

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

დალი გოცაძე

რკინაბეტონის ნაკეთობების ტექნოლოგიის კვლევა
დანამატების გამოყენებით.

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

სადოქტორო პროგრამა:მშენებლობა;0406

თბილისი 2015წელი

სამუშაოშესრულებულიაშპს „წყალმშენი-ლილოს“ ქარხანაში, შპს რკინაბეტონის შპალების ქარხანაში და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობის ტექნოლოგიების და საშენი მასალების (N103) დეპარტამენტში

სამეცნიეროხელმძღვანელი: სრულიპროფესორი ანზორ ნადირაძე

რეცენზენტები:სრული პროფესორი მ. ლორთქიფანიძე

სრული პროფესორი ტ.მ.დ.ჯ. ესაიაშვილი

დაცვა შედგება 2015წლის10ივლისს, 14⁰⁰სთ-ზე

სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიების და

საშენი მასალების დეპარტამენტი. აუდიტორია №519

მისამართი: თბილისი 0175, კოსტავას №68^ბ, პირველი კორპუსი, მე-5 სართული

დისერტაციისგაცნობაშეიძლება

სტუ-სბიბლიოთეკაში, ავტორეფერატი კი სტუ-ს ვებ- გვერდზე

სადისერტაციისაბჭოს

სწავლულიმდივანი:

პროფესორი:

დ. ტაბატაძე

ნაშრომის საერთო დახასიათება

თემის აქტუალობა: ბეტონი და რკინაბეტონი თანამედროვე მშენებლობაში წარმოადგენს უნივერსალურ და უნიკალურ საშენ მასალას, რომელიც თითქმის ყველა დარგის მშენებლობაში გამოიყენება, შესაბამისად მისი დამზადების ტექნოლოგია, სპეციალური ცემენტების და დანამატების გამოყენებით წარმოადგენს ტექნიკურ-ეკონომიკური პრობლემის გადაწყვეტის მნიშვნელოვან პირობას მშენებლობაში.

თანამედროვე მშენებლობაში გამოიყენება როგორც ასაწყობი ასევე მონოლითური რკინაბეტონის კონსტრუქციები, ჩვენს მიერ თანამედროვე ტექნოლოგიებით დამზადებულია სატრანსპორტო მშენებლობისათვის ძირითადი კონსტრუქციული ელემენტები - რკინაბეტონის შპალები, პარაბოლური ღარები და სხვა კონსტრუქციები, რაზეც არის დიდი მოთხოვნა, როგორც საქართველოში ასევე სხვა ქვეყნებში, რაც თემის აქტუალობაზე მიუთითებს.

დისერტაციის მიზანია: ქარხნული წესით დამზადდეს სხვადასხვა დანიშნულების რკინაბეტონის ელემენტები, სპეციალური ცემენტის და დანამატების გამოყენებით, რომლებიც აკმაყოფილებენ სახელმწიფო სტანდარტით გათვალისწინებულ ყველა მოთხოვნებს ნაგებობების ხანგრძლივიდა უსაფრთხო ექსპლუატაციისთვის.

ნაშრომის სამეცნიეროსიახლემდგომარეობს შემდგომში:

1. სწრაფმყარებადი სპეციალური ცემენტის გამოყენების შემთხვევაში ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკეთობების დამზადებისას აღარ არის საჭირო სუპერპლასტიფიკატორის გამოყენება, რადგანაც იგი

ასრულებს სუპერპლასტიფიკატორის ყველა შესაძლებლობებს და უზრუნველყოფს დენადი ნარევების მიღებას.

2. ჩვენი მონაწილეობით მიღებული შემკვრელის და ადგილობრივი შემკვრელები მასალების გამოყენებით ბეტონის შედგენილობების გაანგარიშების დროს, ბეტონის და რკინაბეტონის კონსტრუქციების ფიზიკურ მექანიკური თვისებების შესწავლა და მისი გამოყენება სატრანსპორტო მშენებლობაში.
3. დანამატის გამოყენების საფუძველზე გაზრდილი იქნა ბეტონის მთელი რიგი თვისებები, მათ შორის ყინვამედეგობა 200 ციკლამდე, სიმტკიცე 50 მგპ და მეტი, ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა 25 წელზე მეტი და სხვა.

ნაშრომის პრაქტიკულ ღირებულებას წარმოადგენს ბეტონის და რკინაბეტონის ნაკეთობების დამზადება სწრაფმყარებადი ცემენტის და დანამატების გამოყენებით. მიღებული ნაკეთობების მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები საშუალებას იძლევა მათი გამოყენებისა სატრანსპორტო მშენებლობაში დიდი ეკონომიკური ეფექტით.

ნაშრომის აპრობაცია: ნაშრომის შედეგები მოხსენებულია საერთაშორისო-სამეცნიერო ტექნიკურ კონფერენციაზე შპს „წყალმშენი ლილოს რკინაბეტონის ნაკეთობების დამზადების ტექნოლოგიის კვლევა“ 2014 წელს, ხოლო დისერტაციის ძირითადი ნაწილი რკინაბეტონის შპალების დამზადება, გამოცდა და გამოყენება მოხსენებულია სადოქტორო პროგრამით გათვალისწინებულ სამ კოლოქვიუმზე.

რკინაბეტონის შპალები დანერგილია ადგილობრივ და ტრანსნაციონალური პროექტების განხორციელებაში, როგორცაა

„ყარსი-ახალქალაქის“ რკინიგზა, საქართველს სარკინიგზო მაგისტრალის რეაბილიტაცია.

კუბლიკაციები: ნაშრომის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია სამ სამეცნიერო სტატიაში. სამეცნიერო ტექნიკურ ჟურნალებში, „მშენებლობა“ და „ენერჯია“.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა: ნაშრომის სრული მოცულობა შეადგენს(107)გვერდს, იგი მოიცავს შესავალს, სამ თავს,ძირითად დასკვნებსა და გამოყენებულ ლიტერატურას, რომელიც (40)დასახელებისგან შედგება.

ნაშრომის შინაარსი

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

პირველ თავში განხილულია გამოყენებული შემკვრელი და დანამატები.

1.1 შემკვრელები. შემკვრელი ნივთიერებები შედგენილობის, თვისებების და გამოყენების მიხედვით იყოფა არაორგანულ და ორგანულ ნივთიერებებად.

არაორგანული შემკვრელი ნივთიერებები წარმოადგენს ფხვნილისებრ მასალას. წყალთან ადუღაბებისას ისინი თხევადი ან პლასტიკური ცომის მდგომარეობიდან გადადიან ქვისებრ მდგომარეობაში. შემკვრელი ნივთიერებები გამოიყენება მარცვლოვანი მასალების ან ცალობითი ნაკეთობების დასაკავშირებლად, ამაზეა დამყარებული სამშენებლო დუღაბის, ბეტონის და სხვადასხვა ხელოვნური ქვის დამზადება.

არაორგანული შემკვრელი ნივთიერებები ძირითადი თვისებებისა და შედგენილობის მიხედვით იყოფა ჰაერულ, ჰიდრავლიკურ და ავტოკლავურ გამყარების შემკვრელებად.

ჩვენ ნაშრომში გამოყენებულია ჰიდრავლიკური შემკვრელი, კერძოდ პორტლანდცემენტი, რომელიც წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად შემკვრელს, რასაც იყენებენ თითქმის ყველა დარგის მშენებლობაში.

ცემენტის გამოყენებისას ყველაზე მნიშვნელოვან პროცესს წარმოადგენს მისი ჰიდრატაცია, რომელიც მიმდინარეობს ნაკეთობის გამყარებისას.

ცემენტის ჰიდრატაციის საკითხის შესწავლას მიეძღვნა უამრავი შრომა. ჩვენ ნაშრომში განხილულია მისი ძირითადი ასპექტები.

პორტლანდცემენტის ავტორია ინგლისელი ჯოზეფ ასპდინი, მან 1822 წელს მიიღო პატენტი პორტლანდცემენტის გამოგონებაზე, ქალაქ პარიზში.

საამაყო ის რომ ასპდინის პარალელურად იმავე პერიოდში რუსეთში ჩვენი თანამემამულის სამხედრო ინჟინრის ეგორ გერასიმეს ძე ჭელიძის მიერ დამზადებული იქნა იგივე თვისებების მქონე ცემენტი. ამასთან ჭელიძემ 1825 წელს გამოაქვეყნა ფუნდამენტური ნაშრომი, სადაც აღწერილი იქნა ცემენტის ნედლეული, დამზადების ტექნოლოგია და მისი თვისებები. ეს ცემენტი გამოყენებული იქნა პირველ სამამულო ომის დროს დანგრეული მოსკოვის აღსადგენად. ამრიგად პორტლანდცემენტის წარმოების ფუძემდებლად ჩვენს ქვეყანაში ითვლება ჭელიძე, ამის დასტურია ი. ა. ზნაჩკო-იავორსკის მიერ რუსულ ენაზე გამოცემული წიგნი, სახელწოდებით: „ეგორ გერასიმეს ძე ჭელიძე - ცემენტის გამომგონებელი.“ ქ. მოსკოვი, 1969 წელი.

განსახილველი ნაშრომის პირველი თავი ეხება პორტლანდცემენტის ჰიდრატაციის პროცესის კვლევას. მთელი რიგი მეცნიერების მრავალრიცხოვანი ცდებით დადგენილია, რომ ცემენტის ჰიდრატაციაში ადრეულ ასაკში (28 დღე-ღამე) ლეზულობს მონაწილეობას დაახლოებით 40 – 50% ცემენტის მასიდან. დანარჩენი, ასევე 40–50 % რეაქციაში შედის 2–3 ათეული წლის განმავლობაში, რაც იწვევს შესაბამისად ბეტონის სიმტკიცის ზრდას 1,5–2 ჯერ. ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევებით ფირმა „მიქსორის“ ცენტრალურ ლაბორატორიაში რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით დადგინდა,

რომ საწყის სტადიაზე ჰიდრატაციაში მონაწილეობს ცემენტის საერთო რაოდენობის 50 – 60 %.

ჰიდრატაციის პროცესი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული დაფქვის სიწმინდეზე, რაც უფრო წმინდად არის დაფქული ცემენტი მით უფრო აქტიურად მიმდინარეობს მისი გამყარების პროცესი და ცემენტის მოლეკულების უფრო დიდი რაოდენობა ღებულობს ჰიდრატაციაში მონაწილეობას.

პორტლანდცემენტის წყალთან ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება პლასტიკური ცომი, რომელიც თანდათან სქელდება და გადადის ქვისებრ მდგომარეობაში.

ცემენტი ინტენსიურად მაგრდება ტენიან გარემოში, ნორმალური $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ დროს. ტემპერატურის ზრდა ტენიან გარემოში კიდევ უფრო აჩქარებს ცემენტის გამაგრებას. ხოლო დაბალი ტემპერატურა ანელებს ცემენტის გამაგრებას, ხოლო უარყოფით ტემპერატურაზე კი ხდება გამყარების პროცესის შეწყვეტა.

ჩვენს მიერ ნაშრომში ამ მიმართულებით შესრულდა შემდეგი სამუშაოები: გამოკვლეული იქნა ჰაიდელბერგცემენტჯორჯიას მიერ დამზადებული ახალი სწრაფმყარებადი ცემენტის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ექსპრიმენტის სამუშაოს ჩატარებისთვის შევჩერდით რიგითი პორტლანდცემენტის მიღებისთვის განკუთვნილ კლინკერზე, რომლის ქიმიური შედგენილობა %-ში შემდეგია

კლინკერის წარმოებისათვის საჭირო ნედლეული, მოცემულია ცხრილში №1.1.

ცხრილი №1.1

| | |
|---|-------|
| CaO–ს შესაყვანად კირქვა (დედოფლისწყარო) | 75,8% |
| Al ₂ O ₃ -ს შესაყვანად თიხა (გარდაბანი) | 18,9% |
| SiO ₂ –ს შესაყვანად ქვიშა | 3,6% |
| Fe ₂ O ₃ –ს შესაყვანად რკინის ნამწვი | 1,7% |

გაუმჯობესებული ცემენტის მახასიათებლები მიღწეული იქნა BASF-ის მიერ წარმოებული დაფქვის ინტენსიფიკატორ MasterCem ES 2125-ის დამატებით. დანამატის ტექნიკური მონაცემები, წარმოდგენილია ცხრილში 1.2.

ცხრილი №1.2

| | |
|------------------------------|---|
| ფიზიკური მდგომარეობა | ოდნავ მღვრიე, ბლანტი მოყვითალო სითხე |
| სიმკვრივე 20°C | 1,14 – 1,2 ტ/მ ³ |
| PH სიდიდე 20°C | 10 – 12,5 |
| ქლორის იონების შემცველობა | შეიცავს ქლორიდებს 0,1 |

ეს დანამატი წარმოადგენს ყვითელი ფერის ბლანტ სითხეს, რაც თავსებადია ყველა ტიპის ცემენტებისთვის. იგი ემატება დაფქვის პროცესის დროს ბურთულა წისქვილებში მხოლოდ ცემენტის მშრალი მეთოდით წარმოებისას და აუმჯობესებს ცემენტის ადრეულ

სიმტკიცეს - 24 საათის შემდეგ სიმტკიცე იზრდება 10-25 %. ამასთან ერთად ცემენტი ინარჩუნებს თავის ძირითად მახასიათებლებს.

ასეთი ცემენტის გამოყენებისას უმჯობესდება ბეტონის ნარევის დენადობა, რაც საშუალებას გვაძლევს დავზოგოთ ბეტონის პლასტიფიცირება ძვირადღირებული დანამატებით. დაფქვის ინტენსიფიკატორი ეფექტურია თავისი თვისებებით და ეკონომიურობით, რამეთუ 1 ტონაზე ემატება 0,05 - 0,25 %. რაც მხოლოდ 2,26 ლარით აძვირებს ერთ ტონა ცემენტის ღირებულებას. დანამატის გამოყენებისას მისი დაფქვის დროს იხარჯება მცირე ენერგია.

ცემენტის გაუმჯობესებული ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები დაფქვის ინტენსიფიკატორით, მოყვანილია ცხრილში №1.3

ცემენტის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების დასკვნითი მონაცემები
ცხრილი №1.3

| დასახელება | დაფქვის სიწმინდე სმ/გრ | ცემენტის შეკვრა | | წყალმოთხოვნილება % | E2d სიმტკიცე, მგპა | E7d სიმტკიცე, მგპა | E28d სიმტკიცე, მგპა |
|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | | შეკვრის პაროდის დასაწყისი, წთ | შეკვრის პროდის დასასრული, წთ | | | | |
| Cem I 42.5 R | 3354 | 45 | 720 | 23.8 | 21.5 | 38.5 | 50.8 |
| Cem I 42.5 R ინტენსიფიკატორით | 3400 | 30 | 680 | 24.0 | 28.0 | 40.5 | 51.5 |

ზემოთხსენებული ცემენტი გამოყენებული იქნა ფირმა „წყალმშენი ლილოს“ რკინაბეტონის ნაკეთობების დასამზადებლად.

ჩვენს მიერ დამზადებული იქნა ბეტონის შედგენილობის გაანგარიშების შემდეგ, წინასწარ დამზადებული ბეტონის ფილები და პარაბოლური ღარები სარწყავი გამანაწილებელი არხებისათვის. ამ ცემენტით იქნა დამზადებული აგრეთვე რკინაბეტონის შპალები კომპანია „მიქსორის“ შპალების ქარხანაში, რითაც გაუმჯობესებული იქნა რკინაბეტონის შპალების ფიზიკურ-მექანიკური, ქიმიური და საექსპლუატაციო თვისებები.

1.2 დანამატები. ბეტონის თვისებების რეგულირებისათვის გამოიყენება სხვადასხვა სახის დანამატები. მათ ყოფენ ორ სახეობად: ქიმიურ და მინერალურად. ქიმიური დანამატები ემატება ბეტონს მცირე რაოდენობით (0,1 – 2% ცემენტის მასიდან) შესაბამისად იგი მიზანდასახულად ცვლის ბეტონის ნარევის და გამყარებული ბეტონის თვისებებს. მათი გამოყენება ყველაზე მიზანშეწონილი, ხელმისაწვდომი და მოქნილი მეთოდია ბეტონის ტექნოლოგიის მართვისა და ძირითადი თვისებების რეგულირებისათვის. თუ ადრე მშენებლობაში დანამატად გამოიყენებოდა ცალკეული ქიმიური პროდუქტები და წარმოების მოდიფიცირებული ნარჩენები, ამჟამად სხვადასხვა დანიშნულებით, ქარხნული წესით სპეციალურად მზადდება სხვადასხვა სახის დანამატები.

ბეტონის დანამატები დანიშნულების მიხედვით შეირჩევა სამშენებლო ლაბორატორიაში, ცდების საშუალებით. ზოგიერთ დანამატს აქვს მრავალფუნქციური მოქმედება, მაპლასტიფიცირებელი, ანტიკოროზიული, აირწარმომქმნელი და სხვა. დანამატების კლასიფიცირებას ახდენენ უპირატესად გამოსახული მოქმედების

ეფექტის მიხედვით. მაგალითად მაპლასტიფიცირებელი დანამატის ეფექტურობა გამოისახება ბეტონის ნარევის კონუსის ჯდენის ზრდაში 2–3 სმ–დან 20 – 25–სმ–მდე.

მრავალფუნქციური მოქმედების ეფექტის მისაღებად გამოიყენება კომპლექსური დანამატები, რომელშიც ჩართულია რამდენიმე კომპონენტი, მაგალითად, დანამატი, რომელიც ერთდროულად ათხევადებს ბეტონის ნარევს და აჩქარებს ბეტონის გამაგრებას და სხვა.

დამუშავებულია კომპლექსური დანამატების უამრავი სახეობა, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს არსებითად ვმართოდ ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკეთობების ტექნიკურ–ეკონომიკური მახასიათებლები.

ბეტონისა და რკინაბეტონის დამზადების ტექნოლოგიაში უპირატესად გამოყენებულია სუპერპლასტიფიკატორი, რომელიც ყველაზე ეფექტურ დანამატს წარმოადგენს, იგი მკვეთრად ზრდის ბეტონის ნარევის პლასტიკურობას და მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ბეტონის სამშენებლო–ტექნიკურ თვისებებს. სუპერპლასტიფიკატორი სინთეზური პოლიმერული ნივთიერებაა, რომელიც შეჰყავთ ბეტონის ნარევში ცემენტის მასის 0,5.....1,2%, მისი მოქმედების დრო შეზღუდულია 2–3 საათით, ნარევში შეყვანიდან. ტუტე გარემოს ზემოქმედებით ის განიცდის ნაწილობრივ დესტრუქციას, გადადის სხვა ნივთიერებაში, რომელიც უსაფრთხოა ბეტონისათვის და არ აყვავებს მის გამაგრებას. მისი გამოყენებით შესაძლებელია ცემენტის ეკონომია 15–20 %-ით ან ბეტონის სიმტკიცის ზრდა 15–25 %-ით.

სადისერტაციო ნაშრომში ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკეთობების ტექნოლოგიური ფაქტორების რეგულირებისა და გამყარებული ბეტონის ტექნიკური თვისებების გაუმჯობესებისათვის

ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა ახალი თაობის სუპერპლასტიფიკატორი CHRYSO®FIUID PREMIA- 180.

მოდულირებული პოლიკარბოქსიდის დანამატი ჩვენს მიერ რეკომენდებულია იმ ბეტონებისათვის, რომლებსაც ესაჭიროებათ სწრაფი შეკვრა (გამყარება) და ხანგრძლივი ექსპლუატაცია. გარდა ამისა ეს დანამატისაშუალებას იძლევა ბეტონის ნარევი ხანგრძლივად შეინარჩუნოს ადვილჩაწყობადობა.

დანამატი განაპირობებს ბეტონი დავამზადოთ დაბალი წყალცემენტის ფარდობით, რაც თავისთავად გვამღებს გარკვეულ ეკონომიკურ ეფექტს. გარდა ამისა შესაძლებელია ამ დანამატი მივიღოთ წინასწარდამზადებული ბეტონი და რკინაბეტონი.

ჩვენს მიერ გამოყენებული ზემოთ ხსენებული დანამატი საშუალებას იძლევა ბეტონის დამზადებისას გამოვიყენოთ ყველა სახის ცემენტები, რკინაბეტონის ნაკეთობები დამზადდეს ქარხნული წესით, რაც უზრუნველყოფს მაღალი საექსპლუატაციო თვისებების მქონე ბეტონის ნარევის მიღებას. ამასთან ერთად იგი საშუალებას იძლევა დამზადდეს პლასტიკურიან თხევადი (სხმული) ბეტონის ნარევი. დანამატის გამოყენება რეკომენდებულია 100 კგ ცემენტზე 0,3.....1,0 კგ-მდე. რაც დაახლოებით შეადგენს 0,8 % ცემენტის მასიდან. დანამატი შეაძლებელია დაემატოს ბეტონის ნარევი მის არევაში, გარდა ამისა შესაძლებელია იგი დაემატოს ნარევი დამზადების შემდეგაც.

დანამატის ტექნიკური მახასიათებლებია:

ფიზიკური მდგომარეობა – სითხე;

სიბლანტე– $1,055 \pm 0,02$ გ/სმ³;

ფერი– ღია მწვანე;

PH – $6,00 \pm 1$;

მშრალი ნივთიერება– $21,50 \pm 5\%$;

ქლორიდების შემცველობა – $< 0,1 \%$.

აღსანიშნავია, რომ დანამატი დაცული უნდა იყოს როგორც მაღალი ტემპერატურის, ასევე ყინვისაგან. მისი გამოყენება რეკომენდირებულია 0⁰ C – ის ტემპერატურის ზემოთ. გამოყენებული დანამატი ვარგისია 12 თვის განმავლობაში.

ამ დანამატის გამოყენებით სადისერტაციო ნაშრომში მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებულია ბეტონის და რკინაბეტონის ნაკეთობების როგორც ტექნოლოგიური თვისებები, ასევე ტექნიკური მახასიათებლები.

თავი II

ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკეთობების დამზადება შპს

„წყალმშენ–ლილოს“საწარმოში

ბეტონი და რკინაბეტონი თანამედროვე მშენებლობაში ძირითადი საშენი მასალაა, რომელსაც მშენებელ-ტექნოლოგი სხვადასხვა ტექნოლოგიური ხერხებით ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში საჭირო ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს ანიჭებს.

თავისი მექანიკური მახასიათებლებით ბეტონი და რკინაბეტონი უნივერსალური და უნიკალური საშენი მასალაა. უნივერსალურია იმიტომ, რომ გამოიყენება თითქმის ყველა დარგის მშენებლობაში: სამრეწველო და სამოქალაქო, ჰიდროტექნიკურ, სატრანსპორტო და სხვა დარგებში, ხოლო უნიკალურია იმიტომ რომ თუ ყველა მასალა ექსპლუატაციაში ყოფნისას იუარესებს თავის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს, ბეტონი და რკინაბეტონი კი თითქმის 50 წლის განმავლობაში იმატებს სიმტკიცეში და ინარჩუნებს თავის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს, თუ იგი მუშაობს ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში.

XIX საუკუნეში ამ ძვირფასი მასალის გამოყენება განახლდა, რაც განაპირობა პორტლანდცემენტის აღმოჩენამ და ფართო გამოყენებამ მშენებლობაში.

იმის გამო რომ ბეტონი კონსტრუქციაში კარგად მუშაობს კუმშვაზე და ახასიათებს ძალიან მცირე სიმტკიცე გაჭიმვისას, მისი გამოყენება თითქმის შეზღუდული იყო მღუნავ ელემენტებში. სწორედ ამან განაპირობა რკინაბეტონის გამოგონება. პატენტი რკინაბეტონის გამოგონებაზე მიიღო ფრანგმა მონიემ 1867 წელს ქ. პარიზში, რომელმაც დაამზადა რკინაბეტონის კალათი.

ე. ფრეისინემ 1928 წელსაფრანგეთში დაამზადა პირველი სამრეწველო წინასწარდამაბული კონსტრუქციები რკინაბეტონისგან, ხოლო 1930 წ. ჩვენმა თანამემამულემ ნ. მიხაილოვმა ქ. თბილისში ჩაატარა დიდი კვლევა ამ დარგში, რაც საფუძვლად დაედო წინასწარ დამაბული ასაწყობი რკინაბეტონის განვითარებას საქართველოში.

ჩვენს მრეწველობაში გამოიყენება როგორც მონოლითური, ასევე ასაწყობი რკინაბეტონის ნაკეთობები.

ასაწყობი რკინაბეტონის ნაკეთობების წარმოება საქართველოში დაიწყო წინა საუკუნის 50-იანი წლებიდან. ასაწყობი რკინაბეტონის მრეწველობის სწრაფმა განვითარებამ მოკლე დროში განაპირობა სამშენებლო ობიექტების სწრაფი აგება, გარდა ამისა ნაგებობებში გამონთავისულდა დიდი რაოდენობით ლითონის კონსტრუქციები, ხის მასალები და სხვა დეფიციტური რესურსები. მნიშვნელოვნად შემცირდა სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების შრომატევადობა, რამაც გამოიწვია მომუშავეთა რაოდენობის შემცირება თითქმის 50%-ით.

1990 წლამდე მშენებლობაში გამოყენებული იყო 49% მონოლითური, ხოლო 51% ასაწყობი რკინაბეტონი, მაგრამ დღეისთვის ეს თანაფარდობა მნიშვნელოვნად შემცირდა 1991-1992 წლებში საქართველოში განვითარებული ცნობილი მოვლენების გამო, რადგან გაიძარცვა რკინაბეტონის დამამზადებელი ტექნოლოგიური ხაზები; ასეთი დიამეტრალური ცვლილება მძიმე ტვირთად დააწვა მშენებლობის ისეთ დარგებს სადაც მონოლითური დაბეტონება ფრიად გართულებულია ან შეუძლებელია. ასეთია საირიგაციო ნაკეთობების წარმოება, მაგ: დარები სარწყავი გამანაწილებელი სისტემისათვის, რკინაბეტონის ფილები მაგისტრალური არხებისათვის და სხვა. სარწყავი სისტემების მოწყობა ჩვენი

ქვეყნისათვის აუცილებელია. ჩვენი შრომაც აქტუალურია ამ მიმართულებით რადგან საირიგაციო ნაკეთობების მოწყობა მონოლითური ბეტონით არ ამართლებს, ადგილზე ბეტონის შემკვრივება და წყალუქონადობის მიღება შეუძლებელია, ამიტომ ასეთი ასეთი ნაკეთობების წარმოება ასაწყობი რკინაბეტონით აუცილებლად უნდა განვითარდეს, ამ შემთხვევაში უმჯობესდება ნაკეთობის ვიბრირება და შესაძლებელია წინასწარდაძაბული არმატურის გამოყენება.

ბეტონის და რკინაბეტონის ნაკეთობების დამზადების ხარისხი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული მისი შემადგენლების (ცემენტის, შემკვრების და დანამატების) სათანადო შერჩევაზე და შესწავლაზე.

ამ თვალსაზრისით ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა კვლევები ცემენტისა და მისი დანამატის როგორც დამზადებაზე, ასევე მისი მისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დადგენაზე.

რაც შეეხება რკინაბეტონის ნაკეთობის დამზადებას და მათ კვლევას ჩვენს მიერ ჰაიდელბერგის სწრაფმყარებადი ცემენტის გამოყენებით „წყალმშენი-ლილოს“ რკინაბეტონის ქარხანაში 2013-2014 წლებში მთავარი ინჟინრის რ. ჩაჩუას უშუალო ხელმძღვანელობით, ქარხანაში დამზადებული იქნა წინასწარდაძაბული ფილები, ზომებით 6,0 X 2,0 X 0,07; 6,0 X 1,5 X 0,07; 6,0 X 1,0 X 0,07; და 3,0 X 2,0 X 0,1 მ; სხვადასხვა მაგისტრალური არხებისთვის.

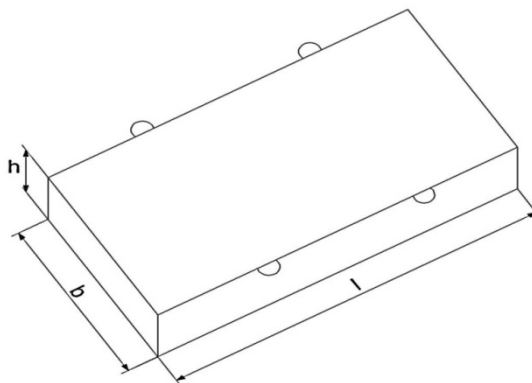
ნახ. 2.1-ზე. მოცემულია „წყალმშენი-ლილოს“ ქარხნის რკინაბეტონის ფილების დამზადების ტექნოლოგიური ხაზი, ხოლო ნახ. 2.2.-ზე მოცემულია ფილის სქემა



ნახ.2.1 „წყალშენი-ლილოს“ ქარხანაში რკინაბეტონის ნაკეთობის დამზადების ტექნოლოგიური ხაზი

ნახ. 2.2

წინასწარდაბული ფილა მაგისტრალური არხებისათვის



წინასწარდაბული ფილის მახასიათებლები

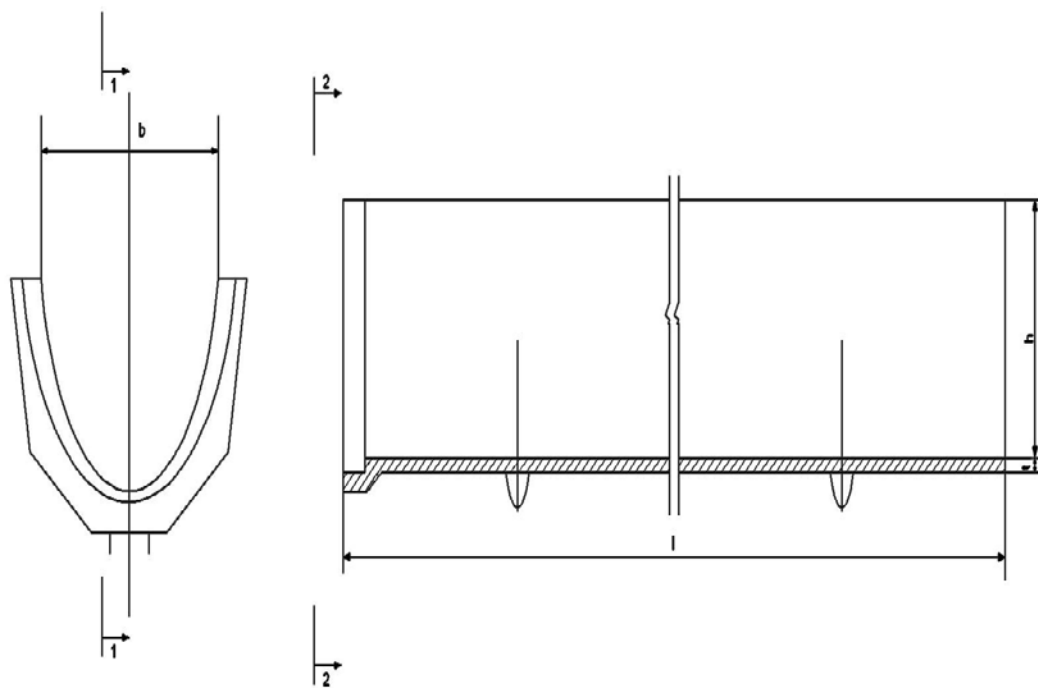
ცხრილი №2.1

| კონსტრუქციის დასახელება | გეომეტრიული ზომები, მმ | | | ბეტონის მარკა, კგ/სმ ³ | არმატურის ხარჯი, კგ | კონსტრუქციის მასა, კგ |
|-------------------------|------------------------|--------|---------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | სიგრძე | სიგანე | სიმაღლე | | | |
| წინასწარ დაბული ფილა | 4000 | 2000 | 60 | 200 | 39.0 | 1200 |
| | 5000 | 2000 | 60 | | 45.0 | 1500 |
| | 6000 | 1000 | 60 | | 25.0 | 900 |
| | 6000 | 1500 | 60 | | 32.0 | 1350 |
| | 6000 | 2000 | 60 | | 40.5 | 1800 |

წინასწარდაბული ფილების არმირება წარმოებს 2 ფენა არმატურის ბადეების საშუალებით, რაც მზადდება ქარხნის არმატურის საამქროში წერტილოვანი შესადულებელი აპარატის, საჭრელი, გამასწორებელი და მოსალუნი დაზგების მეშვეობით. არმირებისთვის ძირითადად გამოყენებულია მაღალი სიმტკიცის

მავთული $\Phi 5$ B_p – II და $\Phi 5$ B – II და ცხლადგლინული $\Phi 10$ A – III და $\Phi 12$ A – III.

გარდა წინასწარდამაბული ფილებისა ჩვენს მიერ საწარმოში დამზადებული იქნა პარაბოლური ღარები LP-4 და LP-6, სარწყავი გამანაწილებელი არხებისათვის, რომელიც მოცემულია ნახ. 2.3



ნახ

2.3 პარაბოლური ღარი

პარაბოლური ღარის ტექნიკურ ეკონომიკური მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში 2.2

პარაბოლური ღარის მახასიათებლები

ცხრილი №2.2

| კონსტრ უქციის დასახე ლება | გეომეტრიული ზომები, მმ | | | | ბეტონის მარკა, კგ/სმ ³ | არმატურის ხარჯი, კგ | კონსტრუქციის მასა, კგ |
|------------------------------------|------------------------|--------|---------|-------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| | სიგრძე | სიგანე | სიმაღლე | სისქე | | | |
| ЛР-4 | 6110 | 800 | 400 | 50 | 300 | 27.55 | 1080 |
| ЛР-6 | 6110 | 980 | 600 | 50 | | 36.71 | 1420 |



ნახ 2.3 მოცემულია პარაბოლური ღარების დამზადების სქემა

ნახ. 2.4-ზე გამოსახულია შპს „წყალმშენი-ლილოს“ მიერ დამზადებული რკინაბეტონის პარაბოლური ღარები



ნახ 2.4 პარაბოლური ღარები

პარაბოლური ღარები არმირებული იყო 2 ფენა არმატურის ბადეებით. ღარების ზომებია 6,11 X 0,8 X 0,4; 6,11 X 0,98 X 0,6; და 8,11 X 0,98 X 0,6მ;

არმატურის მიმწოდებელია შპს „აგის-ჯორჯია“, შპს „კოდაკო“ და შპს „GM (თბილისი)“.

ინერტული მასალები ქარხანაში შემოდის შულავერის კარიერიდან ავტოტრანსპორტით შპს „დებედა“, კერძოდ ქვიშა ფრაქციით 0,14 – 5 მმ, ხოლო ღორღი ფრაქციით 5 – 10 მმ. ინერტული მასალების საწყობი მოცემულია ნახ. 2.5



ნახ. №2.5 შპს „წყალმშენი – ლილოს“ ინერტული მასალების საწყობი

შპს „წყალმშენი-ლილოს“ ცენტრალურ ლაბორატორიაში გამოკვლეული იქნა შემვსებები: ქვიშა და ღორღი. დადგენილი იქნა მათი ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები, რის საფუძველზეც ჩვენი მონაწილეობითგაანგარიშებული იქნა B – 15 და B – 25 კლასისბეტონის შედგენილობები. კერძოდ ფილის დამზადებისას გამოყენებული იქნა B – 15 კლასის, ხოლო პარაბოლური ღარებისთვის B – 25 კლასის ბეტონი, სწრაფმყარებადი ცემენტის გამოყენებით.

B – 15 კლასის ბეტონის შედგენილობა

1. ცემენტი -300 კგ;
2. წყალი - 150 ლიტრი;
3. ქვიშა - 722 კგ;
4. ღორღი - 1178 კგ;
5. კონუსის ჯდენა 4 სმ;
6. წ/ც - 0,5;
7. მოცულობითი მასა 2350 კგ/მ³

B – 25 კლასის ბეტონის შედგენილობა

1. ცემენტი -370 კგ;
2. წყალი -185 ლიტრი;
3. ქვიშა -701 კგ;
4. ღორღი - 1144 კგ;
5. კონუსის ჯდენა - 3 სმ;
6. წ/ც -0,5;
7. მოცულობითი მასა - 2440 კგ/მ³.



**ნახ. №2.6 მოცემულია შპს „წყალმშენი-ლილოს“ ცენტრალური
ლაბორატორია**

უნდა აღინიშნოს, რომ ბეტონის შედგენილობებში არ არის გამოყენებული სუპერპლასტიფიკატორი, რადგანაც რკინაბეტონის ნაკეთობების დამზადებისას გამოყენებულია „ჰაიდელბერგცემენტჯორჯიას“ მიერ დამზადებული სწრაფმყარებადი პორტლანდცენეტი, რომელიც შეიცავს დაფქვის ინტენსიფიკატორს.

სწრაფმყარებადი ცემენტის გამოყენებამ მოახდინა გარკვეული კომპენსაცია თბოდამუშავების რეჟიმის (რადგან ქარხანაში არ მუშაობს თბოდამუშავების სისტემა და ნაკეთობებს ამყარებენ ბუნებრივ პირობებში). ამ მხრივ იქნა გამოსავალი მოძებნილი. როგორც ვთქვით BASF-ის ცემენტი იძლევა ადრეულ სიმტკიცეს, 24 საათის შემდეგ ნაკეთობას ჰქონდა თითქმის 100 კგმ/სმ² სიმტკიცე და შეიძლებოდა მისი განყალიბება, ხოლო მესამე დღეს კი ნაკეთობის ტრანსპორტირება.

თავი III

შპს „მიქსორის“ რკინაბეტონის შპალებისდამზადების ტექნოლოგიის კვლევა დანამატების გამოყენებით

ქვეყნის ეკონომიკის განვითარებისთვის ძალიან მნიშვნელოვანია ისეთი ძირითადი სამრეწველო დარგის განვითარება, როგორც არის რკინიგზის ტრანსპორტი, მისი სრულყოფა და დახვეწა. ჩვენს ქვეყანაში სარკინიგზო ტრანსპორტი 140 წელზე მეტ ხანს ითვლის. პირველი მატარებელი ფოთიდან თბილისში 1872 წლის 10 ოქტომბერს ჩამოვიდა. სწორედ ეს დღე ითვლება კავკასიაში რკინიგზის დაბადების დღედ. მას მოჰყვა 550 კმ-იანი სარკინიგზო ხაზის მშენებლობა, ხოლო 1883 წელს კი მატარებლებმა დაიწყეს მოძრაობა ბაქო-ბათუმის მიმართულებით თბილისი-სამტრედიის გავლით რითაც ბათუმი გახდა მნიშვნელოვანი სავაჭრო სამრეწველო პორტი შავ ზღვაზე, ხოლო სარკინიგზო გზა ბათუმი-თბილისი-ბაქო გახდა ცენტრალური მაგისტრალი კავკასიაში, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს შავ და კასპიის ზღვას.

თანამედროვე პირობებში მეტად მნიშვნელოვანია ტრანსპორტის, კერძოდ კი რკინიგზის ტრანსპორტის განვითარება და სრულყოფა. რკინიგზის ტრანსპორტის უმთავრეს და საპასუხისმგებლო რგოლს კი ლიანდაგი წარმოადგენს, შპალი კი ლიანდაგის ძირითადი ელემენტია.

საშპალე მასალად უძველესი დროიდან გამოიყენებოდა მერქანი, ლითონი და რკინაბეტონი. თანამედროვე პერიოდში ფართო გამოყენება ჰპოვა რკინაბეტონის შპალებმა. საქართველოში არსებობს გარკვეული გამოცდილება ამ დარგში, მაგისტრალური რკინიგზის

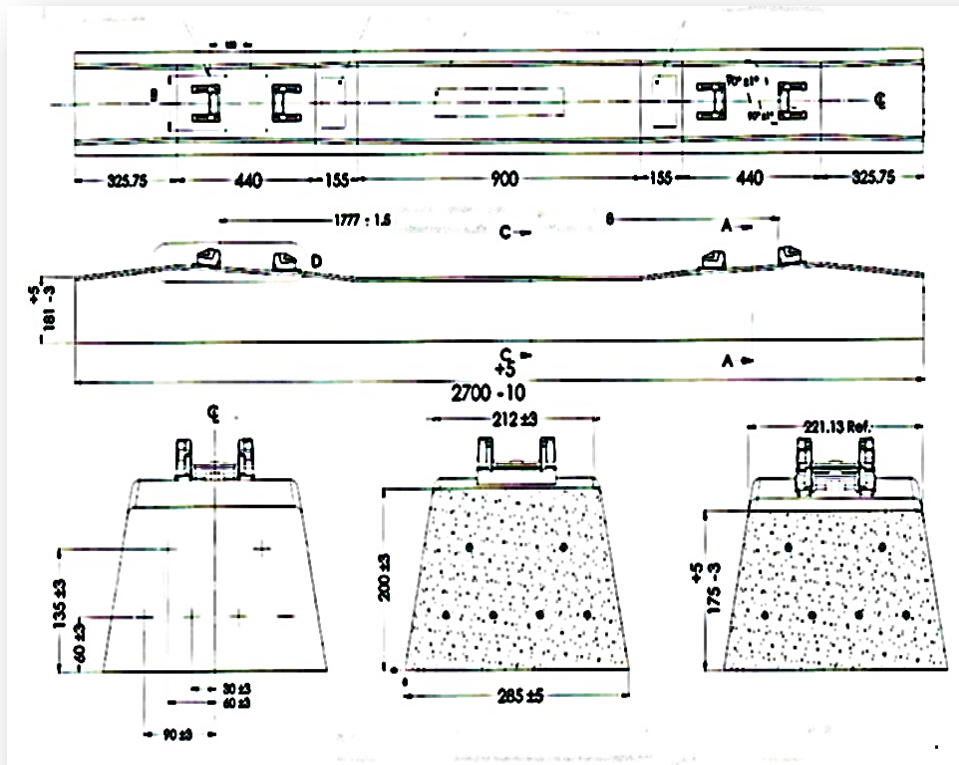
ლიანდაგებზე, გარდა სურამის საუღელტეხილო უბნისა თითქმის ყველგან რკინაბეტონის შპალებია გამოყენებული.

რკინაბეტონის შპალების დადებითი თვისებებია:დეფიციტური ლითონისა და ხის მასალების დაზოგვა, დიდი სიმტკიცე კუმშვასა და ღუნვაზე, ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა.

რკინაბეტონის შპალებს გააჩნია უარყოფითი მხარეები: მაღალი სიხისტე და სიმყიფე, რაც ართულებს ჩატვირთვა-გადმოტვირთვის სამუშაოებს.

საქართველოში კომპანია „მიქსორმა“ 2010 წელს განახორციელა სოლიდური ინვესტიცია და ძველი რკინაბეტონის შპალების ქარხნის ბაზაზე შექმნა ახალი საწარმო, სადაც სამი წლის განმავლობაში ვთანამშრომლობთ, როგორც ქარხანასთან ასევე ლაბორატორიასთან.ქარხანაში ჩატარდარეკონსტრუქცია, განახლდა ტექნოლოგიური ხაზი და ინფრასტრუქტურა. ამასთან ერთად ქარხანაში ძველი თბოტენიანი დამუშავების სისტემების ნაცვლად შეიქმნა თანამედროვე მოთხოვნების ბეტონის გამყარების კამერები და ბეტონის ლაბორატორიაუახლესი აღჭურვილობებით. ქარხანაში დაიხვეწა და დაინერგა უახლესი ხარისხის მართვის სტანდარტები, რამაც განაპირობა საწარმოს მიერ iso-ს საერთაშორისო სერტიფიკატის მიღება.

შპალების დამზადებისას ჩვენს მიერ შემკვრელად გამოყენებული იქნა სწრაფმყარებადი ცემენტი, ქსოვრისის კარიერის მიერ წარმოებული ქვიშა და ლორდი,ხოლო დანამატის სახით CHRYSO Fluid Premia – 180.



ნახ. 3.1 რკინაბეტონის შპალი

შემკვერელი და დანამატი განხილულია პირველ თავში, რაც შეეხება შემკვებებს ისინი გამოკვლეული იქნა ფირმა „მიქსორის“ ცენტრალურ ლაბორატორიაში სახელმწიფო სტანდარტის გოსტ-8735-88 „ქვიშა სამშენებლო სამუშაოებისთვის“ მიხედვით.

ქვიშის მარცვლოვანი შედგენილობა და სისხოს მოდული მოცემულია ცხრილში 3.1

ქვიშის გრანულომეტრული შედეგნილობა

ცხრ. 3.1

| ნარჩენი საცერზე | საცრის ხვრეტის ზომები, მმ | | | | | | ჯამი | სისხ ოს მოდ ული | ჯგ. |
|------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------------|--------------------------------------|
| | 2.5 | 1.25 | 0.63 | 0.315 | 0.14 | <0.14 | | | |
| კერძო, გრ | 142.6 | 255.1 | 229.4 | 204.5 | 106.8 | 61.6 | 1000 | 2.93 | განეკუ თვნება მსხვილ ქვიშას |
| კერძო, % | 14.26 | 25.51 | 22.94 | 20.45 | 10.68 | 6.16 | 100 | | |
| სრული ნარჩენი, % | 14.26 | 39.77 | 62.71 | 83.16 | 93.84 | 100 | -- | | |

ქვიშის ტექნიკური მახასიათებლები:

1. მტვრისებრი, თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა შეადგენს 2,95%
2. სიმკვრივე – 2,61 გრ/სმ³;
4. ნაყარი მოცულობითი მასა – 1524 კგ/მ³;
5. ცარიელობა – 41 %;
6. ტენიანობა – 1,43%.

მსხვილი შემკვები (ღორღი 5 – 10 მმ), ასევე მიღებულია ქსოვრისის კარიერიდან, რომლის გრანულომეტრული შედეგნილობა მოცემულია ცხრილში №3.2

ღორღის მარცვლოვანი შედგენილობა

ცხრილი №3.2

| ნარჩენი საცერზე | საცრის ხვრეტის ზომები, მმ | | | | ჯამი |
|--------------------|---------------------------|--------|-------|------|--------|
| | 20 | 10 | 5 | <5 | |
| კერძო, გრ | 75.7 | 2269.7 | 374.9 | 33.6 | 2753.9 |
| კერძო, % | 2.7 | 82.5 | 13.6 | 1.2 | 100 |
| სრული | 2.7 | 85.2 | 98.8 | 100 | - |

ღორღის ტექნიკური მახასიათებლები:

1. სიმკვრივე – 2,6 გრ/სმ³;
2. ნაყარი მოცულობითი მასა – 1500 კგ/მ³;
3. ცარიელობა – 41,11 %;
4. ტენიანობა – 0,6%.

შემკვრელის, შემვსების და დანამატის გამოყენებით გაანგარიშებული იქნა რკინაბეტონის შპალების 1 მ³ ბეტონის ოპტიმალური შედგენილობა, ცხრილი №3.3

1მ³ ბეტონის შედგენილობა

ცხრილი №3.3

| შემადგენელი მასალების რაოდენობა | | | | | | | | |
|---|-----------|-------------------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| ცემენტი Cem I 42.5 R ინტენსიფიკატორის დამატებით, კგ | წყალი, მლ | ქვიშაკგ 0,14 – 5 მმ, კგ | ღორდი 5 – 10 მმ, კგ | ღორდი 10 – 20 მმ, კგ | მოცულობითი მასა, კგ/მ ³ | წყალცემენტისფარდობ | ბეტონის ნარევის კონუსის ჯდენა, სმ | CHRYSO Fluid Premia 180, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 570 | 120 | 760 | 380 | 630 | 2440 | 0,22 | 14 | 1,2 % |

აღნიშნული შედგენილობით დამზადებული იქნა ბეტონის ნარევი კონუსის ჯდენით 14 სმ. გამოცდილი იქნა ბეტონის კუბები ზომით 15·15·15 სმ, 9 ცალი 28 დღე-ღამის ასაკში. გამოცდის შედეგად მიღებული იქნა დადებითი შედეგები.

მძიმე ბეტონისაგან დამზადებული შპალის სიმტკიცე კუმშვაზე შეადგენს 500 კგ/სმ², ყინვამედეგობა 200, მათი გამყარება წარმოებს უახლესი ტიპის თბოტენიანი დამუშავების ტექნოლოგიურ ხაზზე ნახ.

3.2

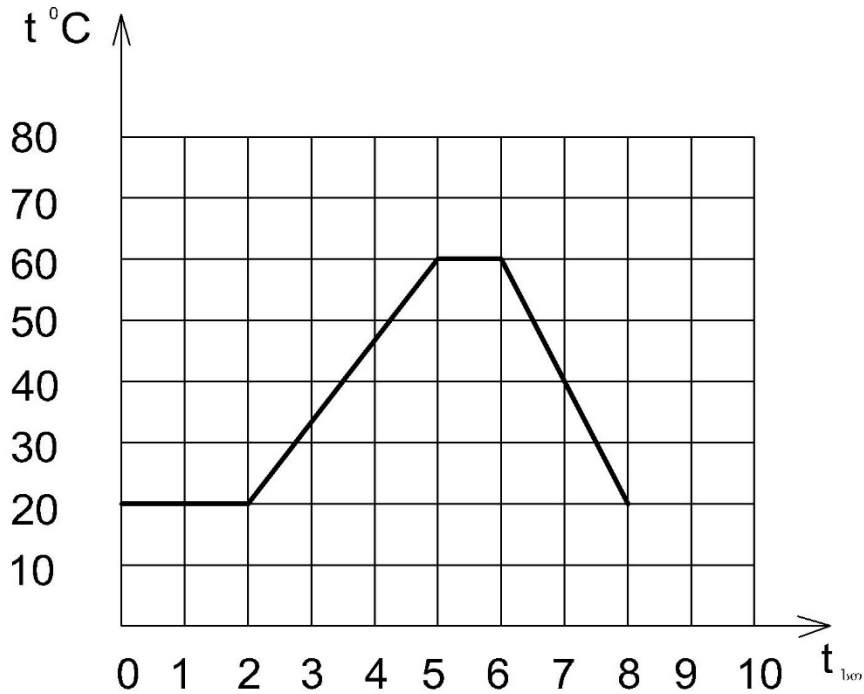


ნახ. 3.2 ქარხნის ტექნოლოგიური ხაზი

შპალების დამზადების ტექნოლოგიური ხაზის სიგრძეა 115 მ, სადაც ერთდროულად ყალიბდება 320 რკინაბეტონის შპალი.

ტექნოლოგიური პროცესი მიმდინარეობს შემდეგი თანმიმდევრობით: ყალიბების მომზადება, სავარცხლების ჩაწყობა, ტროსების ჩალაგება ორ რიგად და მათი დამაბვა, ბეტონის ჩასხმა სპეციალური ბეტონსარიგებლებით, ვიბრირება, გაორთქელის პროცესის მომზადება, რაც ითვალისწინებს თვითმავალი მოწყობილობით შპალების ზედაპირის დამცველი ტენტით დაფარვას, გაორთქელა 60°C ტემპერატურაზე.

რკინაბეტონის შპალების თბოტენიანი დამუშავების რეჟიმი მოცემულია ნახ. 3.3



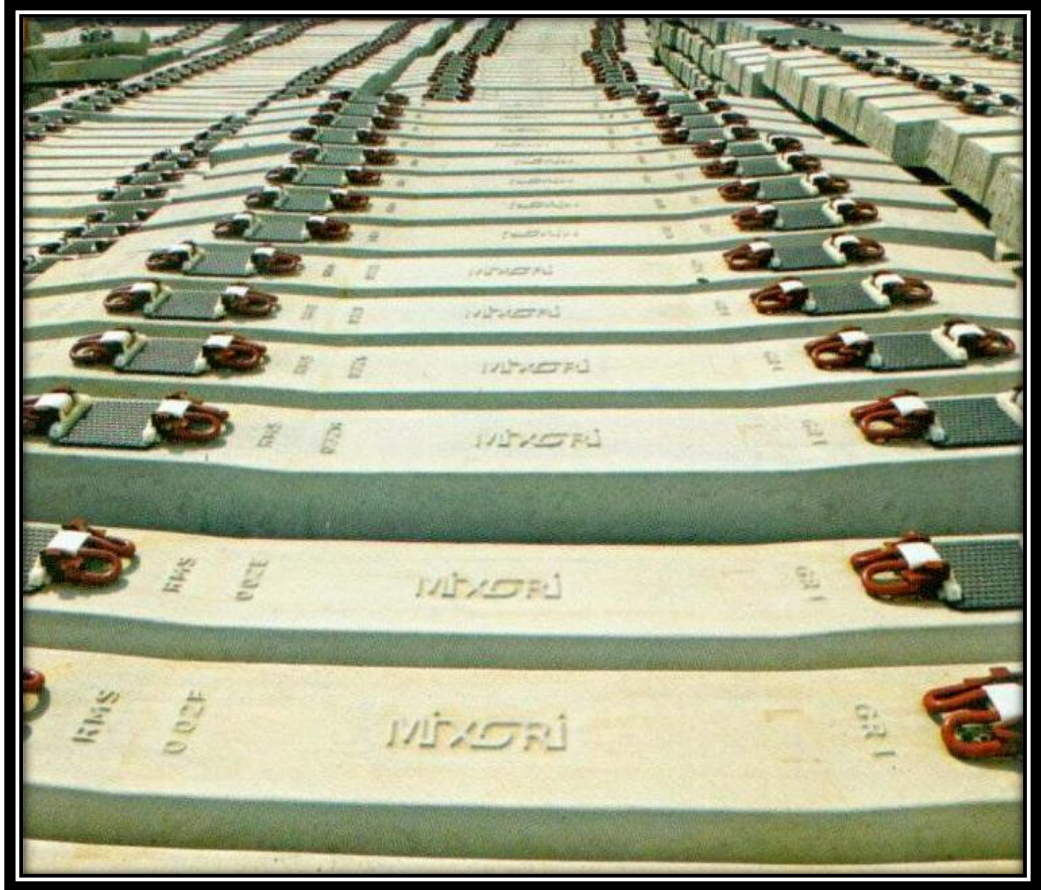
ნახ.№3.3 თბოტენიანი დამუშავების გრაფიკი

თბოტენიანი დამუშავებისას რომ არ დაირღვეს ბეტონის სტრუქტურა, გასამყარებელი შპალები ყოვნდება 2 სთ, შემდეგ ხდება ტემპერატურის თანდათან აწევა 60°C-მდე, ერთ საათის განმავლობაში მიმდინარეობს იზოთერმული დაყოვნება, ხოლო შემდეგ ნაკეთობის ნელ-ნელა გაცივება. მთელი თბოტენიანი დამუშავების ციკლი შეადგენს 8-10 სთ-ს. გამყარების შემდეგ წარმოებს დაძაბულობის მოხსნა, ტროსების ჩაჭრა, თანამედროვე ვაკუუმდანადგარით განყალიბება და დასაწყობება.

რკინაბეტონის შპალების ტექნიკური კონტროლი ჩატარებული იქნა საამქროში მოწყობილ სპეციალურ სტენდზე



ნახ. 3.4 რკინაბეტონის შპალის გამოცდა



ნახ. 3.4 რკინაბეტონის შპალები

**რკინაბეტონის შპალების
ტექნიკური მახასიათებლები:**

1. ბეტონის კლასი B40;
2. ბეტონის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე, 28 დღე-დამისასაკში – 512 კგ/სმ²;
3. რკინაბეტონის შპალის სიგრძე – 2700 მმ;
4. წნული არმატურა დიამეტრით – 9.3 მმ
5. შპალის მაქსიმალური მასა – 319 კგ;
6. ყინვამედეგობა – 200;
7. ტვირთამწეობა – 25 ტ.

ძირითადი დასკვნები

1. ჩვენი მონაწილეობით მიღებული იქნა ახალი სწრაფმყარებადი ცემენტი, რომელიც გამოყენებული იქნა ბეტონის და რკინაბეტონის დასამზადებლად მშპ „წყალმშენი-ლილოს“ და შპალების რკინაბეტონის ქარხნებში.
2. სწრაფმყარებადი ცემენტის ჰიდრატაციის პროცესის შესწავლისას ფირმა „მიქსორის“ ცენტრალურ ლაბორატორიაში რენტგენო-სტრუქტურული ანალიზით დადგენილი იქნა, რომ საწყის სტადიაზე 28 დღე-ღამის ასაკში ჰიდრატაციაში შედის ცემენტის 40 – 50 %, დანარჩენი ნაწილი კი ჰიდრატირდება 2 – 3 ათეული წლის განმავლობაში, თუ ნაკეთობები იმყოფება ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში. რაც იწვევს ბეტონის და რკინაბეტონის ნაკეთობების სიმტკიცის ზრდას 1,5 – 2 ჯერ.
3. გამოკვეული და შესწავლილი იქნა ქსოვრის კარიერიდან მიღებული ინერტული მასალები: ქვიშა და ღორღი, თანამედროვე სტანდარტების მოთხოვნის შესაბამისად.
4. ევროპელ პარტნიორებთან და შპალების ქარხნის ინჟინერ-ტექნიკურ პერსონალთან კონსულტაციის შემდეგ რკინაბეტონის შპალების დასამზადებლად შერჩეული იქნა დანამატი CHRYSO Fluid Premia – 180.
5. დანამატის და სწრაფმყარებადი შემკვრელის ერთობლივი გამოყენებით დამზადებული იქნა B-15, B-25 კლასის ბეტონები წყალმშენი ლილოს ქარხნისათვის, ხოლო B-40 კლასის ბეტონი შპალების ქარხნისათვის, რომლებმაც 28 დღე-ღამის ასაკში გამოცდის შედეგად მოგვცა ნაკეთობების წინასწარ მოთხოვნილი ტექნიკური მახასიათებლები.

6. შპს „წყალმშენი–ლილოს“ ქარხანაში დამზადებული იქნა რკინაბეტონის ნაკეთობები: წინასწარდამზადებული ფილები და პარაბოლური ღარები სარწყავი გამანაწილებელი არხებისათვის, ნაკეთობები დანერგილი იქნა შეკვეთილი ხელშეკრულების მიხედვით.
7. ფირმა „მიქსორში“ ასევე ჩვენი მონაწილეობით დამზადებული იქნა სტანდარტით გათვალისწინებული მაღალი ტექნიკურ–ეკონომიკური მაჩვენებლების რკინაბეტონის შპალები, რომლებიც გამოყენებული იქნა ისეთი ადგილობრივი და ტრანსნაციონალური პროექტების განხორციელებისას როგორცაა „ყარსი – ახალქალაქის“ რკინიგზა და საქართველოს სარკინიგზო მაგისტრალის რეაბილიტაცია.
8. შპალების თბოტენიანი დამუშავებისას სწრაფმყარებადი ცემენტისა და დანამატის ერთობლივი გამოყენებით შემცირდა გაორთქლის ხანგრძლივობა 2 – 4 სთ–ით, გარდა ამისა გაორთქლის პროცესში შემცირდა მაქსიმალური ტემპერატურა 90⁰ C–დან 60⁰ C–მდე. ამის შედეგად შემცირდა ვიბროდამუშავების ხანგრძლივობა 70 %-ით, გაიზარდა წყალუჟონადობა, ყინვაგამძლეობა და ნაკეთობის სახიანი ზედაპირის ხარისხი, რაც მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა.
9. ჩვენი მონაწილეობა როგორც „წყალმშენი–ლილო“ ასევე ფირმა „მიქსორში“ ბეტონისა და რკინაბეტონის ქარხნებში ზემოთ განხილულ ტექნოლოგიურ პროცესებში დასტურდება ამ საწარმოების მიერ გაცემული დოკუმენტაციებით. (იხ. დისერტაცია დანართი 1 და 2)

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში

1. ა. ნადირაძე, დ. ყურაშვილი. ცემენტის ჰიდრატაციის კვლევა და მისი გავლენა ბეტონის სიმტკიცეზე. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“ N 1 (65) თბილისი 2013 წელი.
2. ა. ნადირაძე, დ. ყურაშვილიშპს „წყალმშენი-ლილოს“ რკინაბეტონის ნაკეთობების დამზადების ტექნოლოგიის კვლევა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ N 2 (33), თბილისი 2014 წელი.
3. დ. ყურაშვილი. შპს „წყალმშენი-ლილოს“ რკინაბეტონის ნაკეთობების დამზადების ტექნოლოგიის კვლევა. 82-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2014 წელი.
4. ა. ნადირაძე, ი. შიხაშვილი, დ. გოცაძე. ბეტონისა და რკინაბეტონის შპალების დამზადების ტექნოლოგია დანამატების გამოყენებით. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ N 1 (36) 2015 წელი.

Abstract

In the presented study doctoral work is considered concrete and reinforced concrete items manufacturing technology. The concrete and reinforced concrete represents the main direction of manufacturing industry, in the modern period it is the basic building material in any sector of the construction, for this is sufficient to mention that the applied at Tbilisi Holy Trinity Cathedral construction materials up to 98% makes concrete and reinforced concrete. Thus the production of concrete and reinforced concrete and its application is associated with the great scientific problems, because the concrete and reinforced concrete component materials (cement, fillers, additives) should be selected in such a way that their manufactured due their application products meet the perfect process of long-term operation requirements of their application in buildings.

The novelty and actuality of topic is that by our participation are received high grade new fast-setting cement, are studied fillers and additives, the application of that stipulates the high technical properties of concrete and reinforced concrete, in addition with our participation was carried out manufacturing of concrete and reinforced concrete items in "Tskalmsheni-Lilo" LTD and firm "MIKSORI" by providing a rational technological processes that represents the scientific innovation of the topic under study and its relevance.

According was studied the cement hydration process at an early stage, at 28 days of age and after it. At the initial stage (28 days) in the reaction is involved up 40-50% to mass in cement. The remained part of the cement at normal conditions of operation of item is hydrated during 15 - 20 years that causes an increase in product strength up to 1.5 - 2 times.

The carried building work has been achieved by using of special fast-setting cement and additive in vaporization process the reduction of maximum temperature from 90°C up to 60°C. In addition will be reduced duration of the vibromechanical treatment up to 70% (due a high-yield of mixture) that finally leads to increased waterproofness and freeze resistance, is improved faced surface of item, which ultimately gives a significant economic effect.

From Georgian scientists the great contribution in concrete and reinforced concrete technology has the Giorgi Tsiskreli, Petre Tsulukidze, Giorgi Kartsivadze, Shio Nafetvaridze, Anzor Nadiradze and others.

In the first chapter of thesis are considered the research of applied in concrete and reinforced concrete technology binding material, adding and fillers, are calculated compositions of different strength concretes.

In the second and third chapter accordingly in the "Tskqalmseni-Lilo" LTD and firm "Miksori" concrete product plan are made reinforced concrete products, in particular: prestressed slabs and gutters for irrigation distribution channels, and reinforced concrete sleepers there are implemented with high technical properties in different enterprises, in particular, in local and transnational projects and rehabilitation of Tbilisi trunk Railway.

Based on studies, due our participation was obtained fast-setting cement that has been applied in the "Tskalmsheni-Lilo" LTD and reinforced concrete sleeper plants; in addition by us was studied hydration process of this cement that at 28 days age makes up to 40-50% of the total amount of cement. By our opinion the remaining part will be hydrated during 2 – 3 decades, if products will be in normal conditions that causes increase in strength of concrete and reinforced concrete products up to 1.5 - 2 times.

For manufacturing of concrete and reinforced concrete products were used aggregates from Ksovrisi: sand and gravel.

Based on the study was determined their granulometric composition and physico-mechanical properties: density, volumetric mass, humidity, voids and contaminants content. Accordingly was determined that these materials due their physical and technical properties, meet the standard GOST - 8735-88 "sand for construction works" requirements.

After the study of concrete constituent materials have been designed B - 15, B - 25 and B - 40 grade concrete compositions, have determined their design strengths at the age of 28 days. The results of the satisfies the preliminary required of technical characteristics of the item.

As for in the firm "MIKSORI" and "Tskalmsheni-Lilo" LTD items manufacturing technology, the application of rapid-setting cement stipulates reduction of their thermal-moisture treatment maximal temperature up to $90^{\circ}\text{C} \div 60^{\circ}\text{C}$. Was reduced the duration of vibration treatment up to 70%, thus was increased water resistance, freeze resistance and quality of item's face surface. In total as result of carried out researches has been achieved a significant economic impact.