

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სკც „ნანოდუღაბი“

საგრანტო პროექტი N33

„საგზაო მშენებლობებისათვის, ბაზალტური, მოდიფიცირებული
შემადგენლობისა და სტრუქტურის, არმატურით არმირებული,
მონოლითური ცემენტბეტონის ტექნოლოგია“

ხელმძღვანელი

ტ.მ.დ. რ.სხვიტარიძე

შემსრულებლები:

ინჟ. შ. ვერულავა

აკად. დოქტ. ი.გიორგაძე

ტ.მ.დ. რ.ლევიშვილი

ინჟ. მ.კეკელიძე

თბილისი 2013-2014წწ.

სარჩევი:

1. პროექტის ანოტაცია
2. პროექტის აღწერა (შინაარსი)
 - დანართი 1. გრანტის სამუშაო გეგმა
 - დანართი 2. ამოცანების დასახელება
 - დანართი 3. გეგმა
 - I ეტაპის ანგარიში
 - II ეტაპის ანგარიში
 - III ეტაპის ანგარიში
 - IV ეტაპის ანგარიში

საბოლოო დასკვნები

დანართი 4. მე-3 საერთაშორისო კონფერენციაზე „ნანო-2014“

წარდგენილი მოხსენება

ა ნ ო ტ ა ც ი ა

პროექტის, „საგზაო მშენებლობებისათვის, ბაზალტური, - მოდიფირებული შემადგენლობისა და სტრუქტურის, -არმატურით არმირებული, -მონოლითური ცემენტბეტონის ტექნოლოგია“, კვლევის თემა ეხება ბოლო წლებში საქართველოში საერთაშორისო და ადგილობრივი პროექტებით საგზაო მშენებლობების მონოლითური ცემენტბეტონით წარმართვის პრობლემებს.

საავტომობილო გზების მონოლითურ ცემენტბეტონურ საფარს მოეთხოვება: პოტენციურად დეფორმაციების გამომწვევი დინამიური დატვირთვებისადმი მაღალი სიმტკიცე და მედეგობა; ზედაპირის ერთგვაროვნება და სისწორე; აგრესიული ნაერთების შემცველი გაზებითა და სითხეებით გამოწვეული კოროზიების მიმართ მედეგობა, ყინვა და ცვეთამედეგობა, ხანმედეგობა. საქართველოში მიმდინარე მშენებლობებზე კი თავი იჩინა პრობლემებმა:

-ახლადდაგებული, ჯერ კიდევ ნედლი-გაუმყარებელი/გაუქვავებელი ცემენტბეტონის საფარი ხშირად იბზარება, დეფორმირდება და მრუდდება;

-გამყარება/გაქვავების და ექსპლუატაციაში შესვლის შემდეგ, ზედაპირის სიმრუდე ძლიერდება, გზა იკლავება და ცვდება, ცემენტბეტონს ეწყება კოროზია-დესტრუქცია.

პროექტში განხილულია აღნიშნული პრობლემების გამომწვევი სავარაუდო მიზეზები და უცხოური გამოცდილებისა და ადგილობრივი მასალების, რესურსების და შესაძლებლობათა შეჯერების გზით, შემოთავაზებულია მათი პრევენციის ინოვაციური ტექნოლოგიები, რომლებმაც ხელი უნდა შეუწყონ მიზანს: -საქართველოში მაღალი ხარისხის, უსაფრთხო, ხანმედეგი საგზაო მშენებლობების განხორციელებისათვის, შეიქმნას ნაკლებანიზოტროპული სიმტკიცის, ნაკლებკონგლომერატული და ნაკლებფორიანი სტრუქტურის, აგრესია და ხანმედეგი საგზაო მონოლითური ცემენტბეტონის ტექნოლოგია.



კვლევითი ცენტრი „ნანოდულაბი“

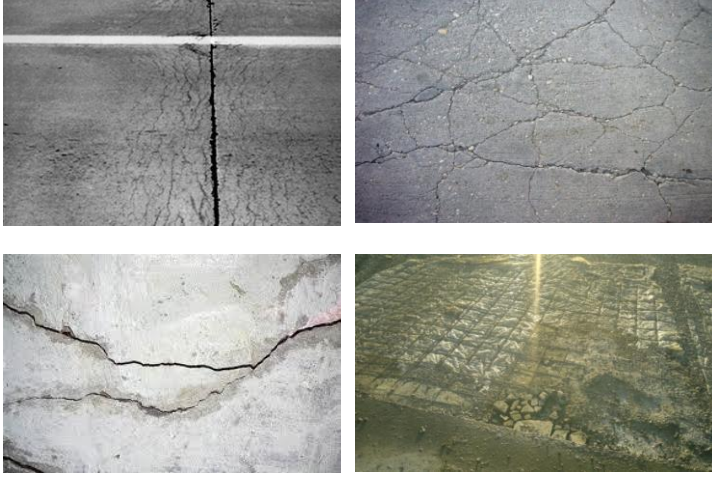
საგზაო მშენებლობებისათვის, ბაზალტური,
მოდულიზირებული შემადგენლობისა და
სტრუქტურის, არმატურით არმირებული,
მონოლითური ცემენტბეტონის ტექნოლოგია

ხელმძღვანელი :
მენეჯერი:

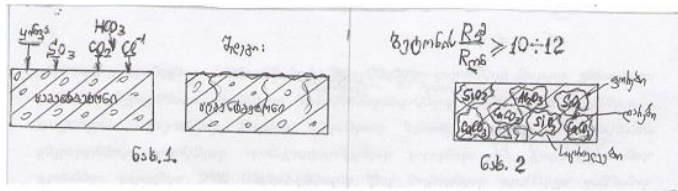
ტ.მ.დ. რაჟდენ (ვაჟა) სხვიტარიძე
შალვა ვერულავა

თბილისი 2013

- ჩვენთან მიმდინარე მშენებლობებზე კი თავი იჩინა **პრობლემებმა**:
- ახალდაგებული, ჯერ კიდევ ნედლი და გაუმყარებელი/გაუქვავებელი ცემენტბეტონური საფარი ხშირად იზზარება, დეფორმირდება და მრუდდება;
- გამყარება/გაქვავების და ექსპლუატაციაში შესვლის შემდეგ, ზედაპირის სიმრუდე ძლიერდება, გზა იკლავება/ცვდება, ცემენტბეტონს ეწყება კოროზია/დესტრუქცია

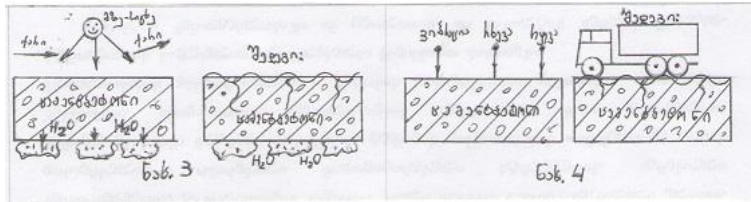


- ცემენტბეტონი, პოლიმინერალური კომპონენტების კონგლომერატულად შეცემენტებული სტრუქტურის, კაპილარულფოროვანი აღნაგობის, **ანიზოტროპიული სიმტკიცის ხელოვნური ქვაა**. მისი სიმტკიცე კუმშვაზე 10 – 12 ჯერ აღემატება სიმტკიცეს ღუნვაზე. პოლიმინერალური კომპონენტები ერთმანეთთან მნელადმეთავსე-ბადი და ნაკლებადადგეზიულები არიან, რაც ანიზოტროპიულობის მთავარი გამომწვევი მიზეზია. ანიზოტროპიულობას ხელს უწყობს აგრეთვე, სტრუქტურაში ფორების, მაკრო და მიკრო სივარეილებებისა და დეფექტების არსებობა. ნახ.2.

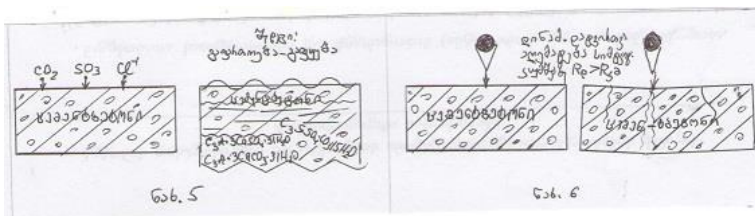


- ცემენტბეტონის საგზაო საფარის ზედაპირზე, **ნაზზარების, დეფორმაცია/გამრუდების, დაკლავება/ცვეთის, კოროზია/დესტრუქციების პრობლემა**, ჩვენი აზრით განპირობებულია ცემენტბეტონის კაპილარულ ფოროვა-ნი აღნაგობითა და კონგლომერატული სტრუქტურით და რომელიც ძლიერდება, მშენებლობის პროცესის თანამდევი, ცვალებადი კლიმატური და სხვა გარეგანი ზემოქმედებებით.

- **ახლადგაებული ცემენტბეტონის ნედლი**, ჯერ კიდევ გაუმყარებელი/გაუქვავებელი, ნარევის დროებით ბლანტი მასა, ადვილად ექვემდებარება გარე ზემოქმედებას:
- - მზის, ჰაერის, ქარის, ან მაღალი წყალშთანთქმის უნარიანი შემავსებლის ზემოქმედებით შესაძლებელია მოხდეს ცემენტბეტონის უკონტროლო გაუწყობება და დაზარვა; ნახ.3.
- ცემენტბეტონის გაშლილ და მოსწორებულ მასაზე, ახლოს მომუშავე მანქანა/დანადგარ-თა მოძრაობით გამოწვეული რხევა-რყევების ზეგავლენით ასევე შესაძლებელია მოხდეს დაზარვა და დეფორმაციების წარმოქმნა. ნახ.4.



- გამყარებულ/გაქვავებულ ცემენტბეტონის ქვის** თვისებებზე ზეგავლენას ახდენს მის ცემენტურ მატრიცაში მიმდინარე კრისტალოჰიდრატების წარმოქმნის და სტრუქტურის ჩამოყალიბების შინაგანი ფიზიკო-ქიმიური პროცესები და მიყენებული საექსპლუატა-ციო-მექანიკური და აგრესიული - კოროზიის გამომწვევი დატვირთვები:
- ა) როცა გამყარებულ/გაქვავებულ საგზაო ცემენტბეტონის ცემენტურ მატრიცას გარედან მიეწოდება პოტენციურად აგრესიული, კოროზიის გამომწვევი ნაერთები CO_2 და SO_2 , ცემენტში არსებულ მინერალებთან ურთიერთქმედებით მოხდება ექსპანსიური თვისებების კრისტალოჰიდრატების, კალციუმის ჰიდროკარბოალუმინატის $C_3A \cdot 3CaCO_3 \cdot 31H_2O$, კალციუმის ჰიდროსულფოალუმინატის - ეტრინგიტის $C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$ და კალციუმ-ის ჰიდროსულფოკარბოსილიკატის ტაუმასიტის $C_2S \cdot SO_2 \cdot CO_2 \cdot 15H_2O$ ნაგვიანები ფორმირ-ება და კრისტალოჰიდრატთა მოცულობაში ზრდის შედეგად, წარმოიქმნება ბეტონში და სტრუქტურული დაძაბულობები - რაც გამოიწვევს ზედაპირის დეფორმაცია/დაზარვას; ნახ.5.
 - ბ) როცა ცემენტბეტონის ზედაპირზე მიყენებული დინამიური დატვირთვების სიდიდე აღემატება მის მექანიკურ სიმტკიცეს კუმშვაზე, ასევე მოხდება გამყარებული საგზაო ცემენტბეტონის დეფორმაცია/დაზარვა; ნახ.6.



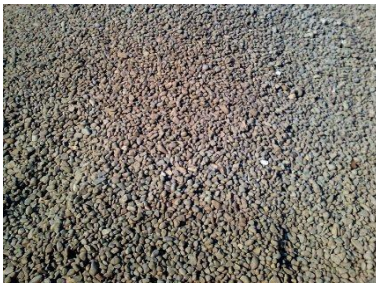
საგზაო ცემენტბეტონის დაზარვის, დეფორმაცია/გამრუდების, დაკლავა/ცვეთის, კოროზია/დესტრუქციის პრევენციის მიზნით ცნობილი შემდეგი ხერხები:

- 1. ცემენტბეტონს ამზადებენ ნორმირებული შემადგენლობისა და თვისებების ცემენტების გამოყენებით, როცა C₃A ნაკლებია 8%;
- 2. ცემენტბეტონის შემადგენლობაში შეყავთ მოცულობის მიკრომარმირებული პოლიპროპილენის ფიბრა;
- 3. საგზაო ცემენტბეტონის არმირებას ახდენენ მინაპლასტიკის ლეროსებრი არმატურით, ან გეობადის გამოყენებით;
- 4. საგზაო ცემენტბეტონს ამზადებენ გრანიტის მსხვილი შემავსებლის გამოყენებით.
- საგზაო ცემენტბეტონის პრობლემების პრევენციის ჩამოთვლილი ცნობილი მეთოდები ნაკლებად ეფექტურები იქნებიან საქართველოს პირობებისათვის, რადგან: ჩვენს გზებზე დიდი აგრესიული ზუნებრივად მინერალიზირებული წყლების ზეგავლენა; პოლიპროპილენის ფიბრას პრაქტიკულად არაა აქვს ადგეზია ცემენტბეტონის შემადგენლებთან, იგი ვერ აუმჯობესებს ცემენტბეტონის კოროზიამდეგობას; მინაპლასტიკური ლეროსებური არმატურა არამდგრადია მყარებადი ცემენტბეტონის მაღალტუტთან (pH=12-14) გარემოში და თვითონ განიცდის კოროზიას; გრანიტის შემავსებელი საქართველოში პრაქტიკულად არ მოიპოვება.

5. ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება

- საქართველოს სამშენებლო ბაზარზე, უპირველესი რიგის პროექტებია „აღმოსავლეთ-დასავლეთის“ ჩქაროსნული საავტომობილო მაგისტრალის და რეგიონალური მნიშვნელობის საავტომობილო გზების;
- საგზაო მსენებლობების განხორციელებისას, თავი იჩინა პრობლემებმა, რომლებიც ამცირებენ აშენებული გზების საექსპლუატაციო ხარისხს და ხელს უშლიან პროექტების წარმატებით განხორციელებას;
- წინამდებარე პროექტით, საგზაო მშენებლობებისათვის გათვალისწინებული, ბაზალტური, მოდიფიცირებული შემადგენლობისა და სტრუქტურის, არმატურით არმირებული, მონოლითური ცემენტბეტონის ტექნოლოგიის მომხმარებელი შესაძლებელია და აუცილებელია იყოს, გზის მშენებლობის მწარმოებელი ნებისმიერი, საქართველოს სამშენებლო ბაზარზე მოქმედი სამშენებლო ფირმა;
- პროექტის შესაბამისი ტექნოლოგიური ბაზა საქართველოში გაგვაჩნია.

- 3. საგზაო ცემენტბეტონის არმირება განხორციელდება საქართველოში დამზადებული, ბაზალტის ღეროსებური არმატურით და ბაზალტისავე გეობადით;
- 4. საგზაო მონოლითური ცემენტბეტონის დასამზადებლად, ცვეთამედგობაზე, აგრესიამედგობაზე, მინერალოგიური შეუთავსებლობის პრევენციის მიზნით, გამოყენებული იქნება ბაზალტის ქანისგან დამზადებული ქვიშა და ლორღი;



- მიღებული ცემენტბეტონი, წარმოადგენს ბაზალტური კომპონენტებით (ცემენტის დანამატი, ქვიშა, ლორღი, ფიბრა) მოდიფიცირებული შემაღგენლობისა და მოცულობაში მიკროარმირებული სტრუქტურის, ასევე ბაზალტური ღეროსებური არმატურით არმირებულ მონოლითურ ცემენტბეტონს.

დანართი 1. დანართში მდთითებული ოთხი კვარტალი აითვლება 2013 წლის ოქტომბრიდან 2014 წლის სექტემბრის ჩათვლით (ე.ი. ერთი ფისკალური წელი)

#	ამოცანის დასახელება	კვარტალი	ქმედებათა ჩამონათვალი	
1	მოსამზადებელი სამუშაოები; პროექტის შესასრულებლად საჭირო მასალების შერჩევა და მომარაგება; კვლევების დაგეგმვა; ლაბორატორიული დანადგარების მონიტორინგი; კვლევების დაწყება; ბაზალტური ბეტონის შექმნის იდეის დაპატენტებაზე წარდგენა	IV 2013	რუსთავში, კასპში, მარნეულში საწარმოთა მონიტორინგი, მოლაპარაკება, ლაბორატორიის მომზადება სტუ-ში, საპატენტო განაცხადის წარდგენა	
2	ბაზალტური ბეტონის შემადგენლობის დაპროექტება, შერჩევა და თვისებათა ლაბორატორიული ტესტირებების ჩატარება 2.1. შერჩეული ბეტონის ტესტირება კუმშვაზე სიმტკიცეზე 2.2. შერჩეული ბეტონის ტესტირება ღუნვაზე სიმტკიცეზე 2.3. შერჩეული ბეტონის ტესტირება ცვეთამედეგობაზე 2.4. შერჩეული ბეტონის ტესტირება ზღვის წყლის კოროზიაზე 2.5. შერჩეული ბეტონის ტესტირება სულფატურ კოროზიაზე 2.6. შერჩეული ბეტონის ტესტირება ქლორიდულ კოროზიაზე 2.7. შერჩეული ბეტონის ტესტირება კარბონატულ კოროზიაზე	IV 2013 I 2014 II 2014	ლაბორატორიული კვლევები და ტესტირებები	
3	ბაზალტური ბეტონის საწარმოო ტექნოლოგიის პარამეტრების დადგენა	I 2014	ბაზალტური ბეტონის საცდელი ულუფის მომზადება შერჩეულ წარმოებაში	
4	ინოვაციური წინადადებების წარდგენა რეგიონალური განვითარების და ინფრასტრუქტურის სამინისტროს საავტომობილო გზების დეპარტამენტის ტექნიკურ საბჭოზე განსახილველად	IV 2013	ტექნიკურ საბჭოზე მოხსენებით წარდგომა	
5	გზის მშენებარე უბანზე საპილოტე აქციის ჩატარება. დაკვირვების განხორციელება ერთი თვის განმავლობაში, სანამ ბეტონი არ მიაღწევს საპროექტო პარამეტრებს	I 2014 II 2014	საგზაო დეპარტამენტის მიერ შერჩეულ უბანზე ბაზალტური ბეტონის მიწოდება	

		III 2014		
6	სტუ-ში კონფერენცია „ნანო-2014“ მოხსენებების წარდგენა	I 2014	ქართულად და ინგლისურად მოხსენებების მომზადება	
7	ჩატარებული კვლევების და სამუშაოების შედეგების ანალიზი, დასკვნების და რეკომენდაციების ჩამოყალიბება, ანგარიშის წარდგენა, კომერციალიზაციის სამუშაოთა დაწყება	III 2014	კვლევათა შედეგების დამუშავება; ანგარიშის შედგენა	

დანართი 2

#	ამოცანის დასახელება	მოსალოდნელი შედეგები	მოსალოდნელი შედეგის ამსახველი მასალა (ავტორის შეხედულებები სამებრ)	ამოცანის შესრულებაზე პასუხისმგებელი პირები
1	მოსამზადებელისამუშაოები; პროექტისშესასრულებლადსაჭირომასალებისშერჩევადამომარაგება; კვლევებისდაგეგმვა; ლაბორატორიულიდანადგარებისმონიტორინგი; კვლევებისდაწყება; ბაზალტურიბეტონისშექმნისიდეისდაპატენტებაზეწარდგენა	კვლევების მომზადება, დაწყება	სინჯები 20-100კგ; განაცხადი საქპატენტში	სხვიტარიძე, ვერულავა, გიორგაძე
2	ბაზალტურიბეტონისშემადგენლობისდაპროექტება, შერჩევადათვისებათალაბორატორიულიტესტირებებისჩატარება 2.1. შერჩეულიბეტონისტესტირებაკუმშვაზესიმტკიცეზე 2.2. შერჩეულიბეტონისტესტირებაღუნვაზესიმტკიცეზე 2.3. შერჩეულიბეტონისტესტირებაცვეთამდეგობაზე 2.4. შერჩეულიბეტონისტესტირებაზღვისწყლისკოროზიაზე 2.5. შერჩეულიბეტონისტესტირებასულფატურკოროზიაზე 2.6. შერჩეულიბეტონისტესტირებაქლორიდულკოროზიაზე 2.7. შერჩეულიბეტონისტესტირებაკარბონატულკოროზიაზე	კვლევების მიმდინარეობა	სინჯები - კუბები	სხვიტარიძე, ვერულავა, გიორგაძე
3	ბაზალტურიბეტონისსაწარმოოტექნოლოგიისპარამეტრებისდადგენა	ნახევრადსაწარმოო პილოტაჟია	მომზადებული ბეტონის გარკვეული მასა	სხვიტარიძე, ვერულავა, გიორგაძე
4	ინოვაციურიწინადადებებისწარდგენარეგიონალურიგანვითარებისდაინფრასტრუქტურისსამინისტროსსავტომობილოგზებისდეპარტამენტისტექნიკურსაბჭოზეგანსახილველად	ინოვაციის განხილვა	წარდგენილი წინადადების	სხვიტარიძე, ვერულავა,

			დოკუმენტაცია	გიორგაძე
5	გზისმშენებარეუბანზე საპილოტე აქციის ჩატარება. დაკვირვების განხორციელება ერთი თვის განმავლობაში, სანამ ბეტონი არ მიაღწევს საპროექტო პარამეტრებს	საპილოტე აქცია	გზისაშენებულის მონაკვეთი	სხვიტარიძე, ვერულავა, გიორგაძე
6	სტუ-ში კონფერენცია „ნანო-2014“ მოხსენებების წარდგენა	მოხსენება კონფერენციაზე „ნანო 2014“	მოხსენების ტექსტი	სხვიტარიძე, ვერულავა, გიორგაძე
7	ჩატარებული კვლევების და სამუშაოების შედეგების ანალიზი, დასკვნების დარეკომენდაციების ჩამოყალიბება, ანგარიშის წარდგენა, კომერციული ზაციის სამუშაოთა დაწყება	პროექტის ანგარიში, კომერციული ზაცია	ანგარიში, დოკუმენტაცია	სხვიტარიძე, ვერულავა, გიორგაძე

გრანტის ხარტადრიცხვა

	2013 წ.	2014 წ.			სულ გრანტის ბიუჯეტი
	I-კვარტალი	II-კვარტალი	III-კვარტალი	IV-კვარტალი	
ხარჯვის კატეგორიები					
შრომის ანაზღაურება	5000	2910	2910	2910	13750
მივლინება					
საქონელი და მომსახურება	1250				1250
კაპიტალური ხარჯი					
ზედნადები ხარჯი					
სულ	6250	2920	2920	2910	15000

გეგმა:

1. ცემენტის, ბაზალტისშემავსებლების (ქვიშა, ღორღი), ბაზალტისფიბრის, პლასტიფიკატორისშერჩევა და მომზადებაპროექტისსამუშაოთაღაბორატორიულიკვლევებისსასატარებლად;
 - 1.1 ცემენტის შექმნა და ლაბორატორიაში შემოტანა;
 - 1.2 ბაზალტისდამამუშავებელიფირმებისკარიერთამონიტორინგი და ფინანსურიმოლაპარაკებებისწარმართვა;
 - 1.3 ფიბრისშერჩევაზომებისმიხედვით;
 - 1.4 პლასტიფიკატორისშერჩევა;
2. ლაბორატორიულიკვლევები
 - 2.1 ცემენტისშემადგენლობისშერჩევა და მომზადებაკვლევებისათვის (ტესტირებაEN196 სტანდარტისმიხედვით);
 - 2.2 ბაზალტისშემცველიბეტონისშემადგენლობისდაანგარიშება-დაპროექტება;
 - 2.3 ბაზალტურიბეტონისბაზარხესავარაუდოლირებულებისდაგეგმვა;
 - 2.4 ბაზალტურიბეტონისსაცდელინიმუშებისდამზადება და ტესტირება;
 - 2.4.1 ტესტირებაკუმშვაზესიმტკიცეზე;
 - 2.4.2 ტესტირებაღუნვაზესიმტკიცეზე;
 - 2.4.3 ტესტირებაზღვისწყალშიგამძლეობაზე (კოროზია);
 - 2.4.4 ტესტირებასულფატურკოროზიაზე (Na_2SO_4 5%);
 - 2.4.5 ტესტირებაქლორიდულკოროზიაზე ($NaCl$);
 - 2.4.6 ტესტირებაკარბონატულკოროზიაზე ($CaCO_3$);
 - 2.4.7 ტესტირებაწყალგამტარობაზე;
 - 2.4.8 ტესტირებაცვეთამედევობაზე;

საჭირორეაქტივები და ჭურჭელი:

1. 5 ცალიპლასტმასისბაზანა ≥ 50 ლ-ზე;
2. რეაქტივი $NaCl$ 3,5კგ
3. რეაქტივი $MgSO_4$ 0,3კგბეტონიC-40
4. რეაქტივი $MgCl_2$ 0,4კგცემენტიCEM II A-P 32,5 (42,5)
5. რეაქტივი $CaSO_4$ 0,14კგ
6. რეაქტივი Na_2SO_4 0,2კგ
7. რეაქტივი $CaCO_3$ 0,2კგ

მზადდება: 1) 16 ცალი 10X10X10სმ კუბებიუბაზალტოანუჩვეულებრივიშემავსებლებით (დამზადებიდან მე-2 დღესიდებასითხეებში);

2) 16 ცალი 10X10X10სმ კუბებიბაზალტურიბეტონით, ბაზალტურიმარილებით (დამზადებიდან მე-2 დღესიდებასითხეებში); 3-3 ცალიიდება ა) ზღვისწყალში; ბ) 5% Na_2SO_4 ; გ) 5% $NaCl$; დ) 5% $CaCO_3$; ე) სუფთაწყალში; ანუთითობაზანაში 6-6-კუბი; 7-დღეში ერთხელშრება $100^{\circ}C$ და ისევბრუნდებაწყალში. სულშრება 3-ჯერ 7,14,21 დღე – ტყდება 28 დღეზე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სკც „ნანოდუღაზი“

ს ა გ რ ა ნ ტ ო პ რ ო ე კ ტ ი N33

„საგზაო მშენებლობისათვის, ბაზალტური, მოდიფიცირებული შემადგენლობისა და სტრუქტურის, არმატურით არმირებული, მონოლითური ცემენტ - ბეტონის ტექნოლოგია“

I ეტაპის (სამი თვის)

ა ნ გ ა რ ი შ ი

პროექტის ხელმძღვანელი:

რაულენ სხვიტარიძე

შემსრულებლები:

შალვა ვერულავა

ირაკლი გიორგაძე

როლანდ ლეკიშვილი

თბილისი, სტუ, 2014წ

შესავალი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 2013 წლის N 33 საგრანტო პროექტი „საგზაო მშენებლობებისათვის, ბაზალტური, მოდიფიცირებული შემადგენლობისა და სტრუქტურის, არმატურით არმირებული, მონოლითური ცემენტ-ბეტონის ტექნოლოგია“ სრულდება სტუ-ს სტც „ნანოდუღაბში“, რ.სხვიტარიძის(ხელმძღვანელი), შ.ვერულავას, ი.გიორგაძის და რ.ლევინიძის მიერ.

პროექტის სამუშაოები სრულდება წინასწარ შედგენილი გეგმის მიხედვით.

სტუ-ს 2013 წ. N 33 საგრანტო პროექტის „საგზაო მშენებლობებისათვის, ბაზალტური, მოდიფიცირებული შემადგენლობისა და სტრუქტურის, არმატურით არმირებული, მონოლითური ცემენტ-ბეტონის ტექნოლოგია“ - შესასრულებლად გათვალისწინებულ სამუშაოთა

გ ე გ მ ა :

1. ცემენტის, ბაზალტის შემავსებლების (ქვიშა, ღორღი), ბაზალტის ფიბრის, პლასტიფიკატორის შერჩევა და მომზადება პროექტის სამუშაოთა ლაბორატორიული კვლევების ჩასატარებლად;

1.1 ცემენტის შეძენა და ლაბორატორიაში შემოტანა;

1.2 ბაზალტის დამამუშავებელი ფირმების კარიერთა მონიტორინგი და ფინანსური მოლაპარაკებების წარმართვა;

1.3 ფიბრის შერჩევა ზომების მიხედვით;

1.4 პლასტიფიკატორის შერჩევა;

2. ლაბორატორიული კვლევები

2.1 ცემენტის შემადგენლობის შერჩევა და მომზადება კვლევებისათვის (ტესტირება EN196 სტანდარტის მიხედვით);

2.2 ბაზალტის შემცველი ბეტონის შემადგენლობის დაანგარიშება-დაპროექტება;

2.3 ბაზალტური ბეტონის ბაზარზე სავარაუდო ღირებულების დაგეგმვა;

2.4 ბაზალტური ბეტონის საცდელი ნიმუშების დამზადება და ტესტირება;

2.4.1 ტესტირება კუმშვაზე სიმტკიცეზე;

2.4.2 ტესტირება ღუნვაზე სიმტკიცეზე;

2.4.3 ტესტირება ზღვის წყალში გამძლეობაზე (კოროზია);

2.4.4 ტესტირება სულფატურ კოროზიაზე (Na_2SO_4 5%);

2.4.5 ტესტირება ქლორიდულ კოროზიაზე (NaCl 5%);

2.4.6 ტესტირება კარბონატულ კოროზიაზე (CaCO_3 5%);

2.4.7 ტესტირება წყალგამტარობაზე

2.4.8 ტესტირება ცვეთამედეგობაზე;

ტესტირებების ჩასატარებლად საჭიროა შედეგი დასახელებისა და რაოდენობის რეაქტივები და ჭურჭელი:

1. 5 ცალი პლასტმასის აბაზანა > 50ლ-ზე;
2. რეაქტივი NaCl 5,5კგ;
3. რეაქტივი MgSO_4 0,3 კგ;
4. რეაქტივი MgCl_2 0,4კგ;
5. რეაქტივი CaSO_4 0,14კგ;
6. რეაქტივი Na_2SO_4 2 კგ;
7. რეაქტივი CaCO_3 2კგ;

პროექტის საწყის ეტაპზე, პროექტის შემსრულებლებმა მოვალეობით გასვლითი შეხვედრა ქ.მარნეულის ზონაში არსებულ ბაზალტის დამამუშავებელ კარიერებზე, ჩავატარეთ მათი მონიტორინგი, ფინანსური საწყისი მოლაპარაკება და წამოვიღეთ საცდელი სინჯები - ქვიშის ფრაქციის 60 კგ და ღორღის ფრაქციის 100კგ.

ფიბრა კვლევებისათვის შევარჩიეთ 24მ ზომის - ღორღის ზომებიდან გამომდინარე.

ლასტიფიკატორად ვაპირებთ ძლიერგავრცელებული და არამძვირი და არადეფიციტური „კრაიზო“-ს გამოყენებას.

ასევე პროექტის საწყის ეტაპზე საკმაოდ ძნელად, მაგრამ მაინც მოძიებული იქნა საქართველოში ამჟამად დეფიციტური ზემოთჩამოთვლილ ქიმიური რეაქტივები. ისინი შეძენილი იქნა შემსრულებლების მიერ მიღებული ანაზღაურების სახსრებით.

მომზადდა ცემენტბეტონისათვის ე.წ. „აგრესიული“- ანუ კოროზიის გამომწვევი ხსნარები, თითო საცდელ კუბზე 3 ლიტრის რაოდენობით, ანუ 18-18 ლიტრი და ჩასხმული იქნენ 50 ლიტრიან აბაზანებში - სადაც ჩალაგდება საცდელი კუბები.

ტესტირებებისათვის ჩვენს მიერ შერჩეული, პირადი სახსრებით შეძენილი და ლაბორატორიაში შემოტანილი იქნა CEM II A-P 32,5 ტიპის ცემენტი („ჰეიდელბერგცემენტი“-ს), რომელსაც ჩაუტარდა ტესტირება EN 196 მიხედვით;

ტესტირებისათვის ჩვენს მიერ ასევე შერჩეულ იქნა C-40 კლასის ბეტონი, სადაც ცემენტის ხარჯი 440კგ/მ³ ტოლია;

შერჩეული C-40 კლასის ბეტონისგან დამზადდა: 1) 16 ცალი 10X10X10 სმ კუბები არაბაზალტური ანუ ჩვეულებრივი (იმირის) შემავსებლებით (დამზადებიდან მე-2 დღეს იდება სითხეებში);

2) 16 ცალი 10X10X10 სმ კუბები ბაზალტური ბეტონით (დამზადებიდან მე-2 დღეს იდება სითხეებში); 3-3 ცალი იდება

ა) ზღვის წყალში-3კუბი;

ბ) 5% Na₂SO₄-3კუბი;

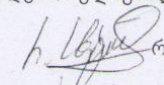
გ) 5% NaCl -3კუბი;

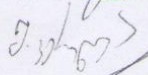
დ) 5% CaCO₃-3კუბი;

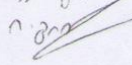
ესუფთა წყალში -4 კუბი; ანუ თითო „აგრესიულ სითხიან“ აბაზანაში 6-6-კუბი; კუბები 7-დღეში ერთხელ შრება 100°C და ისევ ბრუნდება წყალში. სულ შრება 3-ჯერ 7,14,21 დღეზე - ტყდება 28 დღეზე და ხდება აგრესიამდეგობის შედარება.

ამჟამად საცდელი კუბები უკვე 21 დღეა გადიან „აგრესიულ ხსნარებში“ დაყოვნება -გამოზრდის პროცედურებს. 28 დღიანი სიმტკიცის გამოცდა უწევს 2014 წლის იანვრის ბოლო დეკადაში.

პროექტის სამუშაოები გრძელდება, ხელშემშლელი პრობლემები არ ფიქსირდება.

პროექტის ხელმძღვანელი:  რაქედენ სხვიტარიძე

შემსრულებლები:  შალვა ვერულავა

 ირაკლი გიორგაძე

როლანდ ლეკიშვილი

11.01.14წ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სკც „ნანოდუღაბი“

ს ა გ რ ა ნ ტ ო პ რ ო ე კ ტ ი N33

„საგზაო მშენებლობებისათვის ბაზალტური, მოდიფიცირებული შემადგენლობისა და
სტრუქტურის, არმატურით არმირებული, მონოლითური ცემენტ - ბეტონის ტექნოლოგია“

II ეტაპის (მეთხე,მეხუთე,მეექვსე თვეები)

ა ნ გ ა რ ი შ ი

პროექტის ხელმძღვანელი:



რაჟდენ სხვიტარიძე

თბილისი, სტუ, 2014წ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 2013წ N33 საგრანტო პროექტი „საგზაო მშენებლობებისათვის, ბაზალტური, მოდიფიცირებული შემადგენლობისა და სტრუქტურის, არმატურით არმირებული, მონოლითური ცემენტ-ბეტონის ტექნოლოგია“, სრულდება სტუ-ს სტე „ნამოდულაში“, ტ.მ.დ. რ. სხვიტარიძის ხელმძღვანელობით, შ ვერულავას, ტ.მ.დ.ი.გიორგაძისა და ტ.მ.დ. რ.ლევიშვილის მიერ.

მეორე ეტაპზე სამუშაოები მიმდინარეობდა და შესრულდა წინასწარდასახული გეგმის მიხედვით.

შესრულდა გეგმის 1. თავი, 1.2.ქვეთავის გამოკლებით, რომელიც ითვალისწინებს ბაზალტის კარიერების მონიტორინგს და ფრინანსური მოლაპარაკებების წარმართვას.

მიმდინარეობს ლაბორატორიული კვლევები გეგმის მე-2 თავის მიხედვით, რომელთა ხანგრძლივობა აღემატება ეტაპის ხანგრძლივობას - 3 თვეს, ამიტომ მათი ნაწილი წარმოდგენილია წინამდებარე ანგარიშში - მცირე კომენტარებით, ხოლო უფრო ფართედ და სრულად წარმოდგენილი იქნება მომდენო ეტაპზე და საბოლოო ანგარიშში.

ბაზალტის შემავსებლიანი ბეტონების თვისებები უფიზროდ და ბაზალტისავე ფიზრის შერევის შემდეგ

N	ბეტონის შემადგენლობა კგ/მ ³						სიმტკიცის ზღვარი ღუნვა/კუმშვა, კგ/სმ ²			
	ცემენტი	ბაზალტის ქვიშა 0-5მმ	ბაზალტის ღორღი 6-20მმ	პლასტიფიკ. Viscocrete	ბაზალტის ფიბრა F24	წყალი	წ/ც	3 დღე	7 დღე	28 დღე
1	410	860	940	4.1	-	170	0.41	16/250	18/320	19/330
2	410	860	940	4.1	3.0	190	0.46	15/230	20/345	21/400
3	420	976	866	4.2	-	170	0.40	12,5/190	13,5/390	15,3/420
4	510	833	910	5.1	-	191	0.37	12,7/200	13,7/480	15,4/580
5	600	979	818	6.0	-	206	0.34	12,9/230	13,9/490	17,2/650
6	420	976	866	4.2	2.1	163	0.39	13/180	14,2/400	15,8/510

შენიშვნები: - გამოყენებულია ცემენტი CEM I 42.5, A28=51.0 მპა

- ბეტონების ადვილჩაწყობადობის კლასი S-3 ანუ 15სმ;
- ბაზალტის ქვიშისა და ღორღის გამოყენებით შესაძლებელია 400-650 (C40-C65) მარკის ბეტონების დამზადება;
- ბაზალტის ფიბრა F2410-12% ზრდის ბეტონის სიმტკიცეს ღუნვაზე და 21-22% კუმშვაზე;

ცხრილი

თიხაფიქალთან ცემენტის შერევით მიღებული ნარევის („ბეტონი“-ს) მახასიათებლები

N	ბეტონის შემადგენლობა, კგ/მ ³				სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე, კგ/სმ ²		ბეტონის სიმკვრივე
	ცემენტი CEM II 32.5	თიხაფიქალი, 0-40მმ	წყალი	წ/ც	7 დღე	28 დღე	ტ/მ ³
1	300	2000 (1 მ3)	80	0.26	65	105	2,4
2	750	5710 (2,86 მ3)	300	0.40	57	95	2,3

ცხრილი

ზესტაფონის ფშპ არაგრანულირებულ წიდასთან ცემენტის შერევით მიღებული ნარევის („ბეტონი“-ს) მახასიათებლები

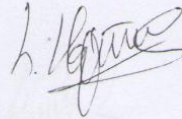
N	ბეტონის შემადგენლობა, კგ/მ ³				წ/ც	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე, კგ/სმ ²	
	წილის ფრაქციები მმ და მოცულობა მ ³					7 დღე	28 დღე
	0-5	5-10	5-20	5-40			
1	750	1ლ	1ლ	1ლ	0,4	25	60
2	1000	0,95(1ლ)	1,17(1ლ)	1,25 (1ლ)	0,6	52	92

N	ბეტონის შემადგენლობა, კგ/მ ³						ბეტონის სიმკვრივე ტ/მ ³	ცხრილი	
	ცემენტი CEM I 42.5	ბაზალტის ქვიშა	ბაზალტის ლორღი	პლასტიფიკატ.	ფიბრა ბაზალტის 24მმ	წყალი		სიმტკიცის ზღვარი ლუნვა/კუმშვა, კგ/სმ ²	
								7 დღე	28 დღე
1	400	850	950	4,0	-	143	2,36	13,5/209	16,0/262
2	400	850	950	4,0	1,0	143	2,41	17,1/211	22,5/311
3	400	850	950	4,0	2,0	143	2,39	18,9/238	24,5/289
4	400	850	950	4,0	3,0	143	2,33	15,4/221	15,6/222
5	400	850	950	4,8	3,0	138	2,32	15,7/221	19,0/281
6	400	850	950	4,8	3,0	114	2,40	14,2/257	20,7/376

შენიშვნები: - ყველაზე მაღალი შედეგი მოგვცა 2კგ/მ³, ანუ 0,5% 24მმ ფიბრის შერევამ ბეტონის შემადგენლობაში, რომელმაც ღუნვაზე სიმტკიცე გაზარდა 53%, ხოლო კუმშვაზე - 10%;

- 1-2კგ/მ³ 24მმ ფიბრის დამატება 0,25-0,5% ყველაზე უკეთეს შედეგს იძლევა; სამუშაოები გრძელდება პროექტის გეგმის მიხედვით.

პროექტის ხელმძღვანელი:



რაჟდენ სხვიტარიძე

14.04.14.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სკც „ნანოდუღაბი“

საგრანტო პროექტი N33

„საგზაო მშენებლობებისათვის, ბაზალტური, მოდიფიცირებული
შემადგენლობისა და სტრუქტურის, არმატურით არმირებული,
მონოლითური ცემენტბეტონის ტექნოლოგია“

III ეტაპის (მეშვიდე, მერვე, მეცხრე თვეები)

ა ნ გ ა რ ი შ ი

პროექტის ხელმძღვანელი:

რაჟდენ სხვიტარიძე

თბილისი, სტუ, 2014წ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 2013წ. N33 საგრანტო პროექტი „საგზაო მშენებლობებისათვის, ბაზალტური, მოდიფიცირებული შემადგენლობისა და სტრუქტურის, არმატურით არმირებული, მონოლითური ცემენტბეტონის ტექნოლოგია“, სრულდებოდა სტუ-ს სკც „ნანოდულაბი“-ს მიერ, ტ.მ.დ. რ.სხვიტარიძის ხელმძღვანელობით, აკად. დოქტ. ი.გიორგაძის, ტ.მ.დ. რ.ლევიშვილის და ინჟ. შ.ვერულავას მიერ.

სამწუხაროდ ბატონი რ.ლევიშვილი 2014წ. აპრილის ბოლოს მოულოდნელად გარდაიცვალა. ნათელში იყოს მისი ხსოვნა.

ბატონი რ.ლევიშვილის ნაცვლად პროექტში სამუშაოდ მოწვეული იქნა სილიკატების ტექნოლოგიის კათედრის თანამშრომელი ქ-ნი მანანა კეკელიძე.

მესამე ეტაპის სამუშაოები შესრულდა დასახული გეგმის მიხედვით.

ჩატარებულია შემდეგი სამუშაოები და კვლევები:

„ ბაზალტური ბეტონის შემადგენლობის დაპროექტება, ნედლეულის შერჩევა და ბეტონის თვისებათა ლაბორატორიული ტესტირებების ჩატარება“, რომლებიც მოიცავდნენ:

- შერჩეული ბეტონის ტესტირებას კუმშვაზე სიმტკიცეზე;
- შერჩეული ბეტონის ტესტირებას ღუნვაზე სიმტკიცეზე;
- შერჩეული ბეტონის ტესტირება ცვეთამდეგობაზე;
- შერჩეული ბეტონის ტესტირება ზღვის წყალში კოროზიაზე;
- შერჩეული ბეტონის ტესტირება სულფატურ კოროზიაზე;
- შერჩეული ბეტონის ტესტირება ქლორიდულ კოროზიაზე;
- შერჩეული ბეტონის ტესტირება კარბონატულ კოროზიაზე;

როგორც წინა თავებში გვაქვს აღნიშნული, ექსპერიმენტებისთვის კასპის ცემენტის ქარხნიდან შეძენილი და შემოტანილი იქნა CEM II A-P 32.5N ტიპის ბაზალტის დანამატის შემცველი ცემენტი, რომლის წინასწარი ტესტირება ჩატარდა ექსპრეს

მეთოდით (დასაშვებია ГОСТ და СНиП-ების მიხედვით). ექსპრეს ანალიზის შედეგები მოყვანილია ცხრილში III-1, საიდანაც ნათლად ჩანს, რომ ცემენტიდაფქვის სიწმინდის, წყალმოთხოვნილების, შეკვრის ვადების და სიმტკიცის მაჩვენებლების მიხედვით ნამდვილად შეესაბამება EN197-1:2011 მოთხოვნებს. მისი აქტიურობაა 400კგ/სმ² - ანუ ГОСТ 10178 მიხედვით - მარკა 400.

ცხრილი III -1

ცემენტის გამოცდა ექსპრესმეთოდით ИАЦ-04-ით

ცემენტის ტიპი	დაფქვის სიწმინდე N008 საცერზე, %	წყალი ნორმალური სისქელის ცემენტის ცომის მისაღებად, %	შეკვრის ვადები, სთ-წთ		ცემენტის აქტიურობა კგმ/სმ ²
			დასაწყისი	დასასრული	
CEM II A-P 32.5N	4,0	25,5	1-10	3-45	400,0

ცემენტის გარდა, წინასწარი ტესტირება ჩაუტარდა ბეტონის დასამზადებლად გამიზნულ ბაზალტის ქვიშას ГОСТ 8735-88 მიხედვით.

ქვიშის ანალიზი მოცემულია ცხრილებში III-2, III-3, III-4 და III-5-ში, საიდანაც ნათლად ჩანს, რომ ქვიშის მოდული არის 3,86 და სხვა მახასიათებლებითაც შეესაბამებოდა ГОСТ 8736-93 მოთხოვნებს.

ცხრილი III-2

ბაზალტის დამსხვრეული ქვიშის მარცვლოვანი შემადგენლობა, სიმსხოს მოდული და ჯგუფი

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სიმსხოს მოდული	ჯგუფი
	10	5	<5მმ						
კერძო, გრ	-	20	980				1000		
კერძო, %		2	98				100		

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ						ჯამი	სიმსხოს მოდული	ჯგუფი
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	<0,14			
კერძო, გრ	520	180	130	50	50	70	1000	3.86	მსხვილი
კერძო, %	52	18	13	5	5	7	100		
მთლიანი %	52	70	83	88	93	100			

ცხრილი III-3

მტვრისებრი და თიხოვანი ნაწილაკების შემცველობა

№	სინჯის მასა, გრ		მინარევის შემცველობა, %	
	განლექვამდე	განლექვის შემდეგ	სინჯის	საშუალო
1	-	-	-	
2				

ცხრილი III-4

ნაყარი ქვიშის მოცულობითი მასა

№	ჭურჭლის მოცულობა, სმ ³	მასა, გრ მშრალი		მოცულობითი მასა, კგ/მ ³ (გ)	
		ჭურჭლის	ჭურჭლის მასალით	სინჯის	საშუალო
1	1000	200	1630	1430	
2					
სველი					
1	-	-	-	-	
2					

ცხრილი III-5

ტენიანობის განსაზღვრა

№	სინჯის მასა, გრ		ტენიანობა, W %	
	ტენიანი	მშრალი	სინჯის	საშუალო
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-

ღორღის ანალიზი ჩატარდა GOCT 8269.1-97 მეთოდის მიხედვით, რომლითაც უნდა გადამოწმებულიყო მისი შესაბამისობა GOCT 8267-93-თან.

ჩატარებულმა ტესტირებამ აჩვენა, რომ ბაზალტის ღორღი აკმაყოფილებს GOCT 8267-93 მოთხოვნებს და შესაძლებელია მისი გამოყენება ბეტონის მსხვილ შემავსებლად. შედეგები მოყვანილია ცხრილებში III-6, III-7, III-8, III-9, III-10 და III-11-ში.

ცხრილი III-6

ბაზალტის ღორღის მარცვლოვანი შემადგენლობა (5-20მმ)

ნარჩენი საცერზე	საცრის ხვრეტის ზომები, მმ					ჯამი
	30	20	10	5	<5	
კერძო, გრ	420	330	250	-	-	1000
კერძო, %	42	33	25	-	-	100
სრული	42	75	100	-	-	100

ცხრილი III-7

სიმტკიცის მარკა მსხვრევადობაზე

№	ღორდის ფრაქციის სიმსხო, მმ	ცილინდრის დიამეტრი, მმ	ღორდის მასა, გრ	საკონტროლო საცდის სურების ზირფეი, მმ	საკვრზე დარჩენილი სინჯის მასა, გრ	ღორდის მსხვერვალობა %	მსხვერვალობის გასაშუალებელი მნიშვნელობა %	ღორდის მარკა (ტეიონის შესაძლო მარკა)
1	10-20	75	430	2.5	385	10.46	12.12	800
2	10-20	75	435	2.5	375	13.79		

ცხრილი III-8

ფირფიტოვანი და ნემსისებური მარცვლების რაოდენობა

№	ღორდის ფრაქციის სიმსხო, მმ	სინჯის მასა, გრ	ფირფიტოვანი და ნემსისებური მარცვლების მასა, გრ	ფირფიტოვანი და ნემსისებური მარცვლების რაოდენობა, %	გასაშუალებული მნიშვნელობა %
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	

ცხრილი III-9

მტვრისებრი და თიხოვანი ნაწილაკების შემცველობა

№	ღორდის ფრაქციის სიმსხო, მმ	სინჯის მასა განლეკვამდე, გრ	სინჯის მასა განლეკვის შემდეგ, გრ	მინარევის შემცველობა %	გასაშუალებული მნიშვნელობა %
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	

ცხრილი III-10

ნაყარი ღორდის მოცულობითი მასა

№	ჭურჭლის მოცულობა, სმ ³	მასა, კგ		მოცულობითი მასა, კგ/მ ³ (პი)	
		ჭურჭლის	ჭურჭლის მასაღლით	სინჯის	საშუალო
1	1000	0.2	1.58	1.38	1.38
2	1000	0.2	1.58	1.38	

ცხრილი III-11

ტენიანობის განსაზღვრა

№	სინჯის მასა, გრ		ტენიანობა, W %	
	ტენიანი	შშრალი	სინჯის	საშუალო
1	-	-	-	1
2	-	-	-	

აღნიშნული ტესტირებული მასალების გამოყენებით დამზადებულ იქნა 100X100X100მმ ზომის ბეტონის კუბური ფორმის ნიმუშები, რომლებიც გამყარება-გამოზრდისთვის ჩადებულ იქნენ სხვადასხვა არეში, კერძოდ: სასმელ წყალში, ზღვის წყალში, NaCl-იან წყალხსნარში, NaHCO₃ წყალხსნარში, NaSO₄-იან წყალხსნარში. ბეტონებში ცემენტის ხარჯი შეადგენდა 445კგ/მ³.

კუბების სიმტკიცე გაიზომა შემდეგი წესით:

- სასმელ წყალში გამყარებული 7 და 28 დღე, შემდეგ 6 თვე;
- აგრესიულ ხსნარებში გამყარებული 28 დღის და 6 თვის გამყარების შემდეგ,

ერთ შემთხვევაში ბაზალტის შემცველ ცემენტზე დამზადებული ბაზალტის ქვიშისა და ბაზალტის ღორღის შემცველი ბეტონების (იხ. ცხრილი III-12, N2) შემადგენლობაში დამატებით შერეულია ბაზალტის 24მმ ფიბრა, ბეტონში გამოყენებული ცემენტის წონიდან 0,494% რაოდენობით.

უფიბრო და ფიბრიანი ბაზალტური ბეტონები დაიტესტა აგრეთვე ღუნვაზე სიმტკიცეზე და ცვეთამდეგობაზე - რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი თვისებაა საგზაო ბეტონებისადმი.

ბეტონების 28 დღიანი დაყოვნება-გამოზრდის პერიოდში, გამყარების მე-14 და 21-ე დღეს ნიმუშები გამოვაშრეთ (იხ. ცხრილი III-13) და ისევ ჩავდეთ აგრესიულ გარემოში. გამოშრობის მიზანი იყო ბეტონების სტრუქტურის დასუსტება აგრესიული წყლის მიგრაციის გამოყენებით. შედეგად მივიღეთ ის, რომ ყველა ტიპის „აგრესიულ“ სითხეში ბეტონების (როგორც ფიბრიანს, ასევე უფიბროს) მექანიკური სიმტკიცე მატულობს და არ კლებულობს. აღნიშნული მოვლენა უფრო დეტალურადაა შესასწავლი და შევეცდებით ეს გავაკეთოთ ბეტონის ნიმუშების აგრესიულ სითხეებში 6 თვით გამყარება-გამოზრდის შემდეგ.

ცხრილი III-12

გამყარების არეს გავლენა ბეტონის ნიმუშების სიმტკიცეზე

№	ბეტონის შემადგენლობა კგ/მ ³					NaCl	NaHCO ₃	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	ზღვის წყალი	სასმელი წყალი	ღუნვა	ცვმთა		
	ცემენტი	ქვიშა ბაზ.	ლორღი ბაზ.	წყალი	ფიბრა	სიმტკიცე კუმშვაზე კგ/მ ³							მოცულობითი წონის დანაკარგი %	ზედაპირული წონის დანაკარგი გ/სმ ²	
						28 დღე	28 დღე	28 დღე	28 დღე	28 დღე	28 დღე	7 დღე			28 დღე
1	445	810	920	230	2,2	270	241	249	262	236	180	263	52,0 384	4,06	0,40
2	445	810	920	210	-	390	252	323	289	315	217	328	49,0 322	4,15	0,44
3	445	810	920	210	-	-	-	-	-	-	263	288	-	-	-
4	445	810 მარ.	920 მარ.	210	-	-	-	-	-	-	183	236	-	5,11	0,604

ცხრილი III-13

შრობა გაუწყლობის მიზნით

ბეტონის ნიმუშების მოცულობითი წონის ცვლილება 100⁰ C შრობისას

№	გამყარების არე (ხსნარი)	ბეტონის მოცულობითი წონა კგ/სმ ³											
		გაშრობამდე			I შრობა			II შრობა			გატეხვის წინ		
		ფიბრით	ბაზალტური უფიბროდ	მარნეული უფიბროდ	ფიბრით	ბაზალტური უფიბროდ	მარნეული უფიბროდ	ფიბრით	ბაზალტური უფიბროდ	მარნეული უფიბროდ	ფიბრით	ბაზალტური უფიბროდ	მარნეული უფიბროდ
1	NaCl	-	-	-	2,26	2,285	-	2,28	2,34	-	2,345	2,37	-
2	NaHCO ₃	-	-	-	2,27	2,295	-	2,275	2,34	-	2,38	2,42	-
3	Na ₂ SO ₄	-	-	-	2,225	2,375	-	2,25	2,385	-	2,355	2,48	-
4	MgSO ₄	-	-	-	2,24	2,30	-	2,25	2,325	-	2,38	2,42	-
5	ზღვის წყალი	-	-	-	2,275	2,42	2,29	2,31	2,45	2,29	2,38	2,495	2,33
6	სასმელი წყალი	2,37	2,38	2,32	2,315	2,36	2,26	2,36	2,36	2,20	2,415	2,45	2,38

- შენიშვნა:
1. გამოყენებულია ცემენტი CEM II/A-P - 32,5 „პაიდელბერგცემენტი“.
 2. ბაზალტური – მარნეულის ბაზალტის ქვიშა და ღორღი.
 3. მარნეული – იმირის კარიერის ქვიშა და ღორღი.
 4. კონუსის ჯდენა 15 სმ.
 5. პლასტიფიკატორი CHRYSO plast -250w 1% ცემენტის მასიდან.
 6. ნიმუშები შრობს ექვემდებარებოდა გამყარებას 14 და 21 დღეს.
 7. ფიბრა ბაზალტური 24 მმ – Fb24.

პროექტის ხელმძღვანელი:

რ.სხვიტარიძე

შემსრულებლები:

ი. გიორგაძე

შ. ვერულავა

მ. კველიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სკც „ნანოდუღაბი“

საგრანტო პროექტი N33

„საგზაო მშენებლობებისათვის, ბაზალტური, მოდიფიცირებული
შემადგენლობისა და სტრუქტურის, არმატურით არმირებული,
მონოლითური ცემენტბეტონის ტექნოლოგია“

IV ეტაპის (მეათე, მეთერთმეტე, მეთორმეტე თვეები)

ა ნ გ ა რ ი შ ი

პროექტის ხელმძღვანელი:

რაჟდენ სხვიტარიძე

თბილისი, სტუ, 2014წ.

ცხრილი IV -1

გამყარების არეს გავლენა ბეტონის ნიმუშების სიმტკიცეზე

N	ბეტონის შემადგენლობა კვ/მ3					NaCl	NaHCO ₃	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	ზღვ. წყალი	სასმელი წყალი	ლუნვა	ცვეთა		
	ცემენტი	ქვიშა ბაზ.	ლორლი ბაზ.	წყალი	ფიბრა	სიმტკიცე კუმშვაზე კვ/სმ ²								მოცულ. წონის დანაკ. %	ზედაპ. წონის დანაკ. %
						28 დღე	28 დღე	28 დღე	28 დღე	28 დღე	7 დღე	28 დღე	28 დღე		
1	445	810	920	230	2,2	270	241	249	262	236	180	263	52,0 / 384	4,06	0,40
2	445	810	920	210	-	390	252	323	289	315	217	328	49,0 / 322	4,15	0,44
3	445	810	920	210	-	-	-	-	-	-	263	288	-	-	-
4	445	810 მარ.	920 მარ.	210	-	-	-	-	-	-	183	236	-	5,11	0,604

ცხრილი IV -2

ბაზალტის შემავსებლიანი და ბაზალტის ფიბრიანი ბეტონები

ბეტონის შემადგენლობა, კვ/მ3						სიმტკიცის ზღვარი, მპა				წყალგაუმტ.	წონა	წ/ც
ცემენტი	ქვიშა	ლორლი	წყალი	პლასტიფ. Viscocrete	Fb 0,5% 24მმ	ლუნვა	ხლეჩვა	კუმშვა		Wატ.	წონა	წ/ც
								7დ	28დ			
420	730	1116	140	4.2	-	5,25	7,51	39	42	+161გ 7,0	2550	0,40
510	760	982	153	5.1	-	5,4	7,93	48	58	163გ 9,0	2100	0,37
600	770	884	150	6.0	-	7,2	8,68	46	55	161გ 14,0	2270	0,34
420	730	1116	140	4.2	2.1	5,8	8,3	23	51	123გ 12,0	2450	0,39

- ცემენტის ხარჯის ზრდა ზრდის ბეტონის გამძლეობას ლუნვაზე, ხლეჩაზე, კუმშვაზე, წყალგამტარობაზე
- ბაზალტის ფიბრა ზრდის ბეტონის გამძლეობას ლუნვაზე, ხლეჩაზე და კუმშვაზე (28 დღე), ასევე წყალგაუმტარობას

ცხრილი IV -3

გამყარების არეს გავლენა ბეტონის ნიმუშების სიმტკიცეზე

N	ბეტონის შემადგენლობა კვ/მ3					NaCl	NaHCO ₃	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	ზღვ. წყალი	სასმელი წყალი	ლუნვა	ცვეთა		
	ცემენტი	ქვიშა ბაზ.	ლორლი ბაზ.	წყალი	ფიბრა	სიმტკიცე კუმშვაზე კვ/სმ ²								მოცულ. წონის დანაკ. %	ზედაპ. წონის დანაკ. %
						28 დღე	28 დღე	28 დღე	28 დღე	28 დღე	7 დღე	28 დღე	28 დღე		

											ე	ე		წონის დანაკ. %	წონის დანაკ .%
1	445	810	920	230	2,2	270 1.02 6	241 0.916	249 0.946	262 0.99 6	236 0.89 7	18 0	26 3 1	52,0 / 384	4,06	0.40
2	445	810	920	210	-	390 1.18 9	252 0.768	323 0.985	289 0.88 1	315 0.97 8	21 7	32 8	49,0 / 322	4,15	0,44
3	445	810	920	210	-	-	-	-	-	-	26 3	28 8	-	-	-
4	445	810 მარ	920 მარ.	210	-	-	-	-	-	-	18 3	23 6	-	5,11	0,604
5	-----					6 თვე	6 თვე	6 თვე	6 თვე	6 თვე					
	445	810	920	210		545	350	450	400	440					

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 2013-2014წწ შიდა საგრანტო N33 პროექტი: „საგზაო მშენებლობებისათვის, ბაზალტური, მოდიფიცირებული შემადგენლობისა და სტრუქტურის, არმატურით არმირებული, მონოლითური ცემენტბეტონის ტექნოლოგია”, სრულდება სტუ-ს სკც „ნანოდუღაბის” მიერ, ტ.მ.დ. რ.სხვიტარიძის ხელმძღვანელობით, აკად. დოქტ. ი.გიორგაძის, ინჟ. შ.ვერულავას და ინჟ. მ.კეკელიძის მიერ.

პროექტის IV ეტაპის სამუშაოებიდან ჯერჯერობით ვერ ჩატარდა საგზაო დეპარტამენტის მიერ შერჩეულ გზის მშენებარე უბანზე ბაზალტური ბეტონის მიწოდების და საპილოტე აქციის ჩატარება ერთი თვის განმავლობაში ბეტონის გამყარებაზე დაკვირვების განხორციელების ჩათვლით (იხ. გრანტის სამუშაო გეგმა, თავი 5, III 2014). აღნიშნული შეფერხების მიზეზი ისაა, რომ მას შემდეგ, რაც ჩვენ სათანადო კვლევის მასალები მივაწოდეთ საქართველოს რეგიონალური განვითარებისა და ინფრასტრუქტურის სამინისტროს და ეს მასალები რამდენიმე თვის განმავლობაში გამოქვეყნებული იყო სამინისტროს საიტზე, მინისტრი დ.ნარმანია ქ.თბილისის მერად არჩევის საარჩევნო კამპანიაში მონაწილეობის მიზნით განთავისუფლდა თანამდებობიდან, ამასთანავე შეიცვალა სამინისტროს სხვა ხელმძღვანელებიც. ახალ ხელმძღვანელებთან ჯერჯერობით ვერ დავამყარეთ საქმიანი ურთიერთობა. სამინისტროს საიტზე დადებული და გამოქვეყნებული მასალები იხილეთ დანართში სათაურით: „საგზაო მშენებლობებისთვის, ბაზალტური, მოდიფიცირებული შემადგენლობისა და სტრუქტურის, არმატურით არმირებული მონოლითური ცემენტბეტონის ტექნოლოგია”.

სტუ-ში საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ნანო-2014”, რომელიც ტარდება 20-24 ოქტომბერს წარდგენილია მოხსენება სათაურით: „ბეტონის ინოვაციური ნანოტექნოლოგია საქართველოში” - THE INNOVATIVE CONCRETE

NANOTECHNOLOGY IN GEORGIA. რომელთა ავტორებიც ვართ: რ.სხვიტარიძე, ი.გიორგაძე, გ.წინწკალაძე, შ.ვერულავა, ბ.კემელავა

რაც შეეხება ლაბორატორიულ კვლევებს, ჩატარდა ბაზალტური ბეტონის კვლევა სხვადასხვა აგრესიული ზემოქმედებების მიმართ მდგრადობის კვლევის მიზნით.

ცნობილია, რომ საგზაო ბეტონები განიცდიან მრავალმხრივ დატვირთვებს და ზემოქმედებებს, რომელთაგან მთავარია სხვადასხვა აგრესიული ქიმიური ნაერთების და ღუნვით დატვირთვებზე მექანიკური ზემოქმედებები.

ექსპერიმენტთა ერთ სერიაში, რომელთა შედეგები ნაჩვენებია ცხრილ IV -1-ში, ბაზალტური ბეტონი მყარდებოდა NaCl, NaHCO₃, Na₂SO₄, MgSO₄ ხსნარებს, ზღვის წყლის და შედარებისათვის - სასმელი წყლის არეში. ნიმუშები კუმშვასთან ერთად ასევე იცდებოდა ღუნვაზე და ცვეთაზე. ერთ-ერთ ნიმუშს დამატებული ჰქონდა ბაზალტისავე ფიბრა. ასევე ერთ-ერთი ნიმუში 28 დღესთან ერთად აგრესიულ გარემოში გამოიცადა 6 თვის განმავლობაში დაყოვნების შემდეგ (იხ. ცხრილი IV -3).

ექსპერიმენტებმა მოგვცა შემდეგი შედეგები:

- ბაზალტის ფიბრის დამატება 2,2კგ/მ³ (0.5% ცემენტის წონიდან) ამცირებს ბეტონის გამძლეობას კუმშვაზე, როგორც სასმელ წყალში, ასევე აგრესიულ სითხეებში;
- სხვა შემთხვევაში, როცა ბეტონის დასამზადებლად გამოყენებული იყო პლასტიფიკატორი Viscocrete, ბაზალტის ფიბრამ, რომელიც ბეტონს დაემატა 2,1 კგ/მ³ (0.5% ცემენტის წონიდან) რაოდენობით, გაზარდა ბეტონის გამძლეობა ღუნვაზე, ხლეჩვაზე და კუმშვაზე 28 დღის გამყარების შემდეგ. ასევე გაიზარდა ბეტონის წყალგაუმტარობის უნარი (იხ. ცხრილი IV-2).
- თუ სასმელ წყალში გამყარებული ბაზალტის ფიბრიანი ბეტონის სიმტკიცეს 263კგ/სმ² მივიჩნევთ 1 ტოლად (ეტალონად), მაშინ NaCl-ში მისი სიმტკიცე 1,026 ტოლია, NaHCO₃-ში 0,916; , Na₂SO₄-ში 0,946; MgSO₄-ში 0,996; ზღვის წყალში 0,897. ანუ ბაზალტის ფიბრიან ბაზალტურ ბეტონზე ყველაზე აგრესიულად ზემოქმედებს ზღვის წყალი, შემდეგ NaHCO₃ (ანუ კარბონიზაცია) და შემდეგ Na₂SO₄ (სულფატური აგრესია);
- ბაზალტურ ბეტონზე, როცა მას დამატებული აქვს ბაზალტისვე ფიბრა, პრაქტიკულად არავითარ უარყოფით გავლენას არ ახდენს NaCl - ტექნიკური მარილი;
- უფიბრო ბეტონების შესაბამისი სიდიდეებია: 1,189; 0,768; 0,985; 0,881; 0,978.
- უფიბრო ბაზალტური ბეტონები ნაკლებად უძლებენ NaHCO₃ და MgSO₄ კოროზიას, ვიდრე ფიბრიანები;
- გამოიკვეთა, რომ ბაზალტის ფიბრიანი ბაზალტური ბეტონი უკეთესად უძლებს NaHCO₃-ის ზემოქმედებას (ანუ კარბონიზაციას) Na₂SO₄ და MgSO₄ ზემოქმედებს (ანუ სულფატურ აგრესიას?) ვიდრე ზღვის წყალს.

- ბაზალტის ფიბრის დამატება ზრდის ბაზალტური ბეტონის გამძლეობას ღუნვაზე და ცვეთაზე (იხ. ცხრილი IV-1 და ცხრილ IV-3-ში N1 და N2).

ბაზალტურბეტონში, ბაზალტის შემცველი ცემენტის ხარჯის ზრდა, შესაბამისად ზრდის ბაზალტური ბეტონის გამძლეობას ღუნვაზე, ხლეჩაზე, კუმშვაზე, წყალგაუმტარობაზე (იხ. ცხრილი IV-2).

საბოლოო დასკვნები ჩამოყალიბებული იქნება დასკვნით ანგარიშში.

პროექტის ხელმძღვანელი:

რ.სხვიტარიძე

შემსრულებლები:

ი. გიორგაძე

შ. ვერულავა

მ. კეკელიძე

საბოლოო დასკვნები:

მინერალური დანამატის სახით ცემენტ-ბეტონში ცეოლითური ტუფების და ცეოლითური ჩანართების მქონე ბაზალტის შეყვანა ამცირებს ბეტონის ანიზოტროპიულობას, რადგან იზრდება ბეტონის სიმტკიცე ღუნვაზე, ხლეჩაზე და კუმშვაზე.

ბეტონის სიმტკიცის ზრდა გამოწვეულია ბეტონის ერთგვაროვნების გაზრდით, ხოლო მინერალურ დანამატში, კერძოდ კი ბაზალტში არსებული SiO_2 და Al_2O_3 ხელს უწყობს ადრეული ეტრინგიტის და ძაფისმაგვარი კრისტალოჰიდრატის შემცველი AFt ფაზების დამატებით რაოდენობების წარმოქმნას ნანოდონეზე.

ჩვენ გამოვიკვლიეთ, რომ ბაზალტის შემცველი ცემენტის, ბაზალტის ქვიშის და ბაზალტის ღორღით დამზადებული ბეტონები გამოირჩევიან მაღალი მდგრადობით სხვადასხვა ქიმიური რეაგენტების ზემოქმედების მიმართ.

თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტს, რომ ბაზალტის „მსგავსი“ ანუ ასევე „საშუალო შემადგენლობას“ (SiO_2 - 52-65%) ვულკანური წარმოშობის სამთო ქანი ანდეზიტისგან მზადდება მყავაგამძლე ცემენტები. ხოლო ბაზალტი რომელიც შეიცავს SiO_2 - 45-53%, XX საუკუნის 50-იან წლებში ფართოდ გამოიყენებოდა თბილისის მეტროპოლიტენის გვირაბების მ-200 ბეტონის დასამზადებლად - პრაქტიკულად გამოცდილია თბილისის ცხელ გოგირდიანი წყლის პირობებში, თამამად შეგვიძლია გავცეთ რეკომენდაცია:

- საქართველოში საგზაო მშენებლობებზე, გვირაბებსა და პოტენციურად აგრესიასაშიმ მონაკვეთებზე, ბეტონის დასამზადებლად უმჯობესია გამოყენებული იქნეს „მონომინერალური“ შემადგენლობის ბაზალტური ბეტონები, ანუ ცემენტი დანამატად უნდა შეიცავდეს ბაზალტს, ქვიშა და ღორღი კი უნდა იყოს ბაზალტის ქანისგან დამზადებული.

3rd International Conference “Nanotechnologies”
October 20 – 24, 2014, Tbilisi, Georgia

Nano – 2014

P r o g r a m

Tbilisi

2014

THE INNOVATIVE CONCRETE NANOTECHNOLOGY IN GEORGIA

R. Skhvitaridze¹, B. Keshelava¹, I. Giorgadze¹, G. Tsintskaladze², Sh. Verulava¹

¹ Georgian Technical University, Scientific center „Nanodughabi”,
77 M. Kostava Ave., Tbilisi, 0175, Georgia, rajden.skhvitaridze@gmail.com

² Tbilisi State University, Institute of Physical and Organic Chemistry named after P.
Melikishvili. Jiqia str. 5, 0186, Tbilisi, Georgia

Earlier it has already been reported about the possibility of enlarging cement obtaining with active mineral additives. It was shown that joint thermal treatment of active mineral additive increases strength of the cement.

It is known, that the properties of the concrete, besides other factors, depend on the activity of the mineral additives, that are inserted into the cement.

In the presented work cements were obtained inserting zeolite tuff. Before inserting into the cement mixture additive subjected to thermal treatment at the temperature 100...700⁰ C. Data, testifying active mineral additives thermal treatment positive influence on the strength of the cement and concrete. X-rays of the active mineral additives, thermal treated at 100-700⁰ C, and also saturated by sulfur dioxides at 700⁰ C were studied and periods of mixtures setting.

Quite interesting results were obtained when physical-mechanical properties of cement were studied on the basis of Portland cement and thermal treated mineral additives.

Inserting of thermal treated mineral additive – zeolite tuff $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ in the cement mixture, when in the hardening system between each other at the nano level react additives and clinker minerals, their product ettringite $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$, Creating the preconditions to form clusters of natrolite and ettringite ZEOETTRINGITE with the probable formulas - $Na_2O \cdot 2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 6CaO \cdot 3SO_3 \cdot 34H_2O$, which increases activity, compressive and flexural strength of concrete.

Earlier it has already been reported about the possibility of enlarging cement obtaining with active mineral additives. It was shown that joint thermal treatment of active mineral additive increases strength of the cement[1].

It is known, that the properties of the concrete, besides other factors, depend on the activity of the mineral additives, that are inserted into the cement[2].

The practice has shown, that in some cases high class High Performance Concretes are very brittle and are sensitive to variable thermal and mechanic influences, therefore more frequent reinforcement of structures made of this concrete becomes necessary, thus deficit and expensive steel reinforcement charges increase and construction prime price goes up.

In XXI century concrete remains as the most principal and important structural material, therefore it is necessary to study its negative properties and to search for elimination method.

From the negative properties of concrete anisotropy is the nearest to brittleness, it's a global problem.

Concrete compressive strength is almost 10 times higher than its bending strength almost 20 times higher than tensile strength. Concrete is the artificial stone, with its structure and genesis it is near natural stones of the sediment origin.

Anisotropic is also mechanical strength of the sediment origin rocks, but in the structure of the natural stone practically there are no open and through pores and hollows, therefore its mechanical strength is higher than of concrete.

Concrete mechanical strength anisotropy decreases built structures durability and seismic resistance.

To eliminate concrete stone anisotropy it must be reinforced. Practically the most widespread reinforcement ordinary and pre stressed methods using concrete periodical profile steel reinforcement or wire net.

In the 50-ies of the XX century in different countries began so called “dispersed reinforcing” of concrete using fiber of different origin. Generally “dispersed reinforcing” means reinforcing by bars prepared of any material uniformly distributed in the concrete volume with length less than 55mm. Such method of reinforcing sometimes is called three dimensional 3D (3 dimensions), or reinforcing of the whole volume. It does not give us full guarantee to eliminate concrete anisotropy and reinforcing of the whole volume of concrete, because of that we tried to realize following:

- Modification of concrete structure using innovation methods of dispersed reinforcing, which means:

Three-dimensional – dispersed, nano independent reinforcing, zeolite thread with the size 3-200nm and needle like crystals, for example clinoptilolite and natrolite [Fig. 1], using as fiber.



Figure 1.natrolite

** During the hydration of cement, according to [3], entered in AFt phase, with the size 40-90nm using new formations as crystal rudiment – when for example with new formed thread and ettringiteneedle like crystals[Fig. 2], and zeolite’s or natrolite’s crystal hydrates nano independent reinforcing or zeonano independent reinforcing, after that formatted for example clusters of natrolite and ettringite ZEOETTRINGITE with the probable formulas - $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 6\text{CaO} \cdot 3\text{SO}_3 \cdot 34\text{H}_2\text{O}$.

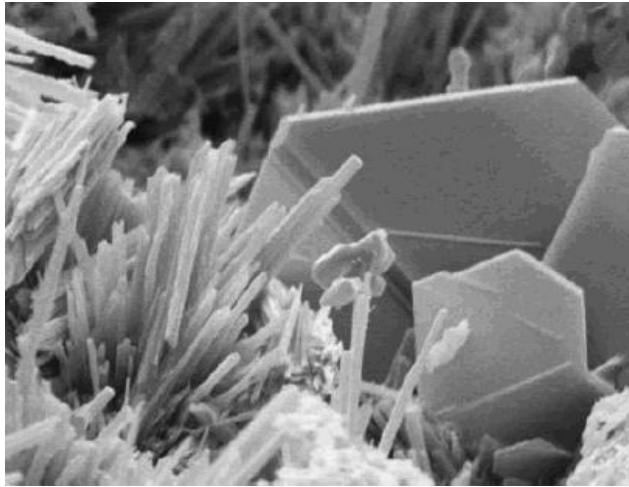


Figure 2. ettringite

In the presented work cements were obtained with the clinker produced by HeidelbergCement's Kaspi cement plant and Tedzami's zeolite tuff. Before inserting into the cement mixture additive subjected to thermal treatment at the temperature 100...700 °C. Data, testifying active mineral additives thermal treatment positive influence on the strength of the cement and concrete. cement results see table 1, Fig.4.

Table 1.

Properties of Portlandcement with the zeolite tuff

Cement composition	Water demand, %	setting times, min		Compressive strength, 2 days, MPa	Compressive strength, 7 days, MPa	Compressive strength, 28 days, MPa
Comparable Clinker 95% + Gypsum 5%	95	1:35	2:40	30.7	39.8	50.8
Clinker 90% + Zeolite tuff 5% + Gypsum 5%	105	1:35	2:25	26.5	37.1	52.3
Clinker 90% + Zeolite tuff (thermal treatment 700 °C) 5% + Gypsum 5%	96	1:20	2:10	32.3	42.4	55.5

X-rays of the active mineral additive – zeolite tuff, thermal treated at 100-700 °C [Fig. 3].

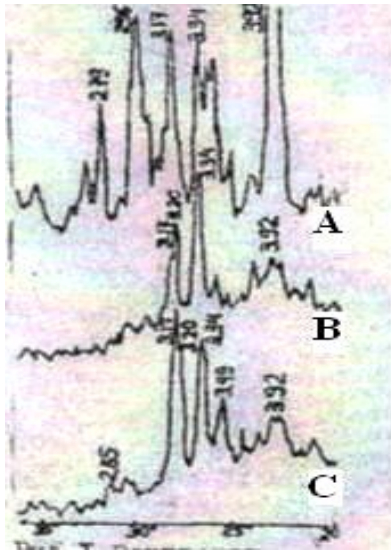


Figure 3. roentgenogram

Quite interesting results were obtained when physical-mechanical properties of cement were studied on the basis of Portland cement and thermal treated mineral additives [Fig. 4].

Inserting of Zeolite tuff in cement-concrete mixture decreases concrete anisotropy, because compressive strength increases by 43%, bending strength by 35% and strength on split by 44%.

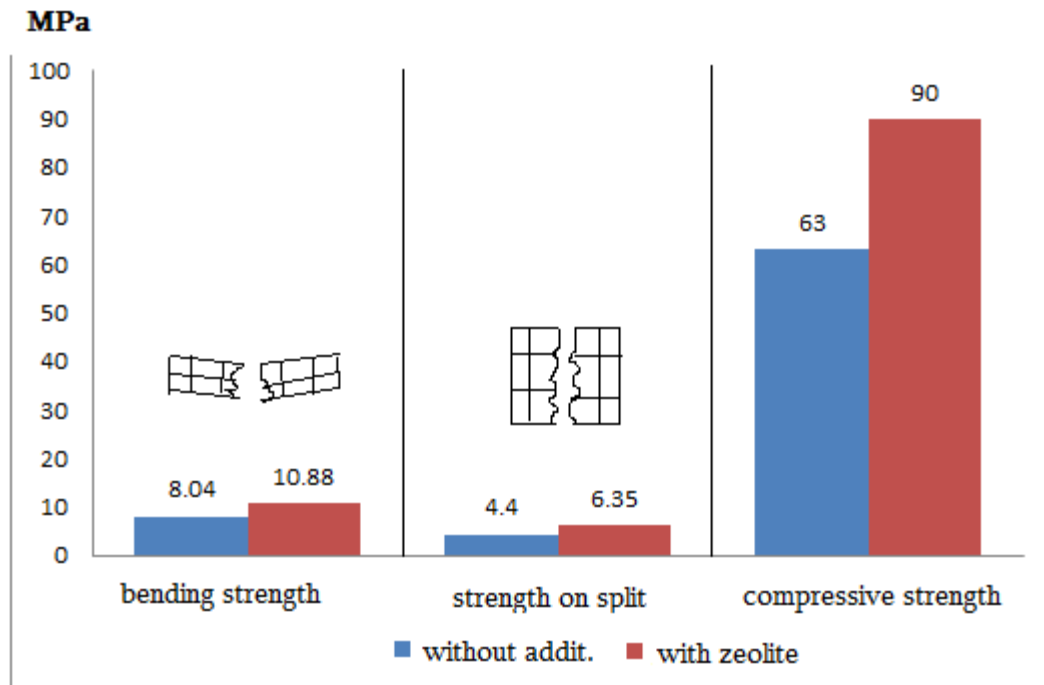


Figure 4. Cement's Physical-mechanical properties

The main factor of the active mineral additive is mineralogical composition, thermal treatment before crystallization or till full dehydration, which is increase activity of mineral additives.

Inserting of thermal treated mineral additive – zeolite tuff ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ in the cement mixture, when in the hardening system between each other at the nanolevel react additives and clinker minerals, their product ettringite ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) increases activity, compressive and flexural strength of concrete.

Our opinion is that, increasing of concrete compressive strength with the thermal treatment of mineral additive caused by exist active silica SiO_2 and aluminous Al_2O_3 in mineral additives, which helps formation of additional crystal-hydrates which contains AFt phases, together with early ettringite on the nano-level.

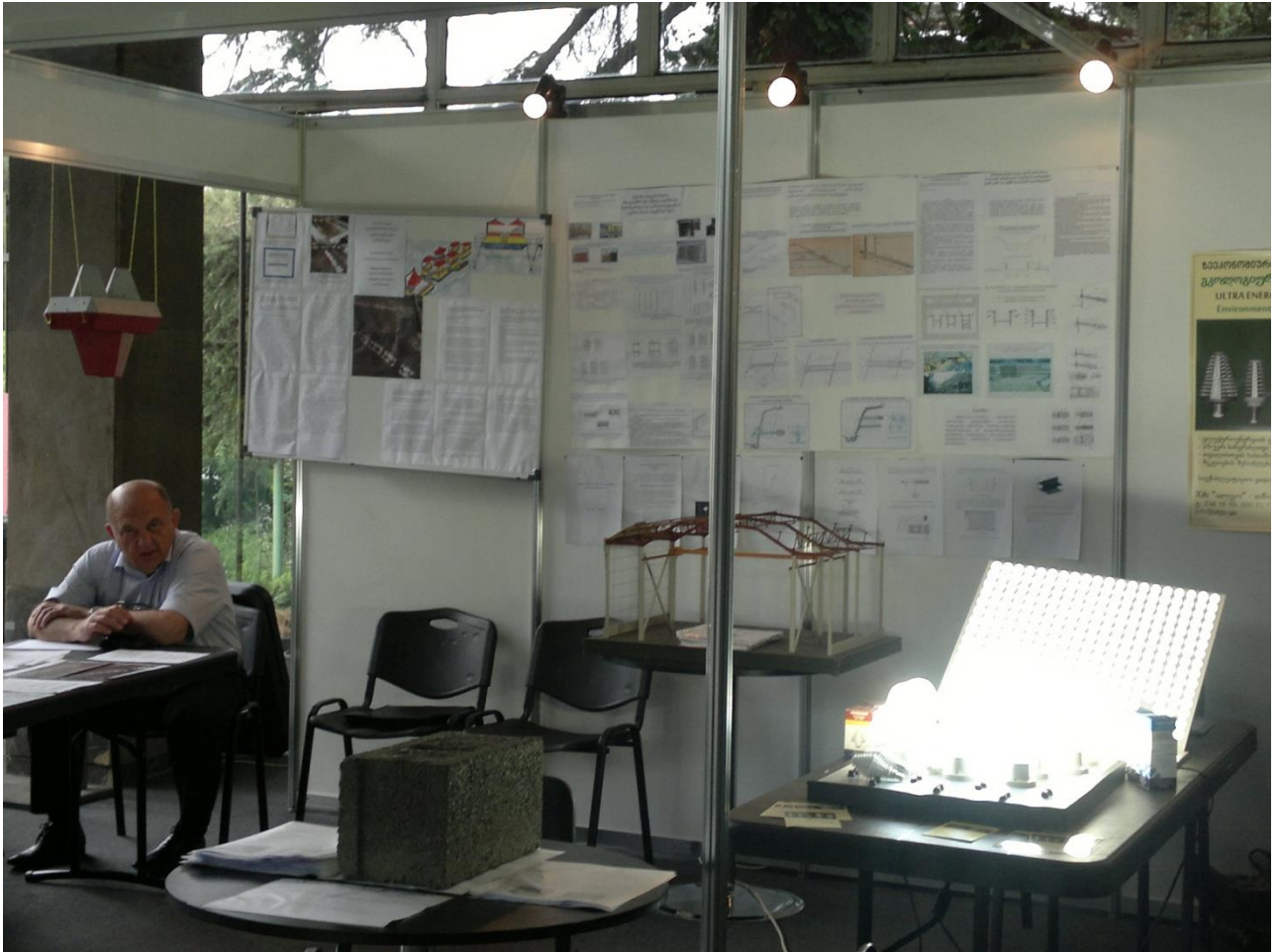
Literature:

1. R.Skhvitaridze. Chemical and Technological Foundations of Development of Clay Shale Containing Cements Production in Georgia. / *Ceramics* 2003, 2(10), p. 17-23
2. R.Skhvitaridze, B.Keshelava, I.Giorgadze, G.Tatarashvili. USED OF CEMENTS MODIFIED AT THE NANOLEVEL MINERAL ADDITIVES. 12th International Conference on Mechanics and Technology of Composite Materials (MTCM). Varna, Bulgaria 22-24 September 2009. Conference Proceedings p. 126-129.
3. Wang Jia. Investigation of structure and properties of the interfacial zone between Lime Aggregate and Cement Paste. // *J.Chin.Silic Soc.* – 1987. –N2. –pp.114-121.



3D NANO-REINFORCED

3D ნანოარმირებული



Georgian Technical University Scientific-Research Center “Nanodughabi”

mob.: +995 599514720

Innovation for Hydro Power Station
Construction:

Heavy Concrete

On a basis of porous filler C40-60
class (40-60 MPa)

Features:

- **abrasion resistant (30% better in compare with ordinary hydro technical**

Innovation for Road Construction:

Heavy Concrete

3D nano-reinforced, C40-60 class
(40-60 MPa)

Features:

- **abrasion resistant (30% better than usual road concrete)**

<p>concrete)</p> <ul style="list-style-type: none">• crack resistant (visual effect)• frost resistant (50% better in compare with ordinary hydro technical concrete)• sulfate resistant• waterproof (>12 atm.)	<ul style="list-style-type: none">• crack resistant (visual effect)• frost resistant (50% better than usual road concrete)• sulfate resistant• liquid and gas proof
--	--



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
სამეცნიერო კვლევითი ცენტრი „ნანოდულაბი“

საკოტაქტო ტელეფონი: +995 599514720

ინოვაციაჰიდროელექტროსადგურებისმშენებლობებისათვის:

ფორიან შემავსებლებზე დამზადებული, C40-60 კლასის (40-60მპა სიმტკიცის) მძიმე ბეტონი

თვისებები:

- ცვეთამედეგი(>30% ჩვეულებრივ ჰიდროტექნიკურ ბეტონთან შედარებით);
- ბზარმედეგი(ვიზუალური ეფექტი);
- ყინვამედეგი(>50% ჩვეულებრივ ჰიდროტექნიკურ ბეტონთან შედარებით);
- სულფატომედეგი;
- წყალშეუღწევადი(>12ატ.);

**ინოვაცია
საგ
მშენებლობ**

3Dნანოარმირებ
კლასის (40-60მ
მძიმე ბეტონი

თვის

- ცვეთამედ
ჩვეულებრივ
შედარებით);
- ბზარმედ
ეფექტი);
- ყინვამედ
ჩვეულებრივ
შედარებით);
- სულფატ
- გაზებისა
სითხეები
შეუღწევა



ლიტერატურა.

1. R.Skhvitaridze. Chemical and Technological Foundations of Development of Clay Shale Containing Cements Production in Georgia. / *Ceramics* 2003, 2(10). p. 17-23
2. R.Skhvitaridze, B.Keshelava, I.Giorgadze, G.Tatarashvili. USED OF CEMENTS MODIFIED AT THE NANOLEVEL MINERAL ADDITIVES. 12th International Conference on Mechanics and Technology of Composite Materials (MTCM). Varna, Bulgaria 22-24 September 2009. Conference Proceedings p. 126-129.
3. Wang Jia. Investigation of structure and properties of the interacial zone between Lime Aggregate and Cement Paste. // *J.Chin.Silic Soc.* – 1987. –N2. –pp.114-121.
4. რ.სხვიტარიძე, ლ.გოგინაიშვილი, ი.გიორგაძე, ბ.კეშელავა, რ.ვეკუა. სილიკატური მასალებით ბეტონის პორიზონტალური კონსტრუქციების არმირების High Performance Concrete და ტიპი ბეტონების ინოვაციური ტექნოლოგიების ათვისება-გამოყენების პრაქტიკა საქართველოში. რაგლადის დაბადების 100-წლისთავისადმი მიძღვნილი ეროვნული მე-3 კონფერენცია გამოყენებით ქიმიაში RAC-3 ქობილისი, 18-19-ოქტომბერი, 2011 წ. თეზისების კრებული გვ.51-52.
5. რ.სხვიტარიძე; ი.გიორგაძე. საქართველოს სამშენებლო ბაზარზე High Performance Concrete ტიპის ბეტონების გამოყენების და დისპერსიული (3D) არმირების აუცილებლობის სამეცნიერო-ტექნიკური საფუძვლები. აკადემიკოს თეიმურაზ ლოლაძის ხსენისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია "ინოვაციური ტექნოლოგიები და მასალები" ქობილისი, 24-27 ოქტომბერი 2011წ. კონფერენციის სამეცნიერო შრომების კრებული. გვ. 279-285.