

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერი უფლებით

ვლადიმერ კიკაძე

ბაზალტპლასტიკური არმატურის ბეტონთან შეჭიდულობის დაძაბულ-
დეფორმირებული მდგომარეობის კვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაცია

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა „მშენებლობა“

შიფრი 0732

თბილისი

2024 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
სამშენებლო ფაკულტეტის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის
და სამშენებლო მექანიკის დეპარტამენტში.

**კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული
სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით [№PHDF-22-852]**

სამეცნიერო ხელმძღვანელები : პროფესორი თამაზ ხმელიძე
პროფესორი გელა ყიფიანი

რეცენზენტები : ფატიმა ვერულაშვილი
ბიძინა აბესაძე

დაცვა შედგება 2024 წლის „___“ „_____“ „___“ საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის
სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე, სტუ-ს I
კორპუსი, 5 სართული, აუდიტორია 508
მისამართი: 0160, თბილისი, მ. კოსტავას ქ.77
დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო
ავტორეფერატისა ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე.

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი

დ. ტაბატაძე

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

მშენებლობის სხვადასხვა სფეროში გამოყენების თვალსაზრისით, ქართულ ბაზალტს მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია, რასაც, პირველ რიგში, მისი შედარებითი სიიარვე, გამძლეობა და კოროზიამდეგობა განაპირობებს.

ფოლადის არმატურის ექსპლუატაციიდან გამოსვლის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მიზეზი კოროზიაა, რაც გამოწვეულია აგრესიული გარემოსა და ტენის ზემოქმედებით, რაც იწვევს როგორც ბეტონის, ასევე ლითონის არმატურის კოროზიას. ბეტონის მზიდ ელემენტებში ხდება მიკრობზარების წარმოქმნა, რის გამოც ჰაერი და ტენი ადვილად აღწევს არმატურამდე დამცავი შრის გავლით, არმატურამდე, რის შედეგად ხდება კოროზია. ეს კი საბოლოო ჯამში იწვევს კონსტრუქციის ზიდვის უნარის შემცირებასა და რღვევას.

თემის აქტუალობა: განხილულია კონსტრუქციული კომპოზიტური მასალების, მათ შორის ბაზალტპლასტიკური არმატურის შექმნის, წარმოებაში დანერგვისა და განვითარების ტენდენციის საკითხები, მათი მშენებლობაში გამოყენების აქტუალობა, დამაბულ დეფორმირებული მდგომარეობის გამოკვლევა, თანამედროვე მდგომარეობა და პერსპექტივები.

ძირითადი აქცენტი გაკეთებულია მშენებლობისთვის საჭირო კონსტრუქციების განხილვაზე, აგრეთვე თეორიული ცოდნის გაღრმავებაზე.

თანამედროვე სამშენებლო ინდუსტრიის განვითარების დონე საშუალებას იძლევა შენობების სარეკონსტრუქციო და სარემონტო სამუშაოების ჩატარებისას ტრადიციული მასალებისგან დამზადებული ზოგიერთი ელემენტი შეიცვალოს უმნიშვნელოდ მოდიფიცირებული კომპოზიტური ელემენტით.

ამჟამად წარმოების ყველა სფეროში სწრაფად ვითარდება სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი, რაც მოითხოვს ახალ მასალების დიდ რაოდენობას კონკრეტული თვისებებით. იზრდება მოთხოვნა მაღალი სიმტკიცის, სიმაგრის, მხურვალმედეგ და

კოროზია მდგრად მასალებზე, ასევე ისეთებზე, სადაც ეს თვისებები ერთმანეთთან შეხამებულია. დღევანდელ დღეს ცნობილია ასი ათასობით ბუნებრივი (არაკომპოზიტური) და ხელოვნური მასალა, რომლებიც უკვე ვერ აკმაყოფილებენ გაზრდილ მოთხოვნებს. ახალი მასალების აღმოჩენა იშვიათია, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ „ჩვეულებრივი“ მასალების უმრავლესობა უკვე გაწვდილია და ახალი სახეობის მოლოდინი პრაქტიკულად მინიმალურია. თუმცა, სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი მოითხოვს ახალი კონსტრუქციული მასალების შექმნას, ამიტომ საჭიროა არსებული მასალების გამოყენებით შექმნან თანამედროვე ლითონური და პოლიმერული კომპოზიტური მასალები. ამ ფონზე საგრანტო პროექტი „ქართული ბაზალტპლასტიკური არმატურის ბეტონთან შეჭიდულობის დაძაბულ დეფორმირებულ მდგომარეობის გამოკვლევა“ უდაოდ აქტუალური საკითხია.

თანამედროვე მშენებელს ხშირად უწევს შეხება პოლიმერულ მასალებთან არა მხოლოდ ტექნიკაში, არამედ ყოველდღიურ ცხოვრებაშიც, ამიტომ ამ ტიპის მასალების ძირითადი თვისებების ცოდნა და მათი სწორი გამოყენების უნარის განვითარება ძალიან მნიშვნელოვანია. შემოთავაზებული პროექტის მიზანიც სწორედ ამ მიმართულებით საფუძვლიანი ცოდნის მიღებაა პოლიმერული კომპოზიტური მასალების და კონსტრუქციების შესახებ.

ნაშრომში გამოკვლეულია კონსტრუქციების გაძლიერება კომპოზიტური მასალების გამოყენებით.

დისერტაციის მიზანი: ექსპერიმენტული და თეორიული კვლევების საფუძველზე დადგინდეს ქართული ბაზალტპლასტიკური არმატურის ბეტონთან შეჭიდულობა და ამ მიზნის მისაღწევად უნდა გადაწყდეს შემდეგი პრობლემები:~

- ბაზალტპლასტიკური არმატურის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების დადგენა: არმატურის სიმტკიცე გაჭიმვაზე და დეფორმირებადობა, არმატურის ელასტიურობის მოდულის განსაზღვრა მისი დაჭიმვისა და შეკუმშვის დროს;

- ბაზალტპლასტიკური არმატურის შეფასება აგრესიულ გარემოში;
- ექსპერიმენტული კვლევების გრაფიკული დამოკიდებულებების შეფასება ანალიტიკური დამოკიდებულებების სახით;
- ნახევრად ინდუსტრიული ბეტონის კონსტრუქციების ექსპერიმენტული გამოცდებისა და კვლევების შედეგების საფუძველზე შემუშავდეს თეორიული საფუძველი ბაზალტპლასტიკური არმატურის ბეტონთან შეჭიდულობის;
- რეკომენდაციების შემუშავება ბაზალტპლასტიკური არმატურით ბეტონის კონსტრუქციების ცალკეული ელემენტებისა და კვთების დაარმირებისას;
- ბაზალტპლასტიკური არმატურის გამოყენების ეფექტურობის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება.

კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ქართული ბაზალტპლასტიკური არმატურით დაარმირებული ბეტონის კონსტრუქციები.

მეცნიერული სიახლე: გამოკვლეულია შენობა-ნაგებობების კონსტრუქციების დაპროექტება, რეკონსტრუქცია და გაძლიერება ბაზალტპლასტიკური არმატურის გამოყენებით; საექსპლუატაციო დატვირთვების ცვლილებების ზემოქმედება შენობა-ნაგებობის სტრუქტურაზე; კომპოზიტური არმატურის უპირატესობები და მათი გავლენა სამშენებლო ობიექტის ეკონომიკურ მახასიათებლებზე ;

- ჩატარდა ბაზალტპლასტიკური არმატურით დაარმირებული ბეტონის კონსტრუქციების კვლევები და ექსპერიმენტული და თეორიული გამოცდები მათი ზიდვის უნარის დასადგენად, რომელიც ემთხვევა თეორიულ შედეგებს;
- გამოვლინდა ბაზალტპლასტიკური არმატურის ბეტონთან შეჭიდულობის მექანიზმი და შეფასდა აგრესიულ გარემოში ლითონისა და ბაზალტპლასტიკური არმატურით დაარმირებული კონსტრუქციების დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა;

კვლევის მეთოდოლოგია: მშენებლობაში კომპოზიტური არმატურის ყველაზე მეტად გავრცელებული სახეობაა მინაკომპოზიტური (მინაპლასტიკური) და ბაზალტკომპოზიტური (ბაზალტპლასტიკური) არმატურები. არმატურის მიღების ტექნოლოგიური პროცესი ავტომატიზებულია, მიმდინარეობს მინიმალური რაოდენობის ადამიანების მონაწილეობით და მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

1. ნედლეულის მომზადება. ამ ეტაპზე ხდება ბაზალტის ქვების გადნობა და შემდეგ მისი გამოწევა ძაფებად დიამეტრით 10-20 მიკრონი. მიღებულ ძაფებს ამუშავებენ ზეთში (პოლიეთერული, ეპოქსიდური, ფენოლფორმალდეჰიდური, თერმოპლასტიკური და სხვ.) და შეახვევენ შედარებით მსხვილ წნულად, რომელსაც როვინგი ეწოდება;

2. სპეციალური მექანიზმის მეშვეობით, რომელსაც შეუძლია ერთდროულად როვინგის 60-მდე ძაფის მიწოდება, ბაზალტბოჭკოები მიეწოდება დაჭიმვის მექანიზმს;

3. დაჭიმვის შემდეგ, გარკვეული წესრიგით განლაგებული ძაფები ექვემდებარება თერმულ დამუშავებას ცხელი ჰაერით, ტენის, ზეთისა და სხვადასხვა ჭუჭყის მოსაცილებლად;

4. გასუფთავებული როვინგი ჩაიძირება ცხელი ზეთის აბაზანაში საფუძვლიანი გაჟღენთვისათვის, საიდანაც ძაფი მიემართება ფილერებში ღეროს საჭირო დიამეტრის მისაღებად; დაპროფილებული ღეროს მისაღებად, მასზე სპირალურად ახვევენ საჭირო დიამეტრის როვინგის წნულს;

5. ფორმირებული ღერო თავსდება ლუმელში და მიმდინარეობს შემკვრელი ნივთიერების პოლიმერიზაცია;

6. მზა არმატურა ცივდება ჩვეულებრივი გამდინარე წყლით;

7. დიამეტრის მიხედვით მზა პროდუქციას ახვევენ დოლზე მორგებულ ან ჭრიან საჭირო სიგრძეზე

ქ.რუსთავის ფირმა „ბაზალტ ფაიბერის“ საწარმოში 10 წელზე მეტია მიმდინარეობს ბაზალტის ბოჭკოების (შესაბამისად არმატურის ღეროებისა და ბადეების) დამზადება.

გამოშვებული პროდუქციის ნომენკლატურაა: არმატურა დიამეტრით 4-28 მმ, არმატურის ბადე, დაჭრილი ბოჭკო, გეოგრიდი, ლენტი, ქეჩა.

შედეგების უტყუარობა განპირობებულია იმით რომ გადამწყვეტი განტოლებების ფორმირებისას გამოიყენება საყოველთაოდ მიღებული ჰიპოთეზები და დაშვებები, რომელთა კორექტულობა დამტკიცებულია. ქართული ბაზალტპლასტიკური არმატურის ბეტონთან შეჭიდულობის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გამოკვლევა ავტორის მიერ შემუშავებული მეთოდით. უტყუარობა მტკიცდება აგრეთვე სხვადასხვა ავტორების მიერ მიღებული თეორიული და ექსპერიმენტალური შედეგების დამაკმაყოფილებელი თანადამთხვევით.

სადისერტაციო სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა. ქართული ბაზალტპლასტიკური არმატურით დადადარმირებული ბეტონის კონსტრუქციების ყოვლისმომცველი კვლევისა და ტესტირების შედეგად დადასტურდა მათი ეფექტურობა და გამძლეობა.

გამოიცადა ბაზალტბეტონის ფილები თანაბარგანაწილებული დატვირთვის სტატიკურ მოქმედებაზე. ასევე გამოიცადა ბაზალტის არმატურის ანკერები ბეტონიდან ამოძრობაზე. ბაზალტის არმატურის, აკერების ბეტონიდან ამოძრობაზე ნიმუშები გამოიცადა უნივერსალური ჰიდრაულიკური წნეხის $\Pi\Pi-100 \Pi y$ (გერმანია) საშუალებით.

ჩვენს მიერ გამოცდილი ნიმუშების არმატურების ფაქტიური დიამეტრი მათი დამამზადებლის განცხადებით, რამდენამდე განსხვავდება ნომინალურისაგან და შეადგენს ცხრილი 8-ში ნომინალურის ქვემოთ ნაჩვენებ სიდიდეებს.

ბაზალტბეტონის კოჭების გამოცდა თანაბარგანაწილებულ დატვირთვაზე ჩვენს მიერ ჩატარდა ქ. რუსთავში შ.პ.ს. „ბაზალტ ფაიბერსის“ საწარმოო ბაზაზე. გამოცდის მიზანია ბაზალტბეტონის ღუნვადი ელემენტების დეფორმაციულ-მექანიკური მახასიათებლების დადგენა თანაბარგანაწილებული სტატიკური დატვირთვის

მოქმედებაზე. გამოცდები ჩატარდა ბაზალტბეტონის კოჭებზე, რომელთა ზომები ახლოსაა ნატურალური კონსტრუქციების ზომებთან.

კოჭები გამოვცადეთ თანაბარგანაწილებული ტვირთის სტატიკურ მოქმედებაზე, როგორც ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე ღუნვადი ელემენტები. ერთი სერიის ორივე კოჭი გამოიცადა შეწყვილებულად საერთო საყრდენებზე განთავსებული. კოჭების საყრდენები ორივე იყო სახსროვანი: ერთი უძრავი, მეორე მოძრავი.

ნაშრომის აპრობაცია: დისერტაციის ძირითადი შედეგები მოხსენებული იქნა სასწავლო პროცესში სამ კოლოქვიუმზე. (2021-2024 წ.)

ნაშრომის მოცულობა: დისერტაცია შედგება შესავლის, ოთხი თავის და ძირითადი დასკვნების, ლიტერატურის და დანართებისგან; იგი შეიცავს 116 გვერდს. წარმოდგენილია 9 ცხრილი, 17 ნახაზი და 55 სურათისგან.

პუბლიკაციები. დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 8 სამეცნიერო ნაშრომი, მათ შორის 5 კონფერენციის თეზისები.

1. Balanchivadze, L., Matitashvili, B., Kikadze, V., & Sakhvadze, R. (2024). DYNAMIC COMFORT CONSIDERATIONS IN THE DESIGN OF HIGH-RISE. AGG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and Related Scientific Fields.
2. Chanturia, M., Kikadze, V., Chanturia, T., Buksianidze, A., & Iashvili, K. (2024). Calculation of vantur bridge stiffness coil considering vanture conformity. The 4th International conference "Problems of engineering sciences" (p. 117). Batumi: Publishing house "Universal".
3. Khmelidze, T., Kikadze, V., & Rajczyk, M. (2022). A study of basalt-composite reinforcement of Georgian production and standard preparation. XIX international scientific-technical conference, Materials and energy saving technologies constructions of optimized energy potential (pp. 48-52). Czestochowa-Katowice, Poland: Zeszyty Naukowe Politechniki Czestochowskiej nr 29 , ISSN 0526-5916.

4. Kikadze, V. (2022). Damage to structures made of composite during operation. Problems of Engineering sciences (Yerevan university of international relations named after A. Shirakatsi Yerevan - Republic of Armenia) Book Of Abstract (p. 33). Yerevan: Edited by Gela Kipiani.
5. Kipiani, G., Korkia, K., Magradze, T., & Kikadze, V. (2022). Investigating the stress-deformed states of Georgian basalt-plastic reinforcement. 4 International Baku scientific research congress, Abstract Book. (p. 151). Baku: IKSAD Publishing House. Editors: Prof.Tarlan Abdullayev, Prof. Fakhreddin Mammadov, Assoc. Prof. Dr. Rahib Imamgulyev, ISBN: 978-625-7898-70-6.
6. კიკაძე, ვ. (2022). ქართული ბაზალტპლასტიკური არმატურის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა. მოამბე XLIII MOAMBE #43, 63 გვ.
7. კიკაძე, ვ., ყიფიანი, გ., & ხმელიძე, თ. (2023). ქართული ბაზალტის წარმოება და ბაზალტპლასტიკური არმატურის ბეტონთან შეჭიდულობის კვლევა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა საერთაშორისო კონფერენცია ინოვაციური ტექნოლოგიები ინჟინერიაში, მოხსენების კრებული (p. 118). თბილისი: საგამომცემლო სახლი "ტექნიკური უნივერსიტეტი".
8. ლოსაბერიძე, მ., ჯანგიძე, ზ., & კიკაძე, ვ. (2021). ქანის მიმართული რღვევა აფეთქების ენერჯის გამოყენებით. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი "მშენებლობა" #4(60), 60.

ნაშრომის შინაარსი

შესავალი ასაბუთებს სადისერტაციო ნაშრომის არჩეული თემის აქტუალურობას, იძლევა ნაშრომის მოკლე რეზიუმეს, მის სამეცნიერო სიახლეს, პრაქტიკულ მნიშვნელობას, აგრეთვე დაცვისთვის წარდგენილი ნაშრომის ძირითად დებულებებს და შეიცავს ინფორმაციას აპრობაციის შესახებ.

პირველ თავში განხილულია კომპოზიტური მასალების მექანიკის სფერო, რომელიც ჯერ კიდევ განვითარების პროცესშია და არ სრულდება. მასალების მექანიკა მოიცავს კომპოზიტების მახასიათებლებს, მათ შორის მიკრომექანიკასა და მაკრომექანიკას. საუბარია ბოჭკოვან კომპოზიტებზე, რომლებიც ანიზოტროპულია და მათი მექანიკური თვისებები, როგორცაა სიმტკიცე, დეფორმირება და რღვევის პროცესები, დამოკიდებულია არმატურის და მატრიცის ტიპებზე. ასევე, განხილულია სტრუქტურული მიდგომები, რომლებიც კომპოზიტების თვისებების გაგებაში ეხმარება, და ვერულაშვილის, ყიფიანისა და ხმელიძის ნაშრომების გავლენა ამ მიმართულების განვითარებაზე. განხილულია კომპოზიტური მასალების წარსულში მიღწეული პროგრესი და მათი მომავალი პერსპექტივები, მათ შორის ენერჯის დაგროვების კონტექსტში.

მეორე თავში აღწერილია ბაზალტპლასტიკური არმატურის (ბაზალტური კომპოზიტის) გამოყენების თავისებურებები საქართველოში, განსაკუთრებით ბეტონთან შეჭიდულობის და მის მექანიკურ თვისებებზე. აღნიშნულია, რომ ბაზალტპლასტიკური არმატურა ცხადყოფს რამდენიმე უპირატესობას, როგორცაა მაღალი სიმტკიცე, კოროზიის წინააღმდეგობა და მდგრადობა აგრესიული გარემოს მიმართ. თუმცა, ჯერ კიდევ არ არსებობს სრულყოფილი მონაცემები და ტექნოლოგიები მისი გამოყენების შესახებ სამშენებლო ინდუსტრიაში.

მოცემულია ბაზალტპლასტიკური არმატურის მექანიკური და რეოლოგიური მახასიათებლები, რომლებიც მას საშუალებას აძლევს გამოიყენოს როგორც მაღალი დატვირთვის მქონე კონსტრუქციებში, ისე სარემონტო სამუშაოებში. განიხილება ბაზალტის ბუნებრივი რესურსები და მისი წარმოების ტექნოლოგია, რომელიც ემყარება ბაზალტურ ქანებს. ასევე, საუბარია ბაზალტური ბოჭკოების მწარმოებელ საწარმოთა წარმატებულ საქმიანობას და ბაზალტური არმატურის პოპულარიზაციას საერთაშორისო ბაზრებზე.

ყველა ამ თემასთან ერთად, 2-ე თავში ყურადღება გამახვილებულია ბაზალტპლასტიკური არმატურის შესაქმნელად საჭირო ნედლეულის მარაგის და ბაზალტის ქიმიური შემადგენლობის კვლევაზე, ასევე კომპოზიტური არმატურის ტექნიკური მახასიათებლების შესახებ.

**ქართული ბაზალტკომპოზიტური არმატურის
ქიმიური შედგენილობა**

ცხრილი 1

№	ბაზალტში შემავალი ქანგეულები	შემცველობა, %
1	SiO ₂	48-52
2	TiO ₂	0.2-2
3	Al ₂ O ₃	14-18
4	Fe ₂ O ₃	7-11
5	MnO	3.5-8.5
6	MgO	8-11
7	CaO	2.5-6
8	Na ₂ O	2.5-6
9	K ₂ O	>0.2

10	SO ₃	48-52
----	-----------------	-------

ასევე აღწერილია კომპოზიტური პოლიმერული არმატურის (კპა) ცალკეული მახასიათებლების განსაზღვრისა და გამოცდის პროცედურები, მათ შორის ნომინალური დიამეტრის განსაზღვრის მეთოდი, ცალ-ცალკე გამოცდების ჩატარების პირობები, გამოყენებული აპარატურა და მასალები, ასევე შედეგების დამუშავების პროცესი.

მთავარი პუნქტები:

1. ნომინალური დიამეტრის განსაზღვრის მეთოდი:

- მეთოდი, რომელიც ეფუძნება კპა-ს ნიმუშების ჰიდროსტატიკური აწონვის გამოყენებას.
- ნიმუშების შერჩევა ხდება შემთხვევითი მეთოდით და აუცილებელია შესაბამისი დოკუმენტაციის წარმოება.
- ნიმუშები უნდა იქნას შერჩეული გარემოში, სადაც მათი თვისებები არ იქნება დარღვეული.
- განსაზღვრულია სტანდარტული ატმოსფერული პირობები, რომელშიც უნდა მოხდეს ნიმუშების კონდიციონირება.

2. გამოცდის ჩატარების პირობები:

- გამოცდები უნდა ტარდებოდეს სტანდარტულ ატმოსფერულ პირობებში (ტემპერატურა $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ და ჰაერის ტენიანობა $50\% \pm 5\%$).
- ცალკე განიხილება სხვადასხვა ატმოსფერული კლასების პირობები.
- ექსპერიმენტში გამოიყენება სპეციალური აპარატურა, როგორცაა ანალიზური სასწორი, სატაცი და შტანგენცირკული ხელსაწყოები.

3. გამოცდის პროცედურა:

- გამზომველი ხელსაწყოებით ზუსტად უნდა გაკეთდეს ნიმუშების სიგრძის გაზომვა.

- ნიმუშები დისპერტულ წყალში უნდა მოთავსდეს, რომ მოხდეს მათი მასის გამოთვლა ჰიდროსტატიკური წონით.
- მერე შედგება ფორმულა ნომინალური დიამეტრის განსაზღვრისთვის, სადაც მნიშვნელოვანია დისტილირებული წყლის სიმკვრივე და ნიმუშის სიგრძე.

4. შედეგების დამუშავება და სტატისტიკური გაანგარიშებები:

- გამოვლენილი შედეგები უნდა დამუშავდეს სტატისტიკური მეთოდებით, რათა დადგინდეს ნომინალური დიამეტრის სიზუსტე.
- ყველა შედეგი უნდა აისახოს დეტალურად გამოცდის ოქმში, რომელიც მოიცავს ყველა მაჩვენებელს, მიღებულ შედეგებს, მათ შორის საშუალო მნიშვნელობებს და სტანდარტულ გადახრებს.

5. გამოცდის ოქმი:

- ოქმში ასახულია ყველა საჭირო მონაცემი, როგორცაა ნიმუშების შერჩევის დეტალები, გამოცდის ჩატარების თარიღი და ჩატარების პირობები, გაზომვული მახასიათებლები და სტატისტიკური დასკვნები.

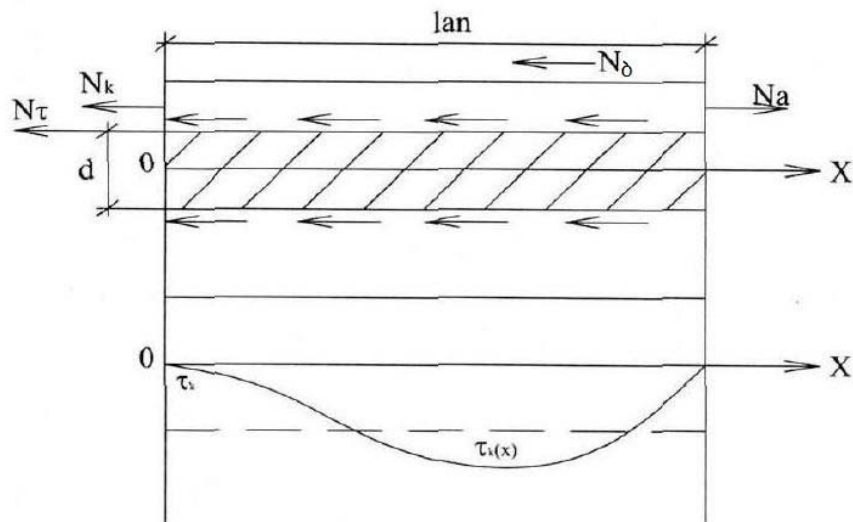
მიმართულებები, რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია:

- სტანდარტული გარემო პირობების დაცვა,
- ზუსტი მახასიათებლების გაზომვა,
- შედეგების სტატისტიკური დამუშავება,
- და ექსპერიმენტების სწორად წარმოება, რათა გამოირიცხოს ნიმუშების თვისებების შეცვლა სხვა ფაქტორებისგან (მაგალითად, ტემპერატურა, ტენიანობა, UV რადიაცია).

შედეგების დანიშნულება: ეს მეთოდი და პროცედურები გამოიყენება კვა-ს ფიზიკური მახასიათებლების ზუსტი და სტანდარტიზებული განსაზღვრისათვის, რათა უზრუნველყოფილ იქნას მისი ხარისხი და ტექნიკური მაჩვენებლები.

მესამე თავში წარმოდგენილია ექსპერიმენტული კვლევები ბაზალტპლასტიკური ღეროებით დაარმირებული ბეტონის კოჭების შესახებ ღუნვაზე.

ბეტონთან არმატურის შეჭიდულობის სიძლიერე ტრადიციულად ფასდება ტანგენციალური დაძაბულობის სიდიდით τ_k ამოგლეჯისას ან წნეხის დაჭერისას.



ნახაზი 1

თუ ვივარაუდებთ, რომ $\tau_k(x)$ მნიშვნელობის განაწილება ღეროს გასწვრივ არის ცნობილი, ჩვენ ვპოულობთ მის მიერ შექმნილ ტანგენციალურ ძალას:

$$N_\tau = \pi d_s \int_0^{lan} \tau_k(x) dx = \tau_k \pi d l a n \quad (8)$$

ძალა $N_a = A_s \sigma_s$ დაბალანსებულია შინაგანი ძალით

$$N_\theta = N_\tau + N_k + N_{o\delta} \quad (9)$$

სადაც N_k და N_δ არის კონტაქტის ზონისა და ბეტონის გარსის მიერ შექმნილი ძალა.

წონასწორობის მდგომარეობის მიხედვით

$$A_s \sigma_s = \tau_k \pi d l a n + N_k + N_{o\delta} \quad (10)$$

მნიშვნელობების უგულებელყოფით N_k და N_b ვიღებთ გამოთვლის ფორმულას დამაბულობის შესაფასებლად.

$$\tau_k = \frac{A_s \sigma_s}{\pi d l a n} \quad (11)$$

არმირებული კოჭის ბეტონთან შეჭიდულობის ცნობილი განტოლების მიხედვით

$$\tau_k(x) = \frac{A_s E_s}{d_s} \cdot \frac{d^2 U_s(x)}{dx^2} \quad (12)$$

სადაც $U_s(x)$ არის ღეროს გადაადგილება.

გამოვხატავთ გადაადგილებას $U_s(x)$ $\tau_k(x)$, მეშვეობით, ღეროს, საკონტაქტო ზონისა და ბეტონის გარსის მთლიანი შესაბამისობა B , ვიღებთ განტოლებას, რომელიც აღწერს არმატურის ღეროს დამაბულ-დეფორმაციულ მგომარეობას

$$\frac{A_s E_s}{d_s} \cdot \frac{d^2 U_s(x)}{dx^2} - \frac{1}{B} U_s(x) = 0 \quad (13)$$

$$\frac{d^2 U_s(x)}{dx^2} - m^2 U_s(x) = 0 \quad (14)$$

სადაც $m = \sqrt{\frac{d_s}{A_s B E_s}}$ - არის შეჭიდულობის პარამეტრი.

განტოლების ზოგადი ამოხსნა

$$U_s(x) = C_1 e^{mx} + C_2 e^{-mx} \quad (15)$$

მუდმივები C_1 და C_2 განისაზღვრება სასაზღვრო პირობების გამოყენებით.

ექსპერიმენტულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ამ ტიპის არმატურის შეჭიდულობა ბეტონზე საკმაოდ მაღალია.

ამ პროცესის თეორიული გაგებისა და დასაბუთებისთვის, გარდა ადრე ჩატარებული კვლევისა და ბეტონის ნიმუშების გამოცდის დაარმირების მიზნით, აუცილებელია ამ პროცესის შესწავლა რღვევის მექანიკის პერსპექტივიდან. ადრეულმა

კვლევებმა აჩვენა, რომ ბაზალტპლასტიკური არმატურის დამზადებული ღეროების ელასტიურობის მოდული ($E_{ctn} \approx 2 \cdot 10^4 \frac{kg}{cu^2}$) უფრო დაბალია, ვიდრე ბეტონის ელასტიურობის მოდული ($E_5 \approx 2 \cdot 10^5 \frac{kg}{cu^2}$), რაც საშუალებას აძლევს მას ადვილად დეფორმირდეს ბეტონის მოცულობითი შეკუმშვის შედეგად წარმოქმნილი ძალებისგან, რაც იწვევს შეჭიდულობის რაოდენობის შესაბამის ზრდას.

ბეტონის შეკუმშვის გამო არმატურის კედლებზე წარმოიქმნება შეკუმშვის ძალები, რომლებსაც აქვთ ბეტონის გარსის შეკუმშვისგან შეჭიდულობის გაზრდის ეფექტი.

ტანგენციალური დაძაბულობის ნამატი $\Delta\tau_{შეკ}$ მოცემულია ფორმულით

$$\Delta\tau_{შეკ} = \frac{E_{შეკ} \cdot E_{ბაზ} \cdot A_{ბაზ}}{\pi d \cdot lan} \quad (16)$$

სადაც $E_{შეკ}$ არის ბეტონის ფარდობითი შეკუმშვის დეფორმაცია;

$E_{ბაზ}, A_{ბაზ}, d$ - დრეკადობის მოდული, ბაზალტპლასტიკური არმატურის ნორმალური მონაკვეთი და დიამეტრი;

lan - ანკერის სიგრძე,

ექსპერიმენტულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ბაზალტპლასტიკური არმატურის მშაობისას, დასაწყისში არმატურის გარსი იჭიმება გარკვეულ ზღვრებამდე, შემდეგ კი მოქმედებენ შიდა გრძივად განლაგებული ძალები.

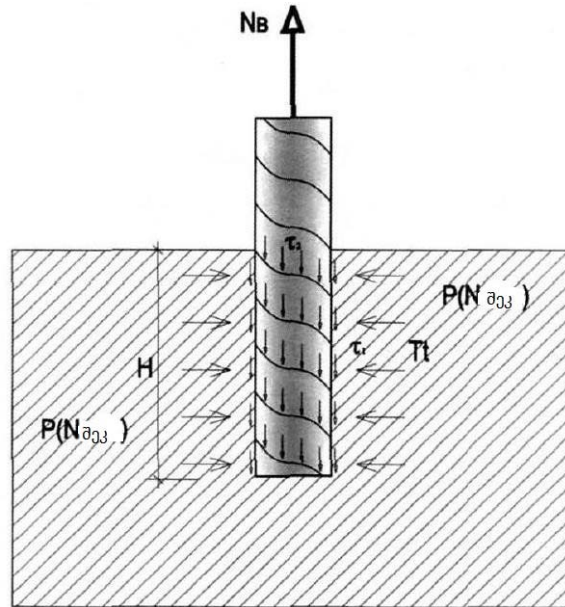
როდესაც არმატურა მუშაობს ბეტონში, წარმოიქმნება ზედაპირული ტანგენციალური ძაბვები $\tau_1 (H/m^2)$ და ტანგენციალური ხაზოვანი ძალები ხრახნიანი არმატურის $\tau_2 (H/M)$ გასწვრივ (სურ. 8). ყველა ძალის დაპროექტებით არმატურის ღერძის მიმართულებით, ვიღებთ შემდეგს:

$$N_B = 2\pi RH \cdot \tau_1 + 2\pi Rn \sin \alpha \cdot \tau_2, \quad (17)$$

სადაც n არის ხრახნიანი გამაგრების შემობრუნების რაოდენობა,

α არის სპირალის აწევის კუთხე;

H არის ღეროს ბეტონში შეღწევის სიღრმე.



ნახაზი 2 ბეტონში არმატურის მშაობის სქემა

ბაზალტპლასტიკური არმატურის გარსის $W(x)$ რადიალური გადაადგილებები შეკუმშვის ძალების მოქმედების გამო აღწერილია განტოლებით.

$$\frac{d^4 W}{dx^4} = -\frac{p}{D} \quad (18)$$

სადაც p არის წრფივი ძალა; D - ღუნვის სიმტკიცე.

(11) განტოლების ზოგად ამონახსნს აქვს ფორმა

$$W(x) = C_1 W_1(x) + C_2 W_2(x) + C_3 W_3(x) + C_4 W_4(x) + \bar{W}(x) \quad (19)$$

სადაც $W_1(x), W_2(x), W_3(x), W_4(x)$ არის ერთგვაროვანი განტოლების წრფივი დამოუკიდებელი ამონახსნები

$$\frac{d^4 W}{dx^4} = 0 \quad (20)$$

$\bar{W}(x) = -\frac{px^4}{24D}$ არის (18) განტოლების კონკრეტული ამონახსნი.

ფუნქციები აიღება, როგორც გადაწყვეტილებების ფუნდამენტური სისტემა

$$W_1(x) = 1; W_2(x) = x; W_3(x) = x^2; W_4(x) = x^3 \quad (21)$$

ბუნებრივი სასაზღვრო პირობების მიხედვით დგინდება მუდმივები C_1, C_2, C_3, C_4 და ამით

$$W(x) = -\frac{pL^2}{24D}x^2 + \frac{pL}{12D}x^3 - \frac{px^4}{24D} \quad (22)$$

სადაც L არის გამოყოფილი ზოლის სიგრძე.

ზაზალტის ბირთვის გავლენის გათვალისწინებით, რომელიც განიხილება როგორც ელასტიური საფუძველი, გადაადგილებები $W(x)$ აღწერილია განტოლებით.

$$\frac{d^4W}{dx^4} + \kappa W(x)/D = -\frac{p}{D} \quad (23)$$

სადაც κ არის ფსკერის კოეფიციენტი;

$$q(x) = \kappa W(x) - \text{"საბაზისო რეაქცია"}$$

(23) ფუნქციის მიხედვით

$$W(x) = -\frac{p}{4\beta^4 D} \quad (24)$$

არის (23) განტოლების კონკრეტული ამონახსნი $\beta^4 = 2/4D$.

დამახასიათებელი განტოლება

$$\lambda^4 + 4\beta^4 = 0 \quad (25)$$

გენერირებულია შესაბამისი (16) ერთგვაროვანი განტოლებით, აქვს ფესვები

$\lambda_1 = \beta(1 + i); \lambda_2 = \beta(-1 + i); \lambda_3 = -\beta(1 + i); \lambda_4 = \beta(1 - i)$ და ამიტომ (14) განტოლების ზოგად ამონახსანს აქვს ფორმა

$$W(x) = e^{-\beta x}(C_1 \sin \beta x + C_2 \cos \beta x) + e^{\beta x}(C_3 \sin \beta x + C_4 \cos \beta x) - \frac{p}{4\beta^4 D} \quad (26)$$

თანასწორობაში (26) შეზღუდული გადაადგილების $W(x)$ და ბუნებრივი სასაზღვრო პირობების გათვალისწინებით, საბოლოოდ მივიღებთ

$$W(x) = -p/x \{1 - e^{-\beta x} (\sin \beta x + \cos \beta x)\} \quad (27)$$

x -ის მნიშვნელობა ასევე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული სასაზღვრო პირობებზე. კერძოდ, განსახილველ პრობლემაში უნდა დაკმაყოფილდეს პირობა $W(L)=0$, რომელიც ჩნდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც შემცირებული სიგრძე s უდრის L მნიშვნელობას.

$$S = \frac{L}{2\pi} \quad (28)$$

(28) მიხედვით ვიღებთ

$$\frac{L}{2\pi} = \sqrt[4]{4D/\beta} \quad (29)$$

$$\beta = \frac{64\pi^4 D}{L^4}, \quad (30)$$

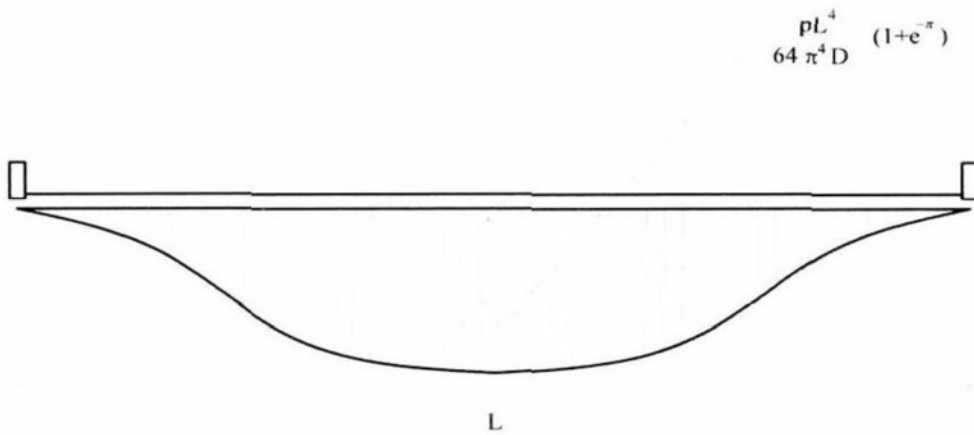
და ჩანაცვლება β -ში $W(x) = -\frac{p}{4\beta^4 D} [1 - e^{-\beta x} (\sin \beta x + \cos \beta x)]$ იმის გათვალისწინებით, რომ $\beta = \frac{2\pi}{L}$

$$W(x) = -\frac{pL^4}{64\pi^4 D} \left[1 - e^{-\frac{2\pi}{L}x} \left(\sin \frac{2\pi}{L}x + \cos \frac{2\pi}{L}x \right) \right] \quad (31)$$

მაქსიმალური რადიალური მოძრაობა

$$W\left(\frac{L}{2}\right) = -\frac{pL^4}{64\pi^4 D} (1 + e^{-\pi}) \quad (32)$$

და (22) და (31) მნიშვნელობების შედარება აჩვენებს $W(x)$ მნიშვნელოვან შემცირებას ბაზალტის ღეროს რეაქციული წინააღმდეგობის გათვალისწინებით.



ნახაზი 3 შუალედური უბნის გადახრის დიაგრამა

ბეტონში ბაზალტპლასტიკური ღეროების გამოყენების შედეგად იზრდება ბეტონის კონსტრუქციების მზიდუნარიანობა და მათი ბზარის წინააღმდეგობა.

მეოთხე თავში წარმოდგენილია ბაზალტის არმატურისა და ბაზალტბეტონის მასალების სხვადასხვა ტიპის გამოცდების შედეგები და მათი განხილვა. გამოცდები ჩატარდა სპეციალიზებულ ლაბორატორიებსა და საწარმოო ბაზებზე. შემდეგი ტიპის კვლევები და გამოცდები მოხსენიებულია:

ბაზალტის არმატურის გამოცდა განივ ჭრაზე - ვალიდაციის მიზნით გამოიკადა ბაზალტის არმატურის მექანიკური თვისებები, როგორცაა მისი დაჭიმვის და ამოძრობის უნარი, სხვადასხვა სიგრძეებისა და დიამეტრის ნიმუშებზე.

ცხრილი 2 ბაზალტის არმატურის ნორმალური დიამეტრი

№	სიგრძე, ℓ მმ	ნიმუშის მასა ჰაერზე, m_1 მგ	ნიმუშის მასა წყალში, m_2 მგ	წყლის სიმკვრივე, ρ მგ/მმ ³	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრი, d მმ	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრის საშუალო მნიშვნელობა, $d_{საშ}$ მმ
1	104.70	14500	6900	1	9.616	9.481
2	102.00	13900	6600	1	9.548	
3	101.90	13900	7100	1	9.220	
4	101.90	13900	6800	1	9.421	
5	104.70	14200	6700	1	9.553	
6	103.80	14200	6800	1	9.530	
№	სიგრძე, ℓ მმ	ნიმუშის მასა ჰაერზე, m_1 მგ	ნიმუშის მასა წყალში, m_2 მგ	წყლის სიმკვრივე, ρ მგ/მმ ³	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრი, d მმ	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრის საშუალო მნიშვნელობა, $d_{საშ}$ მმ
1	100.00	20300	10100	1	11.399	11,496
2	103.55	21300	10400	1	11.580	
3	102.30	21000	10400	1	11.489	
4	102.55	21100	10500	1	11.475	
5	99.50	20300	9900	1	11.539	
6	100.30	20500	10100	1	11.493	
№	სიგრძე, ℓ მმ	ნიმუშის მასა ჰაერზე, m_1 მგ	ნიმუშის მასა წყალში, m_2 მგ	წყლის სიმკვრივე, ρ მგ/მმ ³	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრი, d მმ	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრის საშუალო მნიშვნელობა, $d_{საშ}$ მმ
1	98.35	28400	13700	1	13.799	13.920
2	98.25	29200	14200	1	13.946	
3	101.10	30200	14700	1	13.975	
4	99.00	28600	13900	1	13.753	
5	98.00	29400	14100	1	14.103	
6	100.90	30100	14700	1	13.944	
№	სიგრძე, ℓ მმ	ნიმუშის მასა ჰაერზე, m_1 მგ	ნიმუშის მასა წყალში, m_2 მგ	წყლის სიმკვრივე, ρ მგ/მმ ³	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრი, d მმ	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრის საშუალო მნიშვნელობა, $d_{საშ}$ მმ
1	100.05	35000	16500	1	15.348	15.398
2	100.20	34900	16400	1	15.336	
3	100.75	35300	16500	1	15.418	
4	100.90	35200	16500	1	15.365	

5	100.05	35100	16100	1	15.554	
6	100.90	35300	16600	1	15.365	

ცხრილი 3 ბაზალტის არმატურის გამოცდა განივ ჭრაზე

№	სიგრძე, ℓ მმ	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრი, d მმ	ნიმუშის განივი კვეთის ფართობი, A მმ ²	მრღვევი დატვირთვა, P ნ	ზღვრული ძაბვა განივ ჭრაზე, τ _{sh} ნ/მმ ²	განივ ჭრაზე ზღვრული ძაბვის საშუალო მნიშვნელობა, τ _{sh} საშ, მპა
1	250	9.481	70.563	23100	163.68	169,82
2	250	9.481	70.563	26210	185.72	
3	250	9.481	70.563	24740	175.30	
4	250	9.481	70.563	22890	162.20	
5	250	9.481	70.563	22890	162.20	
№	სიგრძე, ℓ მმ	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრი, d მმ	ნიმუშის განივი კვეთის ფართობი, A მმ ²	მრღვევი დატვირთვა, P ნ	ზღვრული ძაბვა განივ ჭრაზე, τ _{sh} ნ/მმ ²	განივ ჭრაზე ზღვრული ძაბვის საშუალო მნიშვნელობა, τ _{sh} საშ, მპა
1	250	11.496	103.744	34970	168.54	163,59
2	250	11.496	103.744	36760	177.17	
3	250	11.496	103.744	31120	149.98	
4	250	11.496	103.744	35920	173.12	
5	250	11.496	103.744	30940	149.12	
№	სიგრძე, ℓ მმ	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრი, d მმ	ნიმუშის განივი კვეთის ფართობი, A მმ ²	მრღვევი დატვირთვა, P ნ	ზღვრული ძაბვა განივ ჭრაზე, τ _{sh} ნ/მმ ²	განივ ჭრაზე ზღვრული ძაბვის საშუალო მნიშვნელობა, τ _{sh} საშ, მპა
1	250	13.92	152.107	47380	155.75	142,46
2	250	13.92	152.107	43460	142.86	
3	250	13.92	152.107	38490	126.52	
4	250	13.92	152.107	40130	131.91	
5	250	13.92	152.107	47230	155.25	
№	სიგრძე, ℓ მმ	არმატურის ღეროს ნორმალური დიამეტრი, d მმ	ნიმუშის განივი კვეთის ფართობი, A მმ ²	მრღვევი დატვირთვა, P ნ	ზღვრული ძაბვა განივ ჭრაზე, τ _{sh} ნ/მმ ²	განივ ჭრაზე ზღვრული ძაბვის საშუალო მნიშვნელობა, τ _{sh} საშ, მპა
1	250	15.398	186.122	66380	178.32	175,99
2	250	15.398	186.122	68730	184.64	
3	250	15.398	186.122	64930	174.43	
4	250	15.398	186.122	63140	169.62	
5	250	15.398	186.122	64370	172.92	
5	250	15.398	186.122	64370	172.92	



სურათი 1 პოლიმერული არმატურის ჭრაზე გამოსაცდელი წნეხი



სურათი 2 ჭრაზე გამოცდილი ბაზალტკომპოზიტური არმატურები



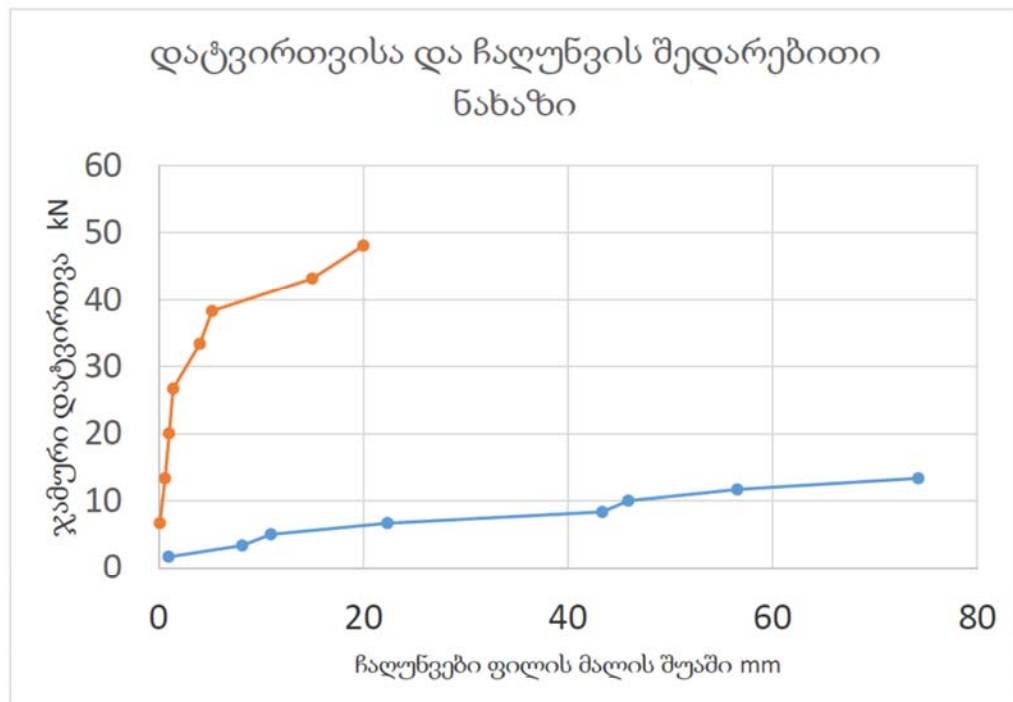
სურათი 3 ჭრაზე გამოცდილი ბაზალტკომპოზიტიური არმატურები

ბაზალტბეტონის ფილების გამოცდა თანაბარგანაწილებულ დატვირთვაზე - ამ ნაწილში საუბარია ბაზალტბეტონის ფილების მექანიკურ გამოცდებზე, სადაც ფასდება ფილების დაზიანების და ჩალუნვის მნიშვნელობები სტაციონარული დატვირთვების ქვეშ. ასევე, მოყვანილია ორი სერიის ფილების სარევიზიო შედეგები.

ცხრილი 4 პირველი ფილის გამოცდის შედეგები

№ რიგზე	ჯამური დატვირთვა ΣP , კნ	ექვივალენტური თანაბარგანაწილებული დატვირთვა ფილის 1 კვ. მეტრზე q , კპა	მღუნავი მომენტი ფილის მალის შუაში M , კნ.მ	ჩალუნვები ფილის მალის შუაში, f , მმ
1	1,67	0,37	0,61	0,95
2	3,33	0,74	1,21	8,15

3	5,00	1,11	1,81	10,95
4	6,66	1,47	2,42	22,35
5	8,33	1,84	3,01	34,35
6	10,00	2,21	3,62	45,90
7	11,66	2,58	4,22	56,55
8	13,33	2,95	4,83	74,25



- 4მმ დიამეტრის არმატურის ბადე დაყრდნობილი კონტურზე
 - 8მმ დიამეტრის არმატურის ბადე დაყრდნობილი ორ ღერძზე
- ბეტონის ფილის სისქე 8მმ.

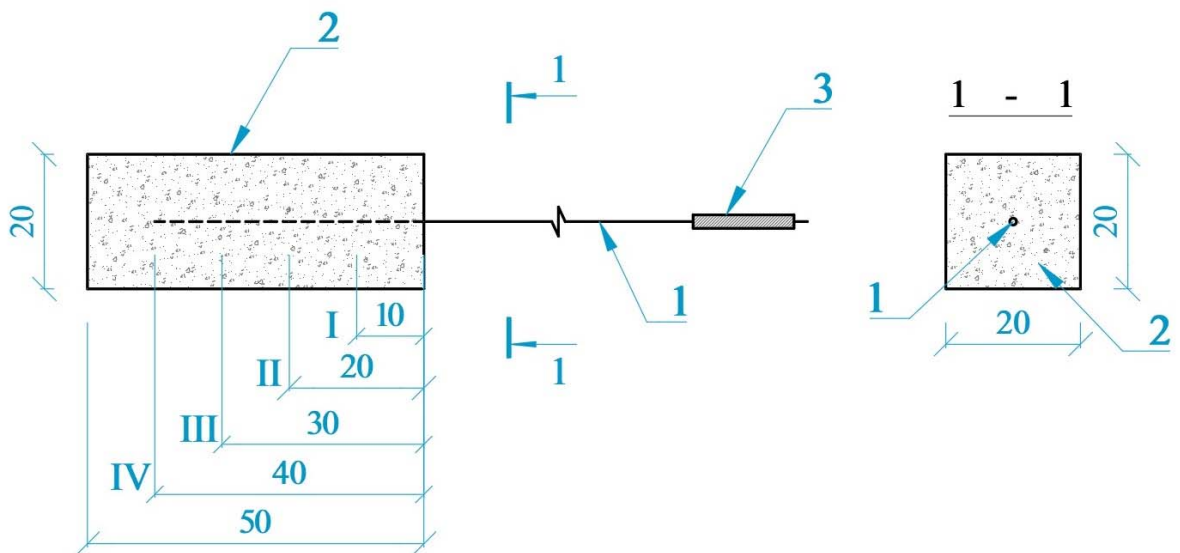
ნახაზი 4 დატვირთვისა და ჩალუნვის შედარებითი ნახაზი

ხრილი 5 მეორე ფილის გამოცდის შედეგები

№ რიგზე	ჯამური დატვირთვა ΣP , კნ	თანაბარგანაწილებული დატვირთვა q, კპა	ჩალუნვები ფილის ცენტრში, f, მმ
1	6,66	1,57	0,1
2	13,33	3,15	0,6
3	19,99	4,72	1,0

4	26,66	6,30	1,4
5	33,32	7,87	4,0
6	38,22	9,03	5,2
7	43,12	10,18	15,0
8	48,12	11,34	20,0

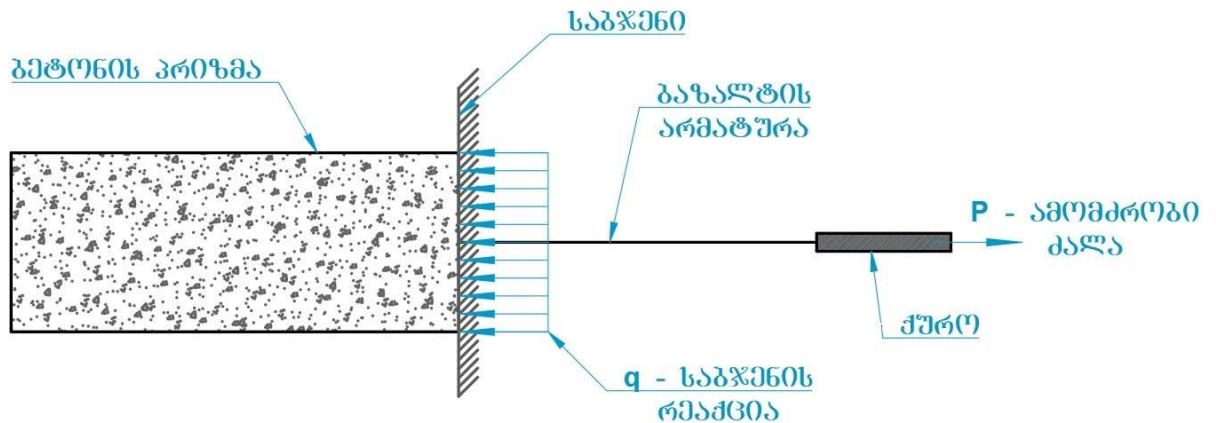
ბაზალტბეტონის კოჭების გამოცდა - სხვა ექსპერიმენტებში შეფასდა ბაზალტბეტონის კოჭების გადამტვირთული და დამძიმებული მდგომარეობა, სხვადასხვა ზომის კოჭების ტესტირება და მათი დაჭიმვის, ჩალუნვის მეთოდები.



ნახაზი 5 ბაზალტის არმატურის ანკერების ნიმუშების ზოგადი სახე

1) ბაზალტის არმატურა; 2) ბეტონის პრიზმა; 3) საანკერო ქურო;

I, II, III, და IV ნიმუშების სახეობებია



ნახაზი 6 ბაზალტის არმატურის ანკერების ბეტონიდან ამომპრობაზე გამოცდის სქემა

გამოცდის შედეგები მოცემულია ცხრილის სახით:

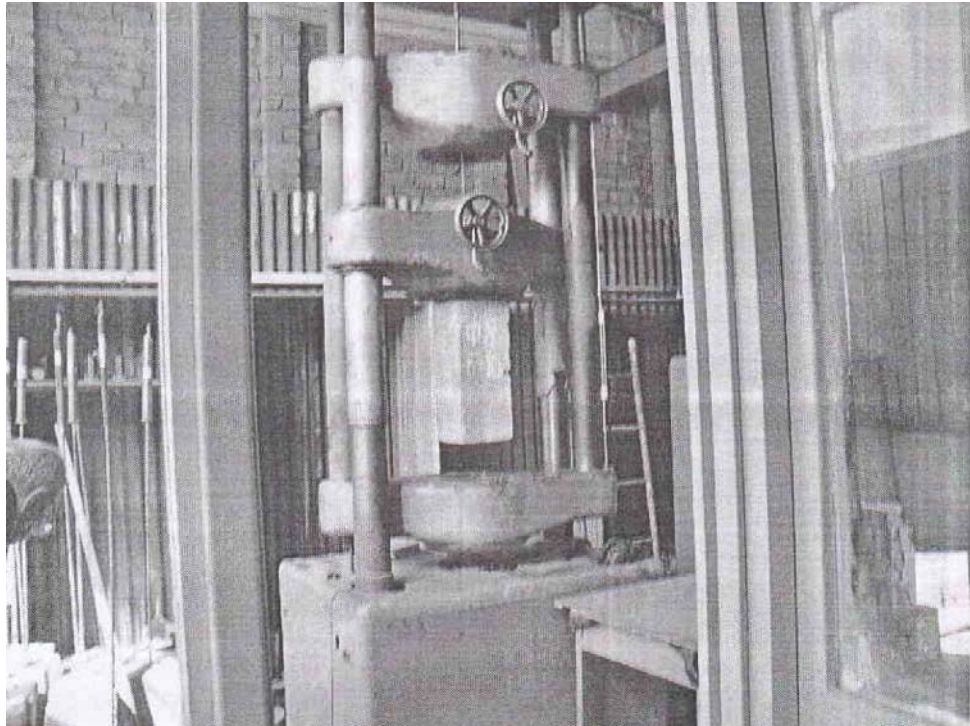
ცხრილი 6 ბაზალტის არმატურის ანკერების ბეტონიდან ამოღლეჯაზე გამოცდის შედეგები

ნიმუშის №	არმატურის დიამეტრი d, მმ	ანკერების ჩაღრმავება h, სმ	მრღვევი ძალა R, კგ	რღვევის მიზეზი	
1	2	3	4	5	
1	8 (7.2)	10	3450	არმატურა ამოძვრა	
2			2750	არმატურა გაწყდა ქუროს ძირში, ქურომ მიიღო დეფორმაცია	
3		20	3400	არმატურა გაწყდა ქუროსთან, ქურომ მიიღო დეფორმაცია	
4			3000	ქურომ მიიღო დეფორმაც, შემობრუნდა საყრდენ კვეთში, რამაც გამოიწვია არმატურის გაწყვეტა	
5			30	4050	არმატურა გაწყდა, ქურომ მიიღო დეფორმაცია
6				4100	ქურო გადაიხარა, არმატურა გაწყდა
7		40	4200	არმატურა გაწყდა	
8			3650	ქურომ განიცადა დეფორმაცია - მოითელა არათანაბრად	
9	10 (9.2)	10	3800	არმატურა ამოძვრა	
10			3700	არმატურა ამოძვრა	
11		20	5000	არმატურა ამოძვრა	
12			6700	არმატურა ამოძვრა	

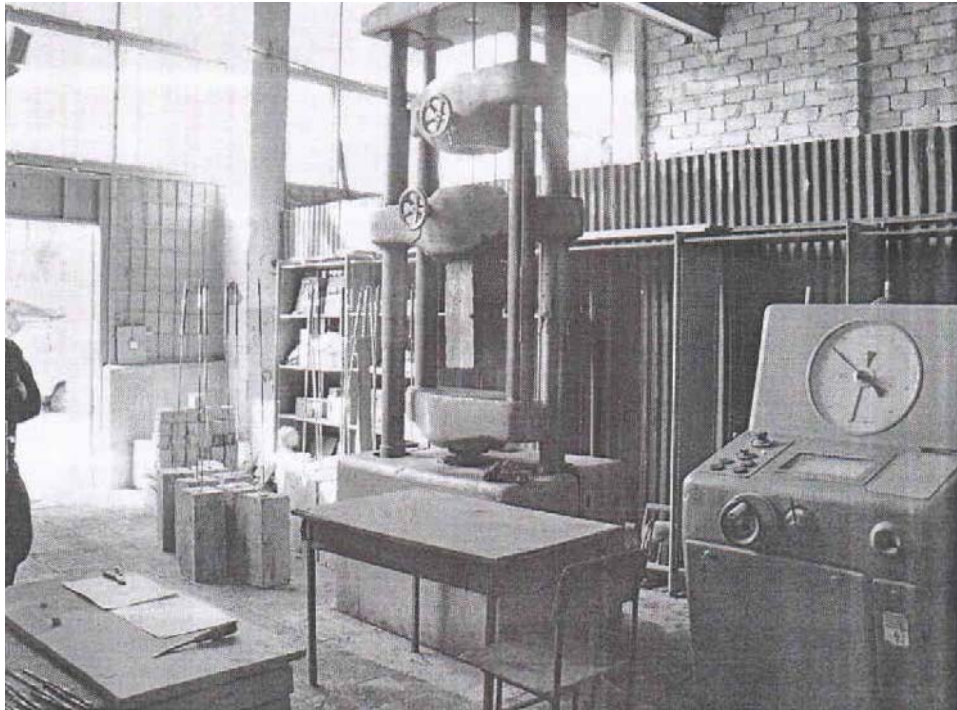
13	12 (11.5)	30	7560	არმატურა გაწყდა
14			7350	არმატურა გაწყდა
15		40	7250	არმატურა გაწყდა
16			7700	არმატურა გაწყდა
17		10	4200	არმატურა ამოძვრა
18			4500	არმატურა ამოძვრა
19		20	6200	არმატურა ამოძვრა
20			7400	არმატურა ამოძვრა
21		30	10100	არმატურა ამოძვრა
22			3800	ქურო წაცურდა - ეპოქსიდური მასა არ იყო გამაგრებული
23		40	9900	ბეტონის პრიზმა გაიხლიჩა და არმატურა ამოძვრა
24			11000	არმატურა გაწყდა



სურათი 4 ბაზალტის არმატურის ბეტონიდან ამოგლეჯაზე გამოსაცდელი ნიმუშები

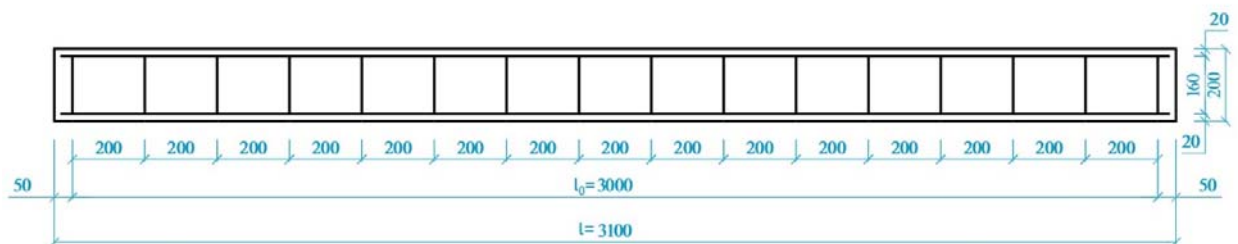


სურათი 5 ბაზალტის არმატურის ბეტონიდან ამოგლეჯაზე გამოცდის პროცესი (უნივერსალური ჰიდრავლიკური წნეხი)

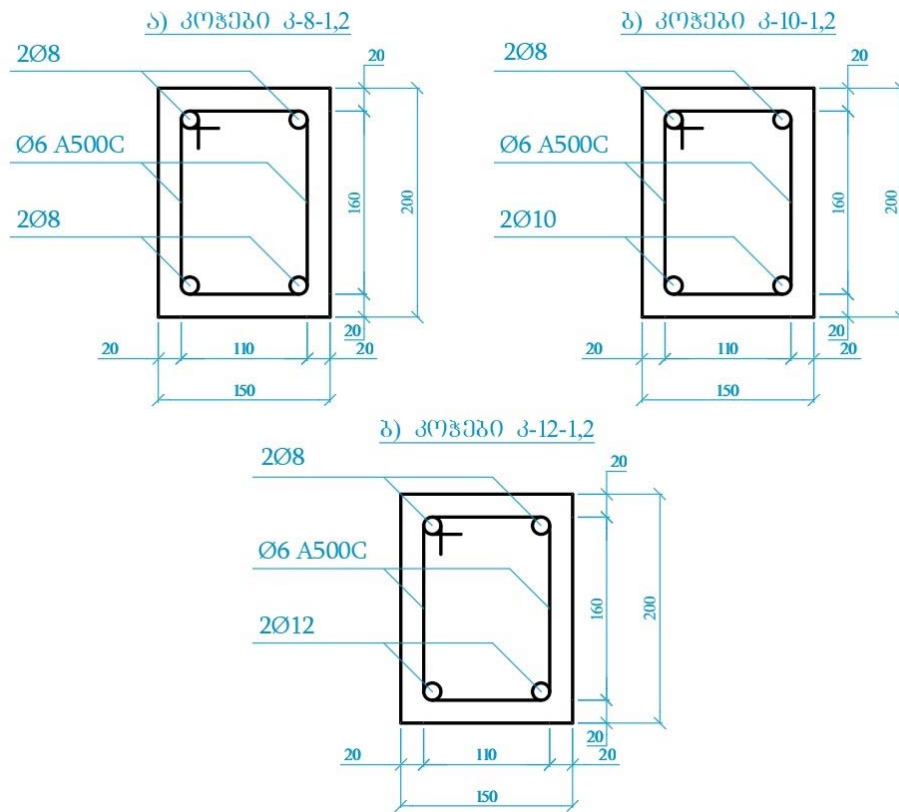


სურათი 6 ბაზალტის არმატურის ბეტონიდან ამოღლეჯაზე გამოცდის პროცესი (უნივერსალური ჰიდრაულიკური წნეხი)

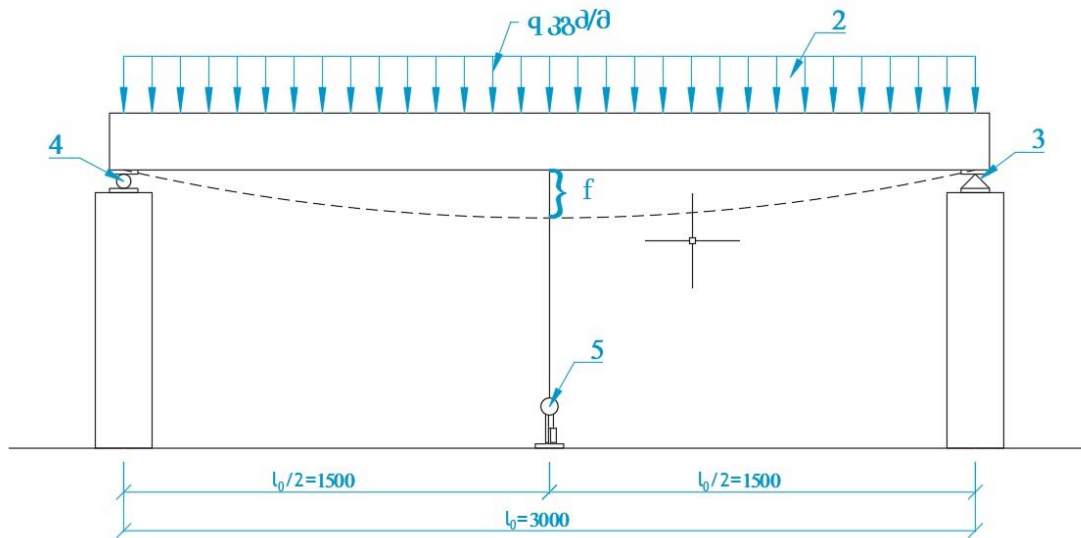
ბეტონში ჩაანკერებული ბაზალტის არმატურის გამოცდა - ამის ფარგლებში, მოხდა ბაზალტური არმატურის და ბეტონის ურთიერთქმედების შესწავლა და არმატურის ბეტონიდან ამოძრობითობის შეფასება, რაც მნიშვნელოვანია სამოქალაქო სამშენებლო კონსტრუქციებში გამოყენებისთვის.



ნახაზი 7 კოჭების საერთო ზომები და დადარმირების სქემა

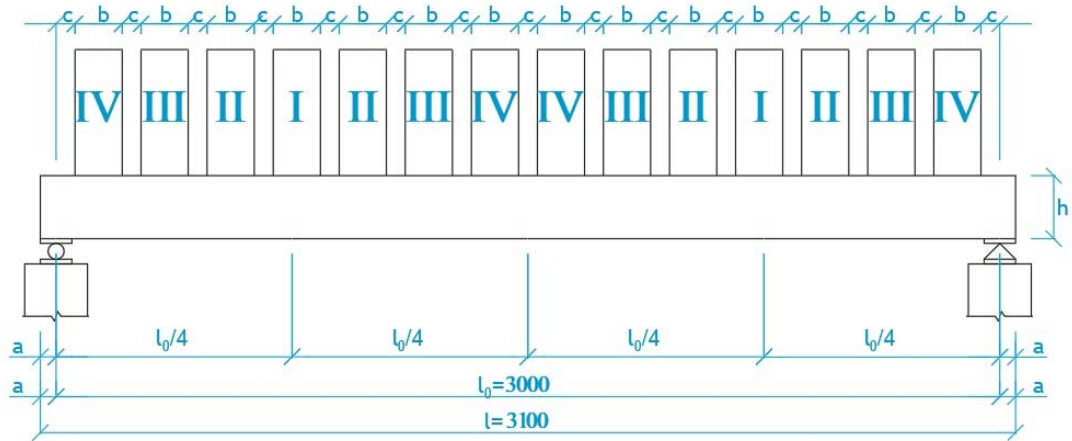


ნახაზი 8 კოჭების განივი კვეთები



ნახაზი 9 კოჭების გამოცდის სქემა.

- 1) გამოსაცდელი კოჭები; 2) თანაბარგანაწილებული დატვირთვა; 3) უძრავი სახსოვანი საყრდენი;
 4) მოძრავი სახსოვანი საყრდენი; 5) მაქსიმუმის სისტემის ჩალუნვაში f-კოჭების ჩალუნვა მალის შუაში.



- 1) კოჭების სიგრძე $l_0 = 3000$ მმ
 2) კოჭების სამუშაო მალი $l = 3100$ მმ
 3) კოჭების კვეთის სიმაღლე $h = 200$ მმ
 4) კოჭების ჩამოყრდნობის სიგრძე $a = 50$ მმ
 5) ტვირთების სიგანე $b = 150$ მმ
 6) ტვირთბშორისი მანძილები $c = 60$ მმ

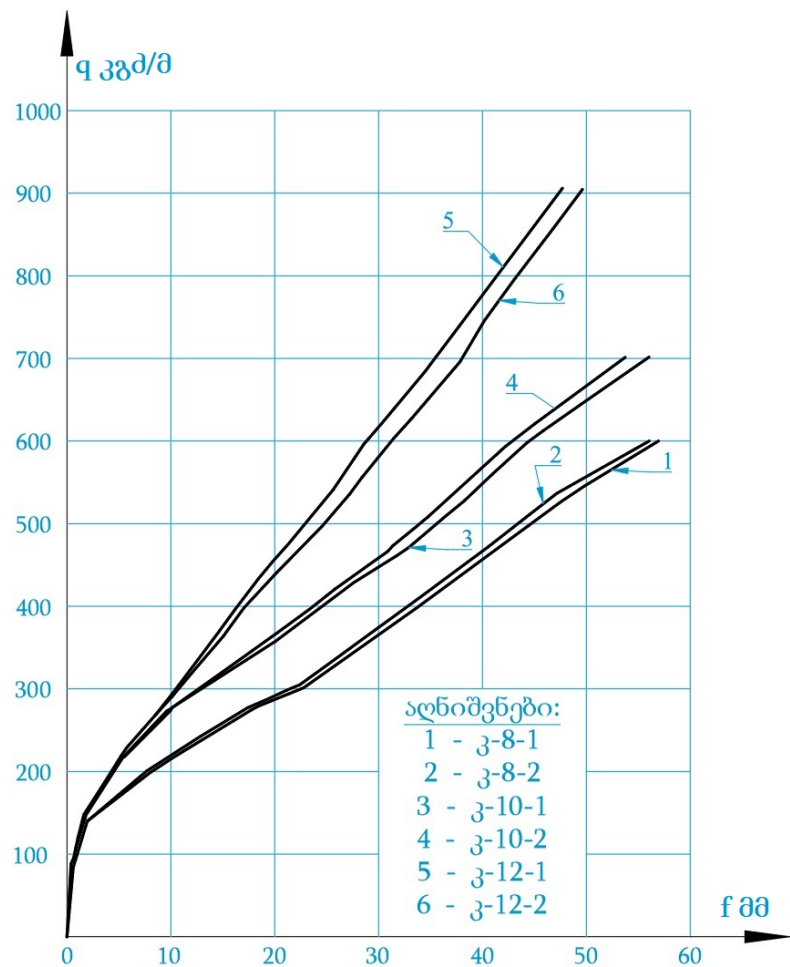
ნახაზი 10 გამოსაცდელ კოჭებზე ტვირთების განლაგების თანმიმდევრობა.

ექვივალენტური თანაბარგანაწილებული q დატვირთვებისაგან გამოწვეული f ჩალუნვების მნიშვნელობები კოჭების მალის შუაში

ცხრილი 7 ბაზალტკლასტიკური არმატურით დაარმირებული კოჭის გამოცდის შედეგები

№ რიგზე	დატვირთვა q , კგძ/მ	მღუნავი მომენტი მალის შუაში M , კგძ.მ	ჩალუნვები კოჭების მალის შუაში f მმ					
			კ-8-1	კ-8-2	კ-10-1	კ-10-2	კ-12-1	კ-12-2
1	28.3	31.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2
2	85.0	95.6	1.2	1.1	0.8	0.7	0.6	0.5
3	141.7	159.4	2.3	2.0	1.8	1.7	1.4	1.5
4	198.3	223.1	7.9	7.7	4.5	4.3	4.0	4.6
5	226.7	255.0	11.4	11.2	6.4	6.2	5.4	5.7

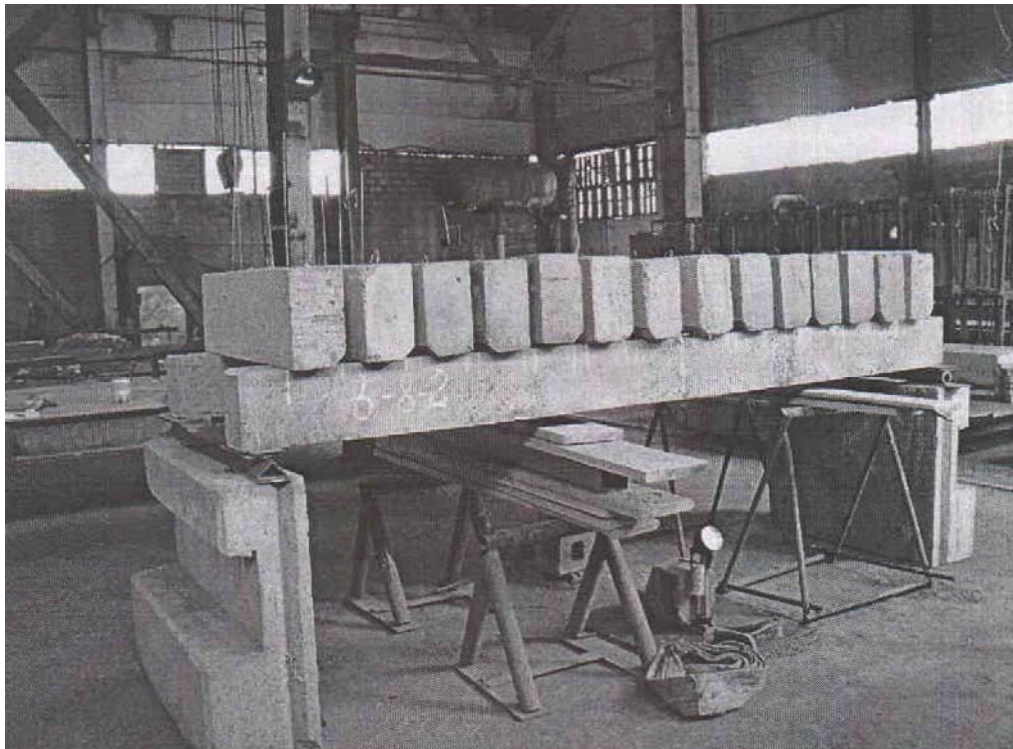
6	283.3	318.7	17.9	17.0	10.1	9.7	8.9	9.1
7	340.0	382.5	26.6	25.6	17.0	16.4	12.6	13.2
8	396.7	446.3	33.0	32.2	23.8	22.6	15.8	16.7
9	425.0	478.1	35.7	34.5	26.3	25.1	17.4	18.6
10	481.7	541.9	41.8	40.6	32.9	31.1	20.8	23.6
11	538.3	605.6	48.0	46.7	38.5	37.1	25.1	27.2
12	595.0	669.4	56.3	65.0	43.7	41.9	28.2	30.6
13	615.7	733.2			50.3	47.2	31.9	34.6
14	708.3	796.8			55.8	53.5	34.9	37.8
15	765.5	860.6					38.5	41.5
16	915.0	1029.4					47.5	51.5



ნახაზი 11 კოჭების მალის შუაში ჩაღუნების (f) დატვირთვებისაგან (q) დამოკიდებულების გრაფიკი.

ყველა გამოცდა გაკეთდა ძალიან დეტალურად, ჩატარდა სხვადასხვა ტიპის დატვირთვების ქვეშ, რათა გამოიკვლიათ მათ ფიზიკური და მექანიკური თვისებები. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებით, ნახაზებით და გრაფიკებით, რაც საშუალებას იძლევა დამატებითი ანალიზი გაკეთდეს.

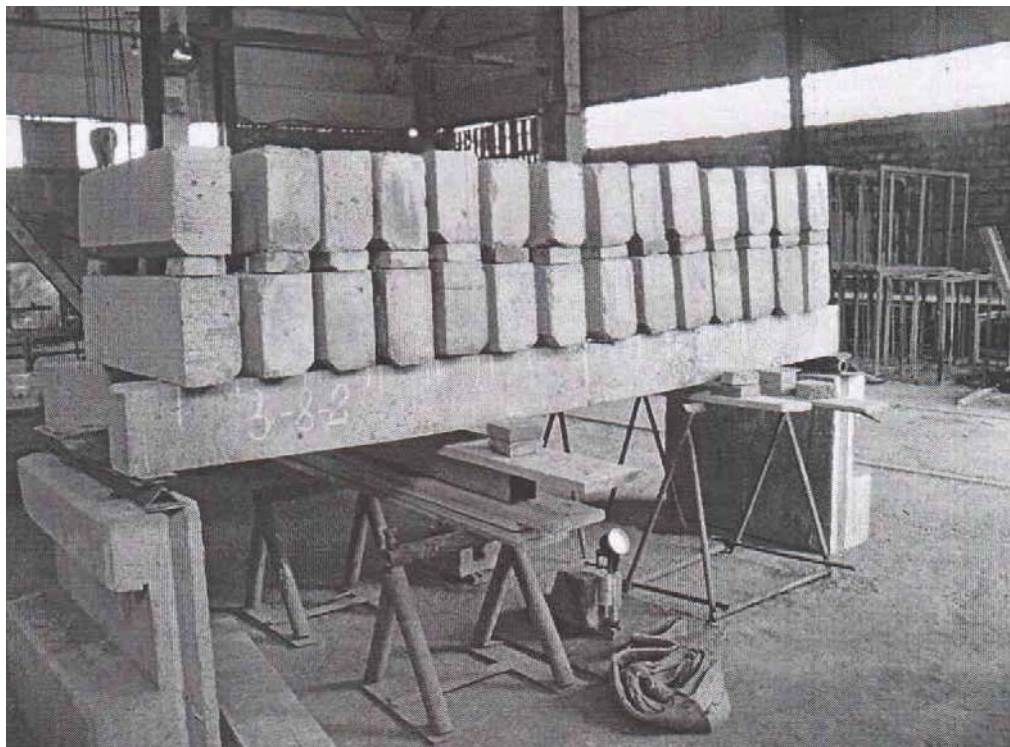
გარდა ამისა, თითოეული გამოცდის საბოლოო შედეგი იძლევა მნიშვნელოვან ინფორმაციას ბაზალტის არმატურისა და ბაზალტბეტონის კონსტრუქციების მექანიკური თვისებების შესახებ.



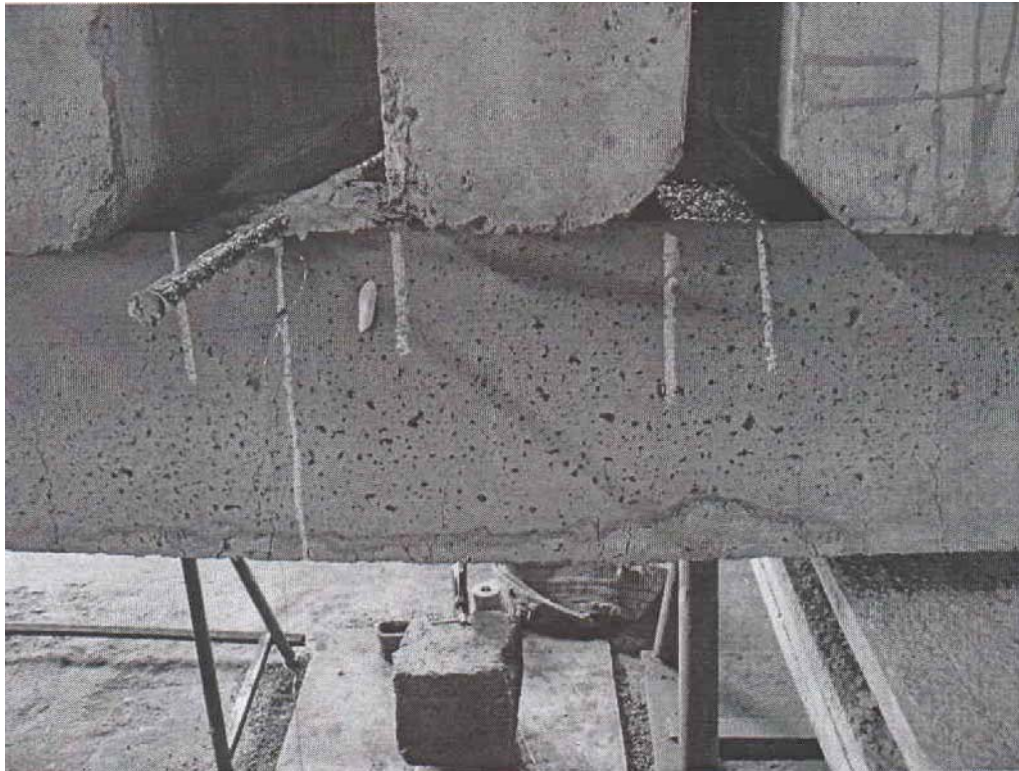
სურათი 7 ბაზალტით დაარმირებული კოჭბის გამოცდის პროცესი



სურათი 8 ბაზალტით დაარმირებული კოჭის გამოცდის პროცესი



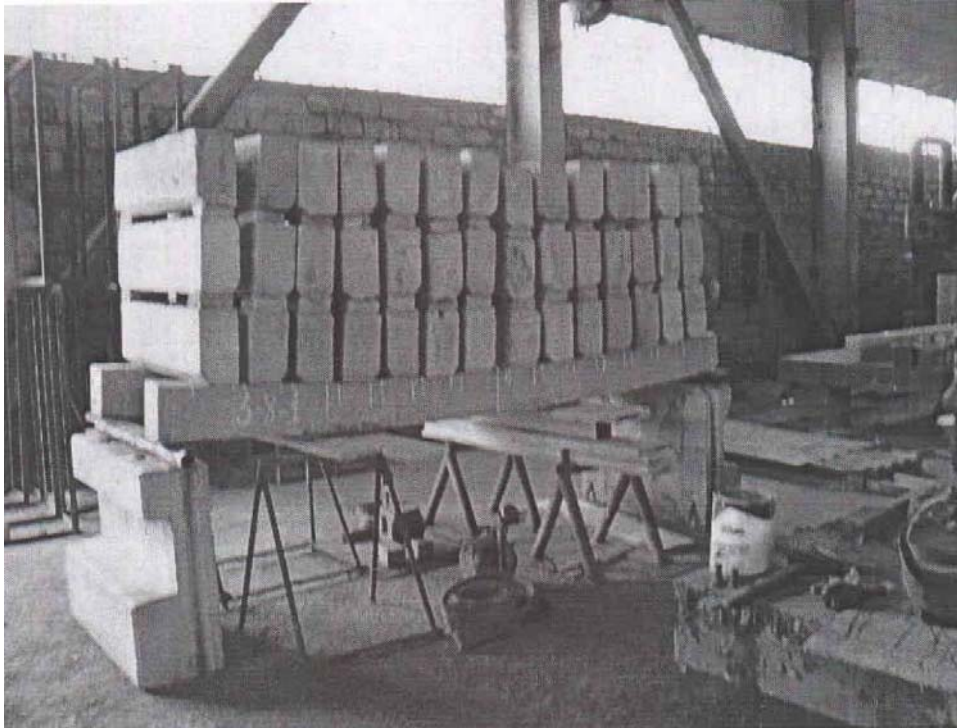
სურათი 9 ბაზალტით დაარმირებული კოჭის გამოცდის პროცესი



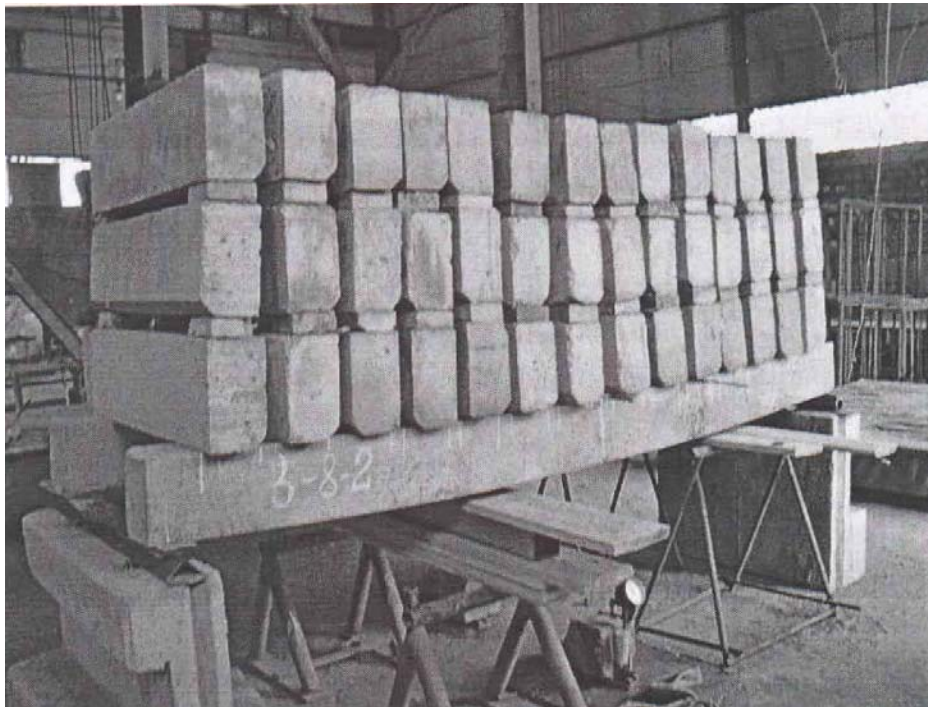
სურათი 10 ბაზალტით დაარმირებული კოჭის გამოცდის პროცესი



სურათი 11 ბაზალტით დაარმირებული კოჭის გამოცდის პროცესი



სურათი 12 ბაზალტით დაარმირებული კოჭბის გამოცდის პროცესი



სურათი 13 ბაზალტით დაარმირებული კოჭბის გამოცდის პროცესი

ძირითადი დასკვნები

1. შეფასდა ბაზალტპლასტიკური არმატურის თვისებები, შემუშავდა ბეტონის კონსტრუქციების დამზადების ტექნოლოგია ბაზალტპლასტიკური არმატურით დაარმირების და შესწავლილი იქნა ბაზალტპლასტიკური არმატურით დაარმირებული მცირე კოჭების თვისებები სხვადასხვა მეთოდით.
2. გამოვლენილია ბაზალტპლასტიკური არმატურის ბეტონზე შეჭიდულობის მექანიზმი.
3. ფილის გამოცდამ გვიჩვენა, რომ ფილის მალის შუაში $f=22.35$ მმ ჩალუნვის დროს, რომელიც ბევრად აღემატება დასაშვებს, მუშა არმატურის კვეთში ნორმალური ძაბვა $\sigma_a = 68.8$ მპა-ს, რამდენჯერმე ნაკლებია ბაზალტის არმატურის საანგარიშო წინაღობაზე $R_a=950$ მპა. ფილის გამოცდის უკანასკნელ ეტაპზე, როცა ექვივალენტური თანაბარგანაწილებული დატვირთვა $q = 4.6$ კნმ -ს და მისგან გამოწვეული მღუნავი მომენტი მალის შუაში $M=4.83$ კნ.მ-ს, მუშა არმატურის კვეთში ნორმალური ძაბვა $\sigma_a = 483/35.15 = 137.4$ მპა-ს, რაც ბევრად ნაკლებია არმატურის საანგარიშო წინაღობაზე. ამ ეტაპზე ფილის მალის ცენტრში ჩალუნვის საშუალო მნიშვნელობა იყო 74.25 მმ,
4. გამოცდებმა გვიჩვენა, რომ ნიმუშების უაღრესად დიდი დეფორმაციების (ჩალუნვების) დროსაც კი ბაზალტის კოჭისაგან დამზადებული არმატურის სიმტკიცის ($R_a \approx 10000$ კგმ/სმ²) დიდი რესურსის ძალიან მცირე ნაწილია გამოყენებული: I სერიის კოჭების მალის 1/54-ით ჩალუნვის დროს მუშა არმატურაში ნორმალური ძაბვა იყო 5140 კგმ/სმ². II სერიის კოჭების მალის 1/55 ნაწილით ჩალუნვისას მუშა არმატურაში ნორმალური ძაბვა $\sigma_a = 3750$ კგმ/სმ², ხოლო III სერიის მალის 1/61-ით ჩალუნვის პირობებში მუშა არმატურაში $\sigma_a = 3099$ კგმ/სმ².

5. ბაზალტის არმატურის ანკერები ბეტონიდან ამოძრობაზე. 8 მმ დიამეტრიანი არმატურისათვის ვერ დადგინდა მისი ჩაანკერების ზონის მკვეთრი საზღვარი საანკერე ქუროების ნაადრევი მოთელვის გამო. 10 მმ დიამეტრიანი არმატურისათვის, როცა ბეტონის სიმტკიცეა 390 კგმ/სმ² ჩაანკერების საჭირო ზონა იმყოფება 20 და 30 სმ-ს შორის. 12 მმ დიამეტრიანი არმატურისათვის, როცა ბეტონის სიმტკიცეა 346 კგმ/სმ², ჩაანკერების საჭირო ზონა საძიებელია 30 და 40 სმ-ს შორის.
6. ქართული ბაზალპლასტიკური არმატურის სიმტკიცე კუმშვაზე, ბევრად მაღალია ვიდრე ნორმებითაა დასაშვები (300 მგპა, ექსპერიმენტული გამოცდით დადგინდა-
- სიმტკიცის ზღვარი σ_B -გაჭიმვაზე აიღება არანაკლებ 800მგპ-ი;
- სიმტკიცის ზღვარი σ_B -კუმშვაზე აიღება არანაკლებ 300მგპ-ი;
- დრეკადობის მოდული E_f -აიღება არანაკლებ 50მგპ-ი;
- სიმტკიცის ზღვარი τ_{sn} - განივ ჭრაზე აიღება არანაკლებ 150მგპ-ი;
- სიმტკიცის ზღვარი ბეტონთან შეჭიდულობის τ_r - აიღება არანაკლებ 12მგპ-ისა.