

წინასწარდაგებული რკინაბეტონის სანამქერე ფილების დამზადება ადგილობრივი ნედლეულის პაზაზე

დალი გოცაძე

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის,
სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიებისა და საშენი
მასალების მიმართულების ასოცირებული პროფესორი**

თეა ნარეკლიშვილი

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის,
სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიებისა და საშენი
მასალების მიმართულების ასოცირებული პროფესორი**

ნათია ტაბატაძე

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის,
სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიებისა და საშენი
მასალების მიმართულების ასისტენტ პროფესორი**

<https://doi.org/10.52340/gbsab.2025.54.05>

საკვანძო სიტყვები: სანამქერე ფილა; თოვლდამცავი ღობე-ფარი;
წინასწარდაგებული არმირება; უნიკალური კონსტრუქცია; საერთაშორისო
სტანდარტთან შესაბამისობა.

ძირითადი ტექსტი: 1990-იანი წლებიდან საქართველოს, როგორც ევროპა-კავკასია-აზიის სატრანსპორტო დერეფნის ნაწილის ფუნქცია მნიშვნელოვნად გაიზარდა. მსგავსი საერთაშორისო ფუნქცია აძლიერებს დასავლეთისა და აღმოსავლეთის სახელმწიფოების ინტერესს საქართველოს როგორც სატრანსპორტო დერეფნის მდებარე ქვეყნის სტაბილური განვითარების მიმართ, რაც პირველ რიგში გულისხმობს საქართველოში ხარისხიანი სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის შექმნის ხელშეწყობას.

ზამთარში ერთ-ერთი ყველაზე დიდი პრობლემა ნამქერის დროს გადაადგილებაა, რაც ხელს უშლის როგორც საავტომობილო, ასევე სარკინიგზო მოძრაობას. ჩვენი ქვეყნის გეოგრაფიული მდებარეობიდან გამომდინარე, ეს პრობლემა თავს იჩენს საქართველოს სხვადასხვა კუთხეში. ბუნების ეს ხელისშემშლელი ფაქტორი ყველაზე დიდ ზიანს აყენებს სარკინიგზო მოძრაობას, რაც თავისთავად გავლენას ახდენს საქართველოს ეკონომიკაზე, რადგან საქართველო არის ტრანზიტული ქვეყანა და აუცილებელია, რომ საგზაო ინფრასტრუქტურა არ იყოს რისკის შემცველი. სწორედ ამ მიზნით კომპანიის მიერ სპეციალურად იქნა შემუშავებული ინოვაციური დიზაინის ფორმის მქონე კონსტრუქცია, რომელიც ზამთარში თოვლისა და უხვი ნალექების პირობებში უზრუნველყოფს უსაფრთხო გარემოს ადამიანისა და ტრანსპორტის გადაადგილებისთვის.

რეგიონში შპს „მიქსორი“ ნამდვილად საიმედო არჩევანია სამშენებლო სფეროში, რომელიც დაარსების დღიდან აქტიურად არის ჩართული მშენებლობის სექტორში, მუდმივად ცდილობს საქართველოს ბაზრისთვის შეიმუშაოს მოწინავე ტექნოლოგიით დამზადებული თანამედროვე რკინაბეტონის კონსტრუქციები, გააუმჯობესოს რეგიონში არსებული სტანდარტები. კომპანია მომხმარებლებს სთავაზობს ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების მრავალფეროვან არჩევანს, რომელიც მორგებულია

მათ მოთხოვნასა და სურვილზე. კომპანია ლიდერია ამიერკავკასიის რეგიონში რკინაბეტონის კონსტრუქციების წარმოებაში.

შპს „მიქსორს“ სასაქონლო ბეტონის წარმოებასა და მიწოდებაზე მინიჭებული აქვს საერთაშორისო ხარისხის მართვის (ISO) სერთიფიკატი, რომელსაც მუდმივად ანახლებს. შპს „მიქსორის“ მიერ წარმოებული ბეტონის უნიკალური რეცეპტი და მაღალი ხარისხის შედგენილობა პროდუქციის სტანდარტებთან შესაბამისობის და ხანმედეგობის საწინდარია. კომპანიაში არსებულ წინასწარდამზადებული კონსტრუქციების საწარმოო ხაზებს ამიერკავკასიის რეგიონში ანალოგი არ გააჩნია. კომპანია ამუშავებს უმაღლესი სტანდარტის ბეტონის და რკინაბეტონის ქარხანას, რომელიც აღჭურვილია თანამედროვე ლაბორატორიით, უახლესი მძიმე ტექნიკით და კვალიფიციური პერსონალით, რომლებიც ყველანაირი უსაფრთხოების დაცვით მუდმივად ამოწმებენ ბეტონის შესაბამისობას ადგილობრივ და საერთაშორისო სტანდარტებთან. შპს „მიქსორის“ მიერ დამზადებული რკინაბეტონის კონსტრუქციები უკონკურენტოა ქართულ სამშენებლო ბაზარზე. კომპანია მომხმარებელს მუდმივად სთავაზობს ახალ ინოვაციურ პროდუქტს. ქარხნის მიერ წარმოებული პროდუქციით შესრულებულია უამრავი პროექტი, რომელიც ქმნის ქვეყნის სარკინიგზო ქსელის ბირთვს. საქართველოს სამშენებლო ბაზრისთვის ინოვაციური პროდუქტია და საუკეთესო შეთავაზებაა ნამქერსაწინააღმდეგო რკინაბეტონის ფილების დამზადება (იხ. სურათი №1). კომპანიის ხარისხიანი პროდუქცია წამატებით გადის ქვეყნის საზღვრებს გარეთ.



სურათი №1

სანამქერე ფილისგან დამონტაჟებული თოვლდამცავი ღობე-ფარი

კომპანია მიქსორსა და საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს შორის გაფორმებულია ურთიერთთანამშრომლობის მემორანდუმი, რომლის მიზანია სამშენებლო ფაკულტეტის აკადემიური პერსონალის და ბაკალავრის ხარისხის მქონე სტუდენტების პროფესიული განვითარების ხელშეწყობა. სტუდენტები წინასაბაკალავრო პრაქტიკას/სტაჟირებას გადიან შპს „მიქსორის“ რკინაბეტონის ქარხანაში და მონაწილეობას იღებენ ერთობლივი ღონისძიებების განხორციელებაში. სამშენებლო ფაკულტეტის სტუდენტებს აქვთ კომპანიაში დასაქმების შესაძლებლობა, სადაც ყალიბდებიან სამშენებლო ბაზარზე ორიენტირებული უნარების და ცოდნის მქონე სპეციალისტებად.

ექსპერიმენტული ნაწილი: კომპანიის ტექნიკურმა ჯგუფმა შეისწავლა, გააანალიზა და სისრულეში მოიყვანა სანამქერე ფილების, ანაკრები კონსტრუქციის პროექტი და შეიმუშავეს სათანადო ბეტონის უნიკალური რეცეპტი. წინასწარ დამზადებული არმატურის გამოყენებით შემცირებული იქნა ნაკეთობის სიხისტე, სანამქერე ფილის არმირებისათვის გამოიყენება D-5მმ-იანი არმატურა. მიღებული

კონსტრუქცია გამოიცადა მექანიკურ მაჩვენებლებზე და დადგინდა, რომ კონსტრუქცია გამძლეა როგორც დინამიური, ასევე სტატიკური დატვირთვების მიმართ.

შემადგენელი მასალების რაოდენობა

ცემენტი

კბ. წყალი

ლ. ქვიშა

კბ. ღორღი, კბ.

(5/10 მმ) ქიმიური დანამატი, კბ.

12	3	4	5	
560	125	990	885	5

კომპანია მიქსორში გამართულია სანამქერე ფილის საწარმოო ხაზი რომლის სიგრძეა 108 მეტრი, სადაც შესაძლებელია ერთდროულად ჩაისხას 408 სანამქერე ფილა. კონსტრუქციის გაბარიტული ზომებია: სიმაღლე 50 მმ, ტრაპეციული ფუძის კვეთი 160x165 მმ, სიგრძე 310 მმ. სანამქერე ფილის არმირებისთვის გამოიყენება 2 ღერი მაღალი სიმტკიცის (1770-1860 მპა) სპეც არმატურა D-5 მმ. სანამქერე ფილის დასამზადებლად გამოიყენება მაღალი სიმტკიცის B-40 კლასის წვრილმარცვლოვანი ბეტონი. შემკვრელის, შემვსების და დანამატების შესწავლის შემდეგ გაანგარიშებული იქნა სანამქერე ფილის 1 მ3 ბეტონის ნარევის ოპტიმალური შედგენილობა, რომელიც მოცემულია ცხრილი №1-ის სახით.

ცხრილი №1

1მ3 ბეტონის ნარევის ოპტიმალური შედგენილობა

შემადგენელი მასალების რაოდენობა				
ცემენტი კბ.	წყალი ლ.	ქვიშა კბ.	ღორღი, კბ. (5/10 მმ)	ქიმიური დანამატი, კბ.
1	2	3	4	5
560	125	990	885	5

მჭიდა მასალად გამოყენებულია კომპანია შპს „ჰაიდელბერგცემენტის“ მიერ წარმოებული CEM 1, 42,5 R კლასის ცემენტი, რომელმაც გაიარა შემოწმება EN 197-1 სტანდარტის მიხედვით [17]. ცემენტმა დააკმაყოფილა სტანდარტის ყველა მოთხოვნა [1, 2, 3, 4, 5, 6].

შემვსებები, რომელიც მოწოდებული იქნა ქსოვრის კარიერიდან ბეტონის წარმოებაში გამოყენებამდე შემოწმებული იქნა შპს „მიქსორის“ აკრედიტებულ ლაბორატორიაში, სადაც მოხდა:

- 1) ნედლეულის (ცემენტი, ქვიშა, ღორღი) მახასიათებლების შეფასება;
- 2) ბეტონის ხარისხის დეტალური ანალიზი;
- 3) საბოლოო პროდუქციის სიმტკიცის და ხანმედეგობის ტესტირება.

ლაბორატორიაში ერთობლივად გამოვიკვლიეთ მსხვილი და წვრილი შემვსებების სიმკვრივე, მოცულობითი მასა, ცარიელობა, ტენიანობა, წყალშთანთქმა. ჩავატარეთ ქვიშის და ღორღის მარცვლოვანი შედგენილობის ანალიზი, განვსაზღვრეთ შემვსებებში მტვირისებრი, თიხოვანი, ლამოვანი შედგენილობა

(განლექვის მეთოდით) %, ქვიშაში და ღორღში ორგანული მინარევების შემცველობა (კალოლიმეტრული მეთოდით). შემვსებების შემოწმება მოხდა საქართველოში მოქმედი სტანდარტებით [1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

ბეტონის წარმოებისათვის გამოყენებულია გერმანული ტექნოლოგიით დამზადებული ახალი თაობის სუპერპლასტიფიკატორი Ha-Be PANTARHIT® PC670 (FM), რომლის ყოველი პარტია მოწმდება შესაბამისი პარამეტრების მიხედვით. ქიმიურ დანამატს გააჩნია EN 934-2 [16] ევროპული შესაბამისობის სერტიფიკატი.

წარმოებაში რკინაბეტონის წინასწარდამზადებული სანამქერე ფილის დამზადების ტექნოლოგია მიმდინარეობს შემდეგი თანმიმდევრობით. ფილის საწარმოო ციკლი იწყება ყალიბის მომზადებით. ყალიბები სწორდება საწარმოო ხაზზე, იწმინდება მექანიზირებული წესით. გაწმენდილი ყალიბი იპოხება სპეციალური განსაყალიბებელი ხსნარით (Ha-Be VORMIOL EMM6). თითოეულ ფორმას ბოლოში უყენდება სპეციალური ჩამკეტი, ე.წ. „სავარცხელის“ ქვედა ნაწილი, რაც აფიქსირებს წინასწარდამზად სპეცარმატურის მდებარეობას ყალიბში. შემდეგ ეტაპზე სპეციალური დანადგარის საშუალებით არმატურა ლაგდება ყალიბებში, რომელიც იკეტება „სავარცხელის“ ზედა ნაწილის დაფიქსირებით. „სავარცხლების“ ჩაკეტვის შემდეგ, სპეცარმატურა განსაკუთრებული სიზუსტით იმაბეზა სპეციალური ჰიდრაულიკური დამჭიმით.

ბეტონის ჩასალაგებლად წინასწარ მომზადებულ ყალიბში, რომელშიც არმირება დამზადებულია და სწორ პოზიციებშია განლაგებული, დანადგარით წარმოებს ბეტონის ნარევის ჩაწყობა ტექნოლოგიურ ხაზზე. ბეტონის ნარევის ჩაწყობა მომზადებულ ყალიბებში წარმოებს ბეტონჩამწყობებით. დაბეტონების ეტაპზე მიმდინარეობს ბეტონის სტანდარტული საგამოცდო საკონტროლო ნიმუშების აღება, რომელიც რამდენიმე ეტაპად მოწმდება. დანადგარი ბეტონის ნარევს თანაბრად ანაწილებს ყალიბებში და ავიბრირებს მას, რის შედეგადაც ბეტონი ფორმებში თანაბრად ლაგდება. ყალიბებში მოთავსებულ ბეტონს დამატებით უკეთდება ვიბრირება დანადგარზე დამაგრებული ზედაპირული ვიბრატორით, რაც ნაკეთობის გლუვი ზედაპირის მიღებას უზრუნველყოფს. ყალიბების დაბეტონების შემდეგ ეხსნებათ „სავარცხლები“, რის შემდეგ მთლიანი ტექნოლოგიური ხაზი იფარება ტენტით და იწყება მთელი ტექნოლოგიური ხაზის დამუშავება ორთქლით. თბოტენიანი დამუშავება გრძელდება 6-7 საათი, რომელიც მიმდინარეობს ტემპერატურის თანდათანობით მომატებით 700-დან 800-მდე. ამის შემდეგ ტემპერატურა ნარჩუნდება 4 საათის განმავლობაში. ნაკეთობებთან ერთად თერმულად დამუშავებას გადის ბეტონის კუბიკებიც. საკონტროლო ნიმუშები ლაბორატორიულად მოწმდება და საჭირო სიმტკიცის მიღწევის შემდეგ დამაბულობა საწარმოო ხაზიდან გადადის რკინაბეტონის კონსტრუქციებზე, რის შემდეგაც იჭრება წინასწარდამზადებული სპეცარმატურა და ფორმებით განცალკევდება ერთმანეთისგან.

განცალკევებული ფორმებიდან რკინაბეტონის ფორმები ამწე მექანიზმებისგან განყალიბდება და ხორციელდება ქარხნის ტექნიკური კონტროლის განყოფილების მიერ მზა პროდუქციის ხარისხის კონტროლი. მოწმდება ფორმა და ზომა, ზედაპირის ხარისხი, დამცველის შრის სისქე, ასევე ბეტონის სიმტკიცე, რომლის კონტროლი ხორციელდება საკონტროლო კუბური ფორმის ნიმუშების გამოცდით [1, 2, 13, 14, 15].

კონსტრუქციები, რომლების აკმაყოფილებენ სტანდარტის მოთხოვნებს, სამ რიგიან ჰორიზონტალურ შტაბელებად იკვრება და საწყობდება.

რკინაბეტონის წინასწარდამზადებული სანამქერე ფილის ტექნიკური მახასიათებლებია:

1. ბეტონის კლასი - B 40;

2. ბეტონის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე 28 დ/დ ასაკში - 600 კგ/სმ²;
3. სანამქერე ფილის სიგრძე - 310 მმ;
4. ტრაპეციული ფუძის კვეთი - 160 X 165 მმ;
5. სიმაღლე - 50მმ;
6. სპეც არმატურა დიამეტრით - 5 მმ;
7. წყალშეუღწევადობა - W – 6;
8. ყინვამედეგობა - F – 200.

დასკვნა: აღნიშნული პროექტი განხორციელდა ბაქო-თბილისი-ყარსის ახალი სარკინიგზო ხაზის ქართულ მონაკვეთზე, რომელიც გადის ალპურ ზონაზე - ზღვის დონიდან 2183 მეტრზე და ასევე წალკა-ახალქალაქის მინუციპალიტეტის ტერიტორიაზე. კომპანიის მიერ დამზადებული უნიკალური რკინაბეტონის კონსტრუქცია უზრუნველყოფს აღნიშნულ სარკინიგზო ხაზზე მატარებლების შეუფერხებელ და უსაფრთხო მოძრაობას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ა. ნადირაძე „საშენი მასალები და ნაკეთობები“. ქ. თბილისი 2014 წელი;
2. ა. ნადირაძე „ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკეთობათა ტექნოლოგია“. ქ. თბილისი 1994 წელი;
3. EN 196-6:2018 Methods of testing cement - Part 6: Determination of fineness;
4. EN 196-3:2016 Methods of testing cement - Determination of setting times and soundness;
5. EN 196-1:2016 Methods of testing cement - Part 1: Determination of strength;
6. Gost 310.2-76 Cements. Methods of grinding fineness determination;
7. EN 933-1:2012 Tests for geometrical properties of aggregates - Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method;
8. EN 1097-6:2013/2015 Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 6: Determination of particle density and water absorption;
9. EN 1097-3:1998/2013 Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 3: Determination of loose bulk density and voids;
10. EN 1097-5:2008/2013 Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 5: Determination of the water content by drying in a ventilated oven;
11. Gost 8735-88 Sand for construction work. Testing methods;
12. Gost 8269.0-97 Mountainous rock road-metal and gravel, industrial waste products for construction works. Methods of physical and mechanical tests;
13. EN 12390-1:2012/2018 Testing hardened concrete - Part 1: Shape, dimensions and other requirements for specimens and moulds;
14. EN 12390-7:2019 Testing hardened concrete - Part 7: Density of hardened concrete;
15. EN 12390-3:2019 Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens;
16. EN 934-2:2009+A1:2012 Admixtures for concrete, mortar and grout — Part 2: Concrete admixtures — Definitions, requirements, conformity, marking and labelling;
17. EN 197-1:2011 Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements.

რეზიუმე:

შპს „მიქსორის“ ქარხანაში დამზადდა თანამედროვე ტექნოლოგიის გამოყენებით წინასწარდაძაბული რკინაბეტონის სანამქერე ფილები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის, სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის ტექნოლოგიებისა და საშენი მასალების მიმართულების აკადემიური პერსონალის და მასპინძელი კომპანიის მაღალკვალიფიციური პერსონალის ჩართულობით აკრედიტებულ ლაბორატორიაში მოხდა შექმნილი უნიკალური კონსტრუქციის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლა. მჭიდროდ მასალად გამოყენებული იქნა კომპანია შპს „ჰაიდელბერგცემენტის“ მიერ წარმოებული CEM I 42,5 R კლასის ცემენტი, რომელმაც გაიარა შემოწმება შესაბამისი სტანდარტების მიხედვით. ცემენტმა დააკმაყოფილა სტანდარტის ყველა მოთხოვნა. შემკვრეები, რომელიც გამოყენებული იქნა ბეტონის დასამზადებლად, მოწოდებული იქნა ქსოვრისის კარიერიდან. ქვიშამ და ღორღმა (5-10 მმ) ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების განსაზღვრის საფუძველზე დააკმაყოფილა სტანდარტის ყველა მოთხოვნა. მიღებული შედეგებით შემუშავდა ბეტონის ნარევი და კონსტრუქციის ტესტირების შედეგად დადასტურდა ახალი თბური ტექნოლოგიითა და წინასწარდაძაბული არმირებით დამზადებული რკინაბეტონის სანამქერე ფილების ხანმედეგობა და მაღალი სიმტკიცე როგორ დინამიურ, ასევე სტატიკურ დატვირთვებზე.

PRODUCTION OF PRE-STRESSED REINFORCED CONCRETE HOLLOW-CORE SLABS USING LOCAL RAW MATERIALS

Gotsadze Dali

Associate Professor of Civil and Industrial Construction Technologies and Building Materials department of the Construction Faculty at the Georgian Technical University

Nareklishvili Tea

Associate Professor of Civil and Industrial Construction Technologies and Building Materials department of the Construction Faculty at the Georgian Technical University

Tabatadze Natia

Assistant Professor of Civil and Industrial Construction Technologies and Building Materials department of the Construction Faculty at the Georgian Technical University

RESUME

Pre-stressed reinforced concrete hollow-core slabs were manufactured at the factory of LLC “Mixori” using modern technology. Involvement of the academic staff from the Civil and Industrial Construction Technologies and Building Materials department of the Construction Faculty at the Georgian Technical University, along with the highly qualified personnel of the host company, facilitated the study of the physical and mechanical properties of the unique construction in an accredited laboratory. The binding material used was CEM I 42.5 R class cement, produced by LLC «HeidelbergCement,» which was tested in accordance with relevant standards. The cement met all standard requirements. The aggregates used for concrete production were supplied from the Ksovrissi quarry. The sand and gravel (5–10 mm) met all standard requirements based on the determination of their physical and mechanical properties. Based on the obtained results, a concrete mix was developed, and testing of the structure confirmed the durability and high strength of the pre-stressed reinforced concrete hollow-core slabs, produced using the new thermal technology, under both dynamic and static loads.

Keywords: hollow-core slab; snow protection fence-barrier; pre-stressed reinforcement; unique construction; compliance with international standards.