Phi 12$ AIII კლასის არმატურის ღეროებით, როგორც გრძივი ასევე განივი მიმართულებით.



სურ.№ 2.6. სტენდის საერთო ხედი

კონსტრუქციული თვალსაზრისით ფილის ზედა და ქვედა შრეებში განთავსებული იქნა 6ΦAI კლასის არმატურა, ბიჯით 20 სმ. (იხ. სურ.2.3)



სურ.№ 2.7. სტენდის საერთო ხედი დაბეტონებიდან 10 დღის შემდეგ

ექსპერიმენტები ჩატარდა სტენდის ბეტონირებიდან მე-14 დღეს. ბეტონის კუბების კუმშვაზე გამოცდისას, ბეტონის ფაქტიურმა სიმტკიცე ამ დროისთვის, შეადგინა B 20, ამიტომ ბეტონის სიმტკიცე საექსპერიმენტო ანგარიშისთვის მიღებული გვაქვს B 20 კლასის.

სტენდი მოწყობილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სასწავლო, სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორიის შიდა ეზოს მიმდებარე ტერიტორიაზე. ფილა მოწყობილი იქნა 180 სმ-ის სიმაღლის რკინაბეტონის სვეტებზე. სვეტებს საყრდენ ზონაში ასევე მოწყობილი აქვთ არმირებული ქუსლები.

შემდეგ ეტაპზე მოწყობილი იქნა სვეტების და ფილის ყალიბი. ყალიბებად გამოყენებული იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი სამშენებლო ფაკულტეტის სასწავლო, სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორიის ბაზაზე არსებული ავსტრიული ფირმა „Doka“-ს წარმოების საყალიბე კონსტრუქციები.

ფილის დაარმატურების პირველ ეტაპზე დამზადებული იქნა ფილის ზედა შრის არმირება. ასევე წინასწარ იქნა დამზადებული და დანომრილი სიცარიელების წარმომქმნელი პენოპლასტის ბლოკები ზომებით 95X95X14 სმ.

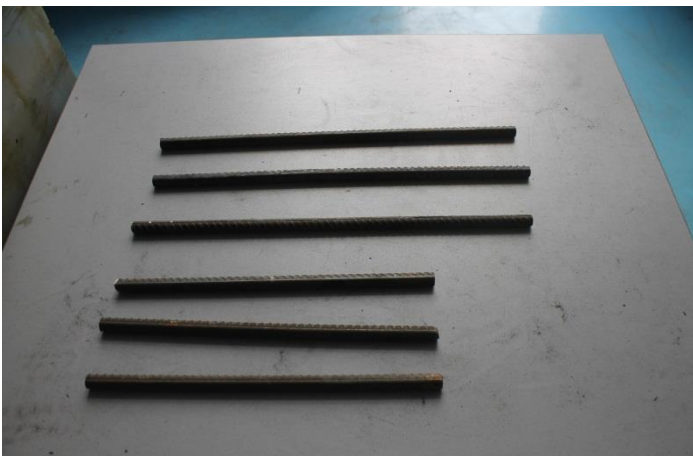
ფილის ქვედა შრის არმირების მომზადების შემდეგ წიბოების მუშა არმატურები საკიდების მეშვეობით დაკავშირებული იქნა საყრდენი სვეტების არმატურებზე.

მუშა არმატურები დალაგებული იქნა 1,5 სმ-ის სიმაღლის ფიქსატორებზე, ბეტონის დამცავი შრის უზრუნველსაყოფად.

№	დამეტრი, d მმ	სიგრძე, L მმ	მასა, M გრ	1 გრძ/მ. პროფილის წონა, Q კგ		განივკვეთის ფართობი, F ₀ მმ ²		დენადობის ძალა, P დ კნ	მრღვევი ძალა, P მრ კნ	დენადობის ზღვარი, იდ=P დ/F ₀ მმ ²	დროებითი წინაღობა, იდ=P დრ/F ₀ მმ ²	ფარდობითი წაგრძელება, მ ⁵ %	1 გრძ/მ. არმატურის პროფილის გადახრა ნორმატიულისაგან, %		გამოცდა ლუნვაზე		არმატურის კლასი (ფაქტობრივი)
				თეორიული	ფაქტობრივი	თეორიული	ფაქტობრივი						თეორიული	ფაქტობრივი	მოსაღწევი კუთხე		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	12	400	342,6	0,888	0,857	113,0	109,1	64,68	74,79	593	685	21,9	±5.0%	-3,5	90°	+	A500
2	12	399	345,1	0,888	0,865	113,0	110,2	65,21	75,00	592	681	23,1	±5.0%	-2,6	90°	+	
3	12	401	344,6	0,888	0,859	113,0	109,5	63,91	73,05	584	667	23,3	±5.0%	-3,2	90°	+	

სტენდის მოწყობამდე ჩატარდა არმატურის მახასიათებლების დადგენა, ხოლო სტენდის ბეტონირების შემდეგ, სხვადასხვა ინტერვალით გამოიკადა ბეტონის კუბები სიმტკიცის განსაზღვრისათვის.

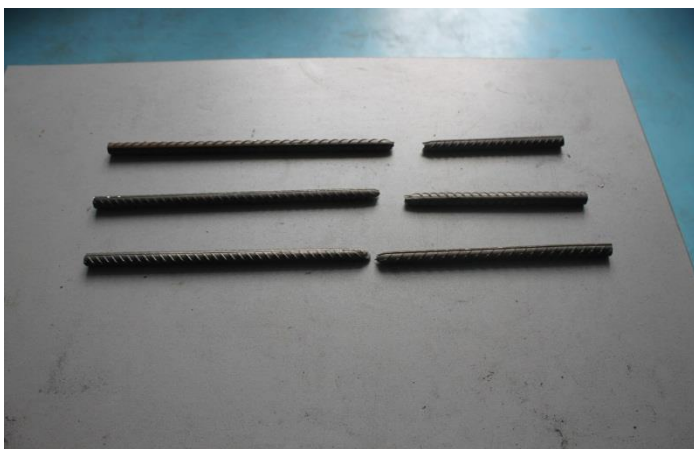
ნიმუშები გამოცდილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სასწავლო, სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორიაში წნეხზე WA-1000, მონაცემები მოყვანილია ცხრილში.



სურ.№2.8 გამოსაცდელი
არმატურის ნიმუშები



სურ.№2.9 გამოცდა ღუნვაზე



სურ.№2.10 გამოცდა გაჭიმვაზე



სურ.№2.11 გამოცდილი ნიმუშები

როგორც ცხრილი №1-დან ჩანს საექსპერიმენტო სტენდში გამოყენებული ღეროები მიეკუთვნება A500 კლასის, ფოლადის ცხლადნაგლინ არმატურას.

ბეტონირება განხორციელდა ტუმბო მიქსერით. ბეტონირებისათვის შერჩეული იქნა B25-S4 კლასის ბეტონი, რათა საექსპერიმენტო სტენდზე 28 დღეზე ადრე მიგველო ანგარიშით გათვალისწინებული ბეტონის სიმტკიცე. ბეტონირების დროს გამოყენებული იქნა 45 მმ-იანი თავაკის მქონე ვიბრო მოწყობილობა.

ბეტონირება განხორციელდა შემდეგი თანმიმდევრობებით; პირველად დაბეტონებული და დავიბრირებული იქნა სვეტები, მეორე ეტაპზე განხორციელდა ფილის ქვედა შრის არმატურის ბეტონირება, მესამე ეტაპზე დალაგებული იქნა სიცარიელების წარმომქმნელი ბლოკები, ხოლო ბოლო ეტაპზე მოხდა უკვე გამზადებული არმირების ზედა შრის მოწყობა და დაბეტონება. სურათებზე ნაჩვენებია ბეტონირების სხვადასხვა ეტაპები.

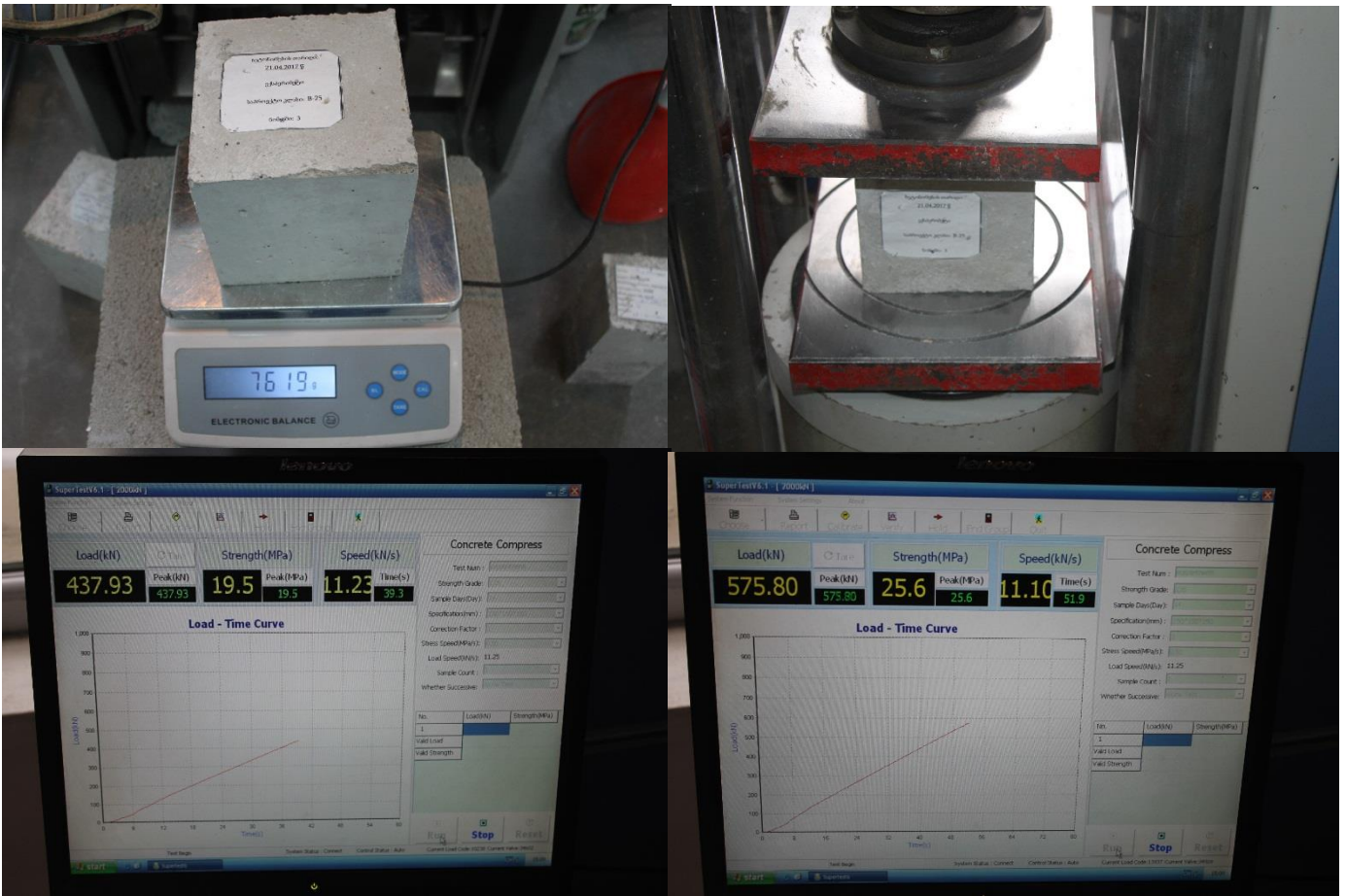
ბეტონირების ეტაპზე ნარევიდან აღებული იქნა 15x15x15 სმ ბეტონის საკონტროლო ნიმუშები. 24 საათის შემდეგ მოხდა ნიმუშების ყალიბებიდან განყალიბება და საექსპერიმენტო სტენდზე განთავსება.

საექსპერიმენტო სტენდის და საკონტროლო ნიმუშების რეჟიმის დაცვა მიმდინარეობდა მაქსიმალურად მიახლოებული ლაბორატორიულ სარეჟიმო პირობებთან. კონსტრუქცია ყოვედლიურად ირწყვებოდა. პერიოდულად მიმდინარეობდა ბეტონის საკონტროლო ნიმუშების გამოცდა. ნიმუშები გამოცდილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სასწავლო, სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორიაში ჰიდრავლიკურ წნეხზე STYE-2000c. გამოცდის შედეგად მიღებული ბეტონის სიმტკიცის მახასიათებელი პარამეტრები მოყვანილია ცხრილში №2.

ბეტონის კუბების სიმტკიცე კუმშვაზე:								
ბეტონის საპროექტო კლასი: B 25								
	ფართობი სმ ²	მოცულობა სმ ³	წონა, გრ	სიმკვრივე ტ/მ ³	ასაკი დღე-ღამე	მრღვევი ძალა კნ	სიმტკიცე მპა	სიმტკიცე კგ/სმ ²
1	225	3375	7644	2,26	7	439,12	19,5	198,9
2	225	3375	7619	2,26	14	557,35	24,8	252,4
3	225	3375	7702	2,28	14	560,19	24,9	253,7
4	225	3375	7697	2,28	14	575,56	25,6	260,7

მე-14 დღეს გამოცდილი ნიმუშების საშუალო სიმტკიცემ კუმშვაზე შეადგინა 25,1 მპა (255,8 კგ/სმ²), რაც შეესაბამება თეორიული ანგარიშით მიღებულ ბეტონის სიმტკიცეს B20 (26,2 მპა) კლასს. სურათებზე ნაჩვენებია ბეტონის საკონტროლო ნიმუშების გამოცდა.

აქედან გამომდინარე მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ დაწყებულიყო საექსპერიმენტო სტენდზე დატვირთვების მოდება.



სურ. № 2.12 ბეტონის კუმშვაზე გამოცდის ეტაპები.

ექსპერიმენტალური კვლევების ჩატარების წინ, ჩატარდა მოსამზადებელი სამუშაოები: პირველ ეტაპზე განხორციელდა ფილის ქვედა ზედაპირზე, ვიზუალიზაციის მიზნით წიბოების ადგილმდებარეობის დატანა. შემდეგ ეტაპზე უშუალოდ წიბოებზე დაყენებული იქნა ინდიკატორები წინასწარ შერჩეული სქემების მიხედვით.



სურ. № 2.13 ინდიკატორის ხედი-ა



სურ. № 2.14 ინდიკატორის ხედი-ბ

ნახაზზე N1 ნაჩვენებია ინდიკატორების დაყენების კოორდინატები ნუმერაციით. ინდიკატორები დაყენებული იქნა სამ სხვადასხვა განივკვეთში გრძივ E-G, განივ H-F, და დიაგონალურ A-ჩ განივკვეთებში. ინდიკატორების

დაყენების სქემა შერჩეული იქნა ისე, რომ დეფორმაციების გაზომვა მომხდარიყო ფილის ქვედა ზედაპირის მაქსიმალურად ბევრ უბანში. სულ დაყენებული იქნა 9 ინდიკატორი. ინდიკატორები დაყენებული იქნა უძრავად მოწყობილ დგარებზე სურათი N2.

სტენდზე დატვირთვების მოსადებად სიმარტივის მიზნით გამოყენებული იქნა ბეტონის 15x15x15 სმ-იანი კუბები. საექსპერიმენტო სტენდზე დატვირთვები მოდებული იქნა წინასწარ დაზუსტებული სხვადასხვა კომბინაციების მიხედვით;

1. სქემა №1

საკუთარი წონა, დგარებით გრძივ წიბოებზე;

ა) დატვირთვის მოდების მომენტში

ბ) დატვირთვის მოდებიდან 24 სთ-ის შემდეგ

2. სქემა №2

საკუთარი წონა 4 წერტილში დაყრდნობილი ფილისათვის

ა) დატვირთვის მოდების მომენტში

ბ) დატვირთვის მოდებიდან 24 სთ-ის შემდეგ

3. სქემა №3

საკუთარი წონა +მაღში $L= 0.9$ მ სიგანეზე განაწილებული დატვირთვა $q=0.335$ ტ/მ²;

ა) დატვირთვის მოდების მომენტში

ბ) დატვირთვის მოდებიდან 24 სთ-ის შემდეგ

4. სქემა №4

საკუთარი წონა +მალში $L= 2,1$ მ სიგანეზე განაწილებული დატვირთვა $q=0.335$ ტ/მ²;

ა) დატვირთვის მოდების მომენტში

ბ) დატვირთვის მოდებიდან 24 სთ-ის შემდეგ

5. სქემა №5

საკუთარი წონა +მალში $L= 2,1$ მ განივად და $L= 0,9$ მ სიგანეზე განაწილებული დატვირთვა $q=0.335$ ტ/მ²;

ა) დატვირთვის მოდების მომენტში

ბ) დატვირთვის მოდებიდან 24 სთ-ის შემდეგ

6. სქემა № 6

თანაბრად განაწილებული დატვირთვა $q=0.335$ ტ/მ² მთელ ფილაზე;

ა) დატვირთვის მოდების მომენტში

ბ) დატვირთვის მოდებიდან 24 სთ-ის შემდეგ

7. სქემა № 5

თანაბრად განაწილებული დატვირთვა $q=0.335$ ტ/მ² მთელ ფილაზე + $q=0.335$ ტ/მ² მალში $L= 0,6$ მ განივად

ა) დატვირთვის მოდების მომენტში

ბ) დატვირთვის მოდებიდან 24 სთ-ის შემდეგ

8. სქემა -11 დატვირთვის მოხსნის შემდეგ



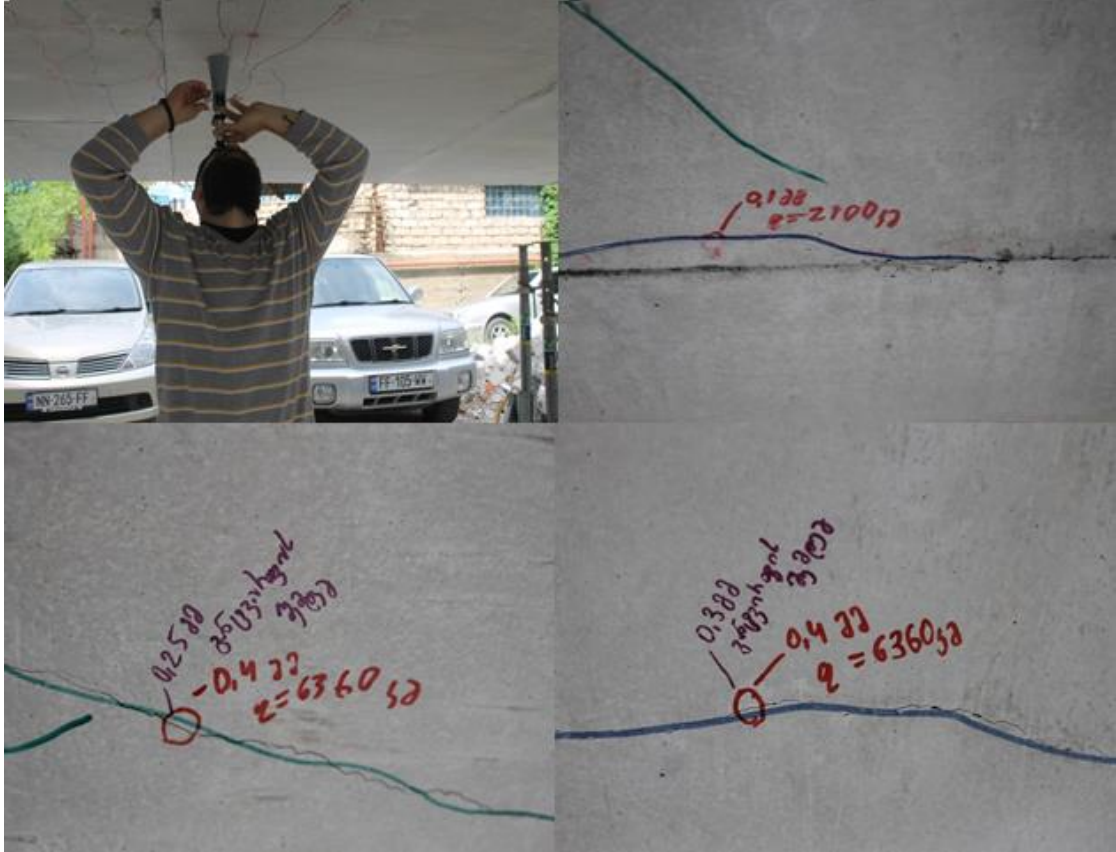
სურ. № 2.15 ფილის დატვირთვა

სურათებზე ნაჩვენებია ფილის დატვირთვის პროცესი სხვადასხვა სტადიებში.

ბზარების წარმოქმნა დაიწყო №4 დატვირთვის სქემის დროს, ნახ. №2.5 ბზარის მაქსიმალური გახსნის სიდიდე დაფიქსირდა 0,5 მმ. რის შემდეგაც მოხდა ფილის განტვირთვა.

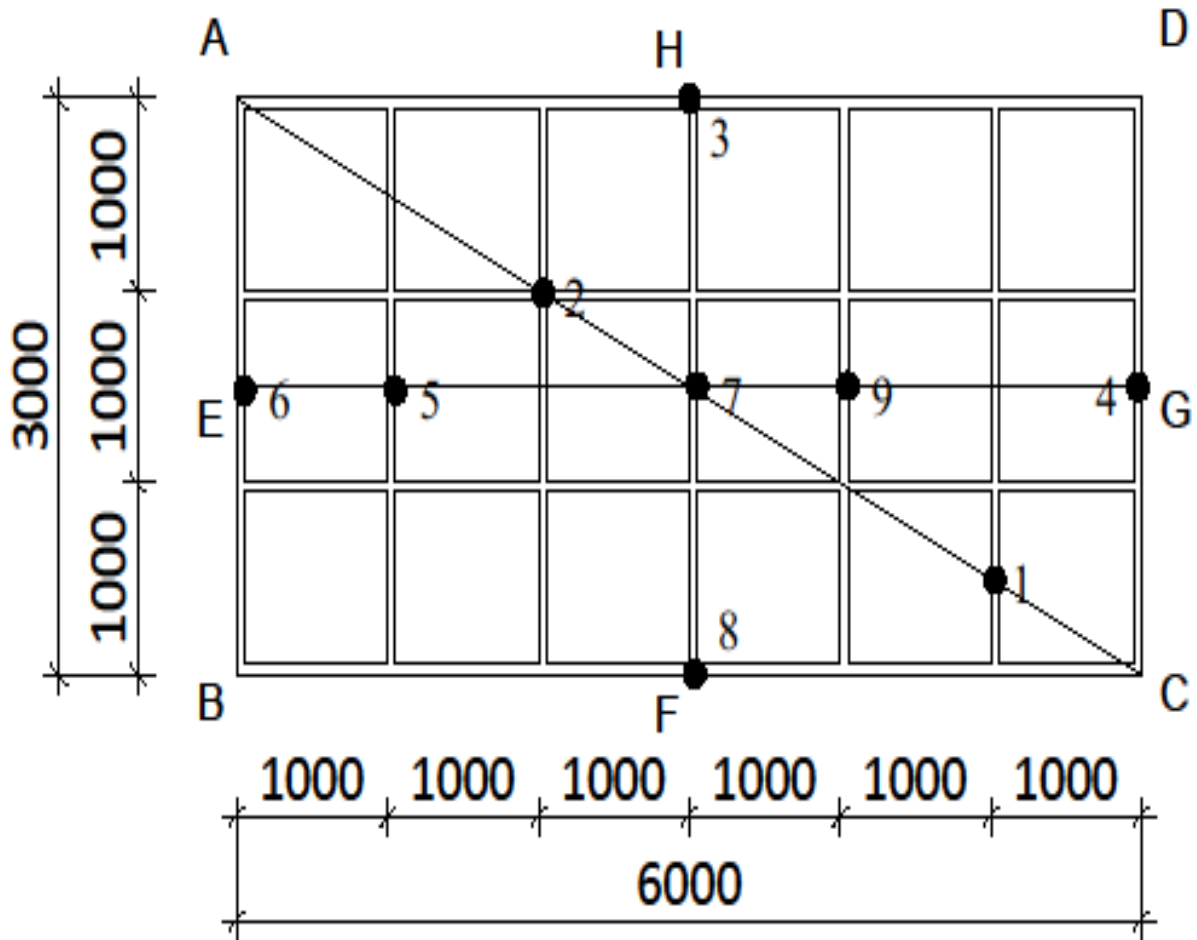
განტვირთვის შემდეგ დაფიქსირებული იქნა ნარჩენი დეფორმაციები.

		დატვირთვა											
		ინდიკატორი №											
		საკუთარი წონა, ნაწილობრივი დგარებით	საკუთარი წონა, სრულად მოხსნილი დგარებით	საკუთარი წონა, სტაბილიზაციის შემდეგ	დატვირთვა 900 კგ	დატვირთვა 2100 კგ	დატვირთვა 2100 კგ სტაბილიზაციის შემდეგ	დატვირთვა 3540 კგ	თანაბრად განაწილებული დატვირთვა, 316,6 კგ/მ²	თანაბრად განაწილებული დატვირთვა, 316,6 კგ/მ²+660 კგ	თანაბრად განაწილებული დატვირთვა, 316,6 კგ/მ²+660 კგ სტაბილიზაციის შემდეგ	დატვირთვის მოხსნის შემდეგ	შენიშვნა
სქემა 1	სქემა 2		სქემა 3	სქემა 4		სქემა 5	სქემა 6	სქემა 7		სქემა 8			
გაბრუნების	1	0,55	2,27	2,49	2,80	3,93	4,36	4,40	6,44	6,79	7,31	-4,81	
	2	0,61	3,32	3,72	4,37	6,93	7,73	7,90	12,50	17,43	18,57	-10,45	
	3	0,31	3,71	4,30	4,89	8,42	9,42	11,23	15,02	20,15	21,62	-12,20	
	4	0,51	0,87	0,76	0,81	0,89	0,94	1,01	1,19	1,04	1,17	-0,87	
	5	0,57	2,10	2,27	2,65	3,87	4,32	4,95	6,84	9,90	10,56	-6,23	
	6	0,49	0,62	0,58	0,63	0,59	0,59	0,68	0,76	0,75	0,87	-0,64	
	7	0,82	4,20	4,91	5,73	9,33	10,43	14,29	16,11	22,62	24,14	-14,16	
	8	0,56	4,48	5,10	5,89	9,39	10,42	14,21	16,03	22,72	24,18	-14,78	
	9	0,76	3,61	4,23	4,88	7,33	8,12	8,30	12,43	18,34	19,43	-12,23	

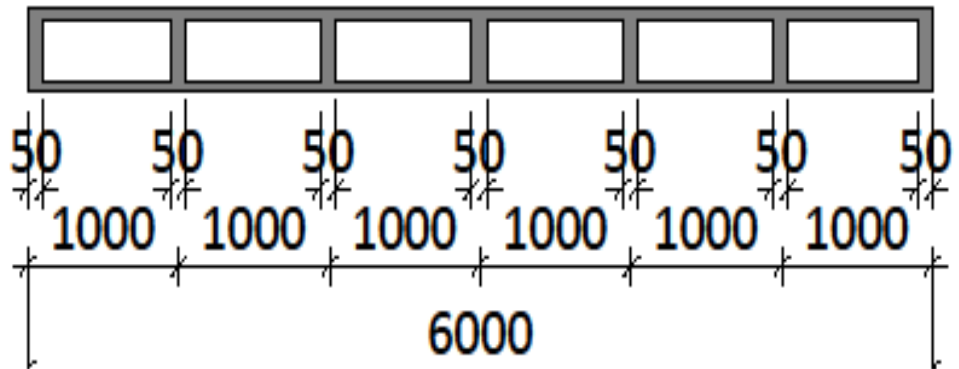


სურ. № 2.16 ბზარების მონიტორინგი

საზომი ხელსაწყოების განთავსების სქემა



ჭრილი E-G



ნახ. №2.1 ინდიკატორების განლაგების სქემა

მესამე თავში განხილულია სასრულ ელემენტთა მეთოდის არსი. ბოლო წლებში კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარებამ დასაბამი მისცა რიცხვითი მეთოდების სრულყოფასა და მათ პრაქტიკულ რეალიზაციას, კერძოდ სასრულო ელემენტების მეთოდის განვითარებას, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი გახდა რთული ნაგებობების გაანგარიშება, რომელთა გადაწყვეტა სხვა არსებული მეთოდებით პრაქტიკულად შეუძლებელი იყო.

სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობაში ფართოდ გამოიყენება რკინაბეტონის თხელკედლიანი გადახურვები, რომლებიც შერწყმულია სხვადასხვა ღეროვან (რიგელები, სვეტები) სისტემებთან. ჩვენს შემთხვევაში საინტერესოა თხელკედლიანი გადახურვის ფილების მუშაობის ხასიათის დადგენა, მაგრამ ფილების გაანგარიშება დაიყვანება შესაბამისი სასაზღვრო პირობებიანი დიფერენციალური განტოლებების ინტეგრებასთან, რაც დიდ მათემატიკურ სიმძნელებთანაა დაკავშირებული. ამიტომ დიდი მნიშვნელობა შეიძინა მიახლოებითი რიცხვითი მეთოდების გამოყენებამ.

პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთი გავრცელებული მიდგომაა გამოსაკვლევი რთული კონტინუალური სისტემისათვის დისკრეტული საანგარიშო მოდელის შედგენა.

რთული კონტინუალური სისტემების დისკრეტული საანგარიშო მოდელით შეცვლა განპირობებულია გამოთვლითი ტექნიკის სწრაფი განვითარებით, რამდენადაც ასეთ შემთხვევაში შესაძლებელი ხდება ეფექტურად იქნეს გამოყენებული თანამედროვე ელექტრო გამომთვლელი მანქანები, ამასთან ამოცანის დისკრეტიზაცია საშუალებას გვაძლევს ნაგებობის დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა, ნაცვლად დიფერენციალური განტოლებებისა, ადვილად წრფივ ალგებრულ განტოლებათა სისტემების საშუალებით.

რთული კონტინუალური სისტემების დისკრეტიზაციის ერთ-ერთ მეთოდს წარმოადგენს სასრულ ელემენტთა მეთოდი. სასრულ ელემენტების გამოყენებით გაანგარიშებების დროს, ხდება გასაანგარიშებელი მოდელის დისკრეტიზაცია (დაყოფა) ცალკეული სასრულო ელემენტების, ღეროების და სამკუთხა (ოთხკუთხა)

ელემენტების საშუალებით. აღნიშნული სასრულ ელემენტების შეერთების კვანძებში იწერება უწყვეტობის განტოლებები რომელთა ამოხსნაც გვაძლევს საშუალებას განისაზღვროს საკვლევი ნაგებობის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა.

მეოთხე თავი დათმობილი აქვს რიცხვითი გაანგარიშების შედეგებს.

არსებული გადახურვების კვლევების შედეგად, მოცემულ სამუშაოში მიზნად დავისახეთ ჩაგვეტარებინა შემდეგი სამი ტიპის გადახურვის გაანგარიშება

1. რიგელებში ხისტად ჩამაგრებული მონოლითური რკინაბეტონის გადახურვის ფილები

2. ურიგელო (კონტურზე რიგელებით) მონოლითური რკინაბეტონის გადახურვის ფილები

3. ურიგელო სიღრუეებიანი მონოლითური რკინაბეტონის გადახურვის ფილები

ცხრილში მოცემულია სამი სხვადასხვა გადახურვის ფილის მასალის ხარჯები და მათი შედარება.

№	გადახურვის ფილა	პერიოდი	ჰორიზონტალური გადაადგილება		ჩალუნვა	მასალის ხარჯი ერთ სართულზე	
		T	X	Y	Z	ბეტონი	არმატურა
1	ფილა სიღრუეებით	1,52	48,9	44,7	7,8	70 მ ³	8,7 ტ
2	რიგელებზე ხისტად ჩამაგრებული ფილა	1,64	59,1	43,2	9,3	100 მ ³	12,5 ტ
3	ფილა პერიმეტრზე ხისტად ჩამაგრებული	1,88	70,7	50,2	10,2	95 მ ³	10,0 ტ

ძირითადი დასკვნები და რეკომენდაციები

1. თანამედროვე პირობებში, ურიგელო სიღუეებიანი გადახურვების კრიტიკული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მიუხედავად დიდი დაინტერესებისა ასეთი ტიპის გადახურვები ნაკლებადაა შესწავლილი, ხოლო არასაკმარისი ექსპერიმენტალური და თეორიული გამოკვლევები აფერხებენ ასეთი ტიპის გადახურვების გამოყენებას მშენებლობაში.

2. მოცემულ სამუშაოში ჩატარებული ექსპერიმენტალური და თეორიული კვლევების ანალიზი აჩვენებს, რომ წარმოდგენილი საანგარიშო სქემა საკმარისად ზუსტად ასახავს კონსტრუქციის მუშაობას ექსპლოატაციის პირობებში.

3. გაანგარიშებების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ ურიგელო სიღუეებიანი გადახურვები, რომელთაც პირობითად შეიძლება ვუწოდოთ ორთოგონალურ წიბოებიანი, ორმხრივ სიღუეებიანი მონოლითური რკინაბეტონის ფილები, ტრადიციულ გადახურვებთან შედარებით, იძლევა ბეტონის – 30 % და არმატურის 15%-დან 25%-მდე ეკონომიას.

4. შენობა ნაგებობებში, ორთოგონალურ წიბოებიანი, ორმხრივ სიღუეებიანი მონოლითური რკინაბეტონის ფილების გამოყენებისას ბეტონის მოცულობის შემცირების ხარჯზე მცირდება შენობის მასა.

5. ორთოგონალურ წიბოებიანი, ორმხრივ სიღუეებიანი მონოლითური რკინაბეტონის ფილების გამოყენება ამცირებს ძალვებს საძირკვლებში, სვეტებში, რიგელებსა და გადახურვებში, რაც იწვევს ამ ელემენტებში არმირების შემცირებას

6. ორთოგონალურ წიბოებიანი, ორმხრივ სიღუეებიანი მონოლითური რკინაბეტონის ფილების მქონე შენობების სეისმიურ ზემოქმედებაზე გაანგარიშებისას, მასის შემცირება იწვევს რხევის პერიოდის, ჰორიზონტალური გადაადგილებების, სვეტებში მღუნავი მომენტის შემცირებას.

7. ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შესაძლებელია დავადგინოთ, რომ ორთოგონალურ წიბოებიანი, ორმხრივ სილუეებიანი მონოლითური რკინაბეტონის ფილების გამოყენება უფრო ეკონომიურს ხდის შენობა ნაგებობებს.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შემდეგ ნაშრომებში:

1. ზ. გუბელიძე, ვ. დვალიშვილი, ო. გორგიშვილი, თ. ნინიძე. ექსპერიმენტის დაგეგმვის საფუძველები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“ ISSN 1512-0120 №4(72), თბილისი 2014.

2. ვ. გუბელიძე, ბ. ხაჩიძე, თ. ნინიძე. Вчисление перемещений оболочечного конечного элемента через перемещения его узлов.

3. მ. ლორთქიფანიძე, ო. გორგიშვილი, ი. სალუქვაძე, ნ. ბოჭორიშვილი, ა. თათანაშვილი, თ. ნინიძე. ადგილობრივ საშენ მასალებზე დამზადებული დანამატიანი სამშენებლო მასალების თვისებების კვლევა და დანერგვა სამშენებლო წარმოებასა და საავტომობილო გზების ინფრასტრუქტურაში სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“ №4(80), თბილისი 2016.

4. თ. ნინიძე. ურიგელო ღრუტანიანი მონოლითური გადახურვა. სტუდენტთა 84-ე ღია საე-რთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. საინჟინრო მექანიკის და მშენებლობის ტექნიური ექსპერტიზის სექცია.

5. ლ. ზამბახიძე, თ. ნინიძე. ორთოგონალურ წიბოებიანი, ორმხრივ სიცარიელებიანი, მონოლითური გადახურვის ფილების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის ექსპერიმენტალური კვლევა. „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“ №4, 2017 წ.

6. ლ. ზამბახიძე, თ. ნინიძე. ორთოგონალურ წიბოებიანი, ორმხრივ სიცარიელებიანი, მონოლითური გადახურვის ფილების საანგარიშო სქემის დაზუსტება. „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“ №1, 2018 წ.

Abstract

Reinforced concrete coverings are one of the most important structural elements in civil and industrial engineering. The purpose of the work is to create a exact design model of floor slab with orthogonal ribs and bilateral hollows, which relatively accurately reflects the aspects of the behavior of such slabs on static as well as on dynamical impacts and maximally approximate the design layout with real conditions.

The scientific novelty represents in a natural experimental research.

According to the design diagram received by the research is determined the mode of deformation of the presented covering and is compared with the traditional floor slabs.

Analysis of experimental and theoretical research shows that the presented design diagram sufficiently precisely reflected the behavior of structure in operation. The monolithic reinforced concrete slabs with the orthogonal ribs and bilateral hollows compared to the traditional coverings, gives savings in concrete up to 30% and in reinforcement bar from 15% up to 25%.

In buildings, at application of monolithic reinforced concrete slabs with orthogonal ribs and bilateral hollows due the decrease in the concrete volume reduces the building mass and therefore decreases the stresses in the foundations, columns, girders and slabs, causing the reduction of reinforcement bar in these elements.

The application of monolithic reinforced concrete slabs with orthogonal ribs and bilateral hollows makes the building structures more economical.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. სასრულ ელემენტთა მეთოდი-გ. ლალუნდარიძე, ს. ბლიაძე, ზ. სესკურია
2. О. Зенкевич. И. Чанг, МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТЕОРИИ СООРУЖЕНИЙ И В МЕХАНИКЕ СПЛОШНЫХ СРЕД
3. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции.-М.,1989.-80 с.
4. СП 52-103-2007 Железобетонные монолитные конструкции зданий Москва 2007
5. Иванов, А. Развитие теории и прикладных методов оценки силового сопротивления монолитных гражданских зданий с учетом нелинейности деформирования. Автореф. на соиск. степени докт. тех. наук: 05.23.01, М., 2008 – 45с.
6. Клецов, В.А. Действительная работа узлов плоской безбалочной бескапитальной плиты покрытия с колоннами при продавливании / В.А. Клецов, А.Н. Болгов // Бетон и железобетон. – №32. 2005. – с.17-19.
7. Мурашкин, В.Г. Испытание моделей стыка колонн и перекрытия в монолитных зданиях / В.Г. Мурашкин // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование, наука, практика: материалы регионал. 59-й науч.-техн. конф. – Самара, 2002. – с.56-58.
8. Дорфман, А.Э. Проектирование безбалочных бескапитальных перекрытий /А.Э. Дорфман, Л.П. Левонтин. - М.: Стройиздат, 1975. – 124с.
9. Руководство по расчёту статически неопределимых железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями, – М., Стройиздат 1975, – 32с.
- 10.Руководство по проектированию железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями, – М.: Стройиздат 1979. – 54с.
- 11.Карпенко Н.И. О современных построениях критериев прочности бетонных и железобетонных элементов // Бетон и железобетон. – 1997, №3 – с. 4-7
- 12.Карпенко Н.И. Общие методы механики железобетона. – М., Стройиздат, 1996. – 416 с.
- 13.Залесов А.С. Расчёт прочности железобетонных элементов при действии

- поперечных сил и кручении // Бетон и железобетон. – 1976, №6 – с. 22-24
14. Залесов А.С., Климов Ю.А. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил. Киев., Будевельник, 1989. – 104 с.
 15. Рочняк О.А. Сопротивление поперечному изгибу железобетонных элементов с продольной и отогнутой арматурой (при наличии и отсутствии сцепления с бетоном): Автореф. на соиск. степени канд. тех. наук: 05.23.01 / НИИЖБ Госстроя СССР, М., 1994. – 46 с.
 16. Васильев П.И., Рочняк О.А. Сопротивление железобетонных элементов поперечным силам. Минск., Наука и техника. – 1978. – 88 с.
 17. Розин Л.А. Задачи теории упругости и численные методы их решения. СПб.: изд-во СПбГТУ, 1998. – 532 с.: ил.
 18. Talbot A.N. Reinforced concrete wall footing and column footing / Bulletin JVb67, University of Illinois Engineering Experiment Station, 1913.
 19. Richart F. and Klyge R. test of reinforced Concrete Slabs Subjected to Concentrated Loads / Bulletin N314, University of Illinois Engineering Experiment Station, 1939.
 20. Hognestad E. Shearing Strength of Reinforced Column Footings / Journal ACI, v.50, N3, 1953.
 21. 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.
 22. Staller M. Analytische und numerische Untersuchungen des Durchstanztagverhalten spunktgestutzter Stahlbetonplatten Diss., TU Munchen 2001.
 23. Leseth S., Slatto A., Syvertsen T. Finite Elements Analyses of punching shear failure of reinforced concrete slabs / Nordic concrete research №1 Oslo 1982.
 24. Marzouk H. and Hussein. A. Experimental Investigation on the Behavior of High-Strength Concrete Slabs / ACI Structural Journal. V. 88, N 6, Nov. – Dec. 1991. pp. 701-713.
 25. Bianchini A.C., Woods R.E., Kesler C.E. Effect of Floor Concrete Strength on Column Strength / Journal of the American Concrete Institute, V. 31, No. 11, 1960, pp.

1149-1169

26. Болгов А. Расчет узлов сопряжения колонн с плоскими безбалочными перекрытиями // НИИЖБ. Научные изыскания – №5/2005 "Строительная инженерия" 2005г.
27. Козак Ю. Конструкции высотных зданий. М., Стройиздат – 1986. – 240 с.
28. Мурашев В.И. Железобетонные конструкции: Общий курс: учеб. для вузов по спец. «Промышленное и гражданское строительство» / Мурашев В.И., Сигалов Э.Е., Байков В.Н.; под ред. П.Л. Пастернака – М.: Госстройиздат, 1962. – 659 с.
29. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с жесткой арматурой, М.: Стройиздат 1978 – 55 с.
30. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М.: ГУП «НИИЖБ» ФГУП ЦПП – 2004 – 53 с.
31. Карпенко Н.И. Общие методы механики железобетона. – М., Стройиздат, 1996. – 416 с.
32. Ватин Н.И., Иванов А.Д. Сопряжение колонны и безребристой бескапитальной плиты перекрытия монолитного железобетонного каркасного здания. Дис. на соиск. квалиф. магистра: 05.23.01., СПб., 2006 – 81с.
33. Саргсян А.Е., Демченко А.Т., Дворянчиков Н.В., Джинчвелашвили Г.А. Строительная механика. Основы теории с примерами расчётов: Учебник / Под. Ред. А.Е. Саргсяна. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. Шк., 2000. – 416 с.
34. Н.А.Крылов, А.А.Воеводин, К.А.Глуховской, Д.П.Хлутков. Оптимизация расчетных параметров строительных конструкций. Стройиздат. Ленинград. 1989. - 112 с.
35. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. – М.: ОАО "ЦНИИПромзданий, 2005. – 214с.
36. Плясунов Е.Г. Бескапитальный стык колонны и перекрытия с комбинированным армированием в монолитном железобетонном безбалочном каркасе. Автореф. На соиск. Степени канд. Тех. Наук: 05.23.01, Красноярск, 2006.

37. А.с. 307169 СССР, МПК Е 04 С 2/00. Стыковое соединение безреберной плиты/ В.В. Бургман, М.Ф. Фишера, А.Б. Шумилин (СССР). – 1356314/29-14; заявл. 07.08.1969; опубл. 21.06.1971, Бюл. №20.
38. А.с. 1756493 СССР, МПК Е 04В 5/02. Каркас здания/В.Г. Корнилов (СССР). – 4734268/33; заявл. 01.09.1989; опубл. 23.08.1992, Бюл. №31.
39. А.с. 43892 RU, МПК Е 04 В 5/43. Стыковое соединение безбалочного железобетонного перекрытия с колонной/ Н.А. Сивчук (RU). – 2004129115/22; заявл. 04.10.2004; опубл. 10.02.2005, Бюл. 7.
40. <http://www.cobiax.com/products>
41. <http://en.daliform.com/products/construction-division/systems-for-lightening-slabs/u-boot-beton.php>
42. ბ. ბიბუა-რკონაბეტონის კონსტრუქციები
43. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности
44. Лосаберидзе Ан.А. Динамика континуальных арочных систем при сейсмических воздействиях. Тбилиси მეცნიერება 1979. 123с.
45. Зенкевич О.С. Метод конечных элементов в технике. Перевод с английского. М.: Мир, 1975. — 543 с.
46. Смирнов А .Ф ., Александров А .В ., Лащеников Б .Я ., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. - М.: Стройиздат, 1984
47. Смирнов А .Ф. РАСЧЕТ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ НА СОБСТВЕННЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ Методические указания к домашнему заданию. М.;1984
48. Р.Клаф, Дж.Пензиен Динамика сооружений, М.:Стройиздат, изд-во Высшая школа 1979
49. Корчинский И.Л. - Сейсмостойкое строительство зданий изд-во Высшая школа 1971 318 с.
50. Александров А.В., Лашеников Б.Я., Шапошников Н.Н., Строительная механика, тонкостенные пространственные системы. Стройиздат, 1983 488с.