

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ბორის ჭიღვარია

ავტოსაგზაო ხიდების პროექტირების ნორმებისადმი
სისტემური მიდგომის მეთოდოლოგია და ნატურური
გამოკვლევის ზოგიერთი საკითხები

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2012 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის
საგზაო დეპარტამენტის ხიდებისა და სატრანსპორტო გვირაბების
მიმართულებაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:

ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი,
სრული პროფესორი – თამაზი ჭურაძე

- რეცენზენტები: 1. აკადემიური დოქტორი
ასლან ჯანჯღაგა
2. აკადემიური დოქტორი
თამაზ ცვარიანი

დაცვა შედგება 2012 წლის „—“ „————“, — საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე, კორპუსი —, აუდიტორია —
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო
ავტორეფერატისა – სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი
ასოცირებული პროფესორი

რევაზ ველიჯანაშვილი

შესავალი

სატრანსპორტო კომუნიკაციები, ხიდური ნაგებობების ჩათვლით, განსაზღვრავს სახელმწიფოს ეკონომიკის მდგომარეობას და მის შემდგომ განვითარებას. საავტომობილო გადაზიდვებს, განსაკუთრებით მოკლე მანძილზე, სახელმწიფოსათვის მნიშვნელოვანი შემოსავლები მოაქვს, ამიტომ უკანასკნელ პერიოდში მსოფლიო პრაქტიკაში დიდი ყურადღება ეთმობა ავტოგზების მშენებლობასა და ქალაქებში სატრანსპორტო კომუნიკაციების განვითარებას. ავტოსაგზაო მშენებლობაში მნიშვნელოვანი ადგილი ეკუთვნის ხიდებსა და სატრანსპორტო გადაკვეთებს, რომლებიც ყველაზე ძვირადღირებული ნეგებობებია და თხოულობენ პროექტირებისა და მშენებლობის გარკვეულ ტექნიკურ დონესა და სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხანგრძლივ ვადას.

სამეცნიერო-ტექნიკური განვითარების თანამედროვე ეტაპზე გაჩნდა შესაძლებლობა, დავაპროექტოთ დიდი და უნიკალური ხიდები, რომლებიც მაღალი ხარისხით აკმაყოფილებენ ტრანსპორტის სხვადასხვა სახეობათა მოძრაობის უსაფრთხოების პირობებს, მგზავრობის კომფორტულობას, აგრეთვე გაზრდილ არქიტექტურულ და საექსპლუატაციო მოთხოვნებს. პრაქტიკულად მსოფლიოს ყველა კონტინენტზე პროექტდება ან შენდება ხიდური გადასასვლელები უმსხვილეს საწყალოსნო დაბრკოლებებზე, ვიადუკები, საქალაქო ხიდები და მნიშვნელოვანი სიგრძის ესტაკადები.

თემის აქტუალობა. საავტომობილო ტრანსპორტის თანამედროვე მდგომარეობა ხასიათდება ავტოსატრანსპორტო საშუალებების სწრაფი განვითარებით, გადაზიდვის მოცულობის გაზრდით, მათ შორის საერთაშორისო გადაზიდვისაც, დიდი ტვირთამწეობის ავტომობილებისა და ავტომატარებლების სულ უფრო მეტად გამოყენებით. ეს გამოწვეულია, პირველ რიგში, ბაზრისა და საერთაშორისო ეკონომიკური ინტეგრაციის განვითარებით.

ამავე დროს საქართველოს საავტომობილო გზებზე ხიდური ნაგებობების დიდი რაოდენობა არადაამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაშია, აქვთ არასაკმარისი ტვირთამწეობა და აფერხებენ სატრანსპორტო ნაკადებს. ამ ხიდების ნაწილი გასულ წლებში აგებული იყო უფრო

დაბალ სატრანსპორტო დატვირთვაზე, ხოლო ზოგიერთმა ხიდმა განიცადა სერიოზული ფიზიკური ცვეთა. ბევრი რკინაბეტონის ხიდის მუშაობის ვადა ნაცვლად მოსალოდნელი 80-100 წლისა, 30-40 წელს შეადგენს. ეს თავის მხრივ, მოითხოვს ექსპლუატაციაში მყოფი ხიდების მდგომარეობის სერიოზულ, დასაბუთებულ შეფასებას მათი რემონტისა და შენახვისათვის რაციონალური გადაწყვეტილების მისაღებად.

არანაკლებ მნიშვნელოვანია, უზრუნველვეყოთ ახალი ხიდების ხანმედევობა. ხიდებზე ავტომობილების ნორმატიული დატვირთვა, რომელიც დაფუძნებული იყო 60-70-იან წლებში საავტომობილო მოძრაობის ანალიზსა და განვითარების პროგნოზზე, დღეისათვის პრაქტიკულად რეალიზებულია. აქედან გამომდინარეობს დატვირთვის ნორმების გადახედვის აუცილებლობა მომავალი პერსპექტივების გათვალისწინებით. ამრიგად, ახალი ხიდების ნორმირებისა და ექსპლუატაციაში მყოფი ხიდების მდგომარეობის ღრმა ანალიზის ამოცანები სულ უფრო მეტად აქტუალური ხდება.

დაგროვილი პრაქტიკული გამოცდილება, გაზომვის თანამედროვე საშუალებათა განვითარება, კომპიუტერიზაციის მაღალი დონე ქმნიან იმის წინაპირობას, რომ ხარისხობრივად ავამაღლოთ სამეცნიერო კვლევების დონე, მისი შედეგები კი გამოვიყენოთ სისტემური მიდგომის პრინციპების სრულყოფისათვის

სამუშაოს მიზანია:

რკინაბეტონის ხიდური ნაგებობების პროექტირების ნორმებისადმი ექსპლუატაციის პერიოდში მისი მდგომარეობის რაოდენობრივი შეფასებისადმი და ნატურული გამოკვლევებისადმი სისტემური მიდგომა.

სამუშაოს მეცნიერული სიახლე:

- დამუშავებულია რკინაბეტონის ხიდური კონსტრუქციების საიმედოობის ერთ-ერთი ასპექტი, დაკავშირებული პროექტირების ნორმებთან;

- ბეტონის და არმატურაში დეგრადაციული მოდელების საფუძველზე დამუშავებულია რკინაბეტონის ხიდური კონსტრუქციების ნარჩენი რესურსის ალბათური შეფასება, რომელიც ითვალისწინებს კონსტრუქციაზე გარემოს სხვადასხვა ფაქტორების კომპლექსურ ზემოქმედებას;

- სისტემური მიდგომის საფუძველზე სრულყოფილია ხიდების ნატურული გამოკვლევის მეთოდოლოგია;

- შესრულებულია რკინაბეტონის ხიდური კონსტრუქციების დამახასიათებელი დეფექტებისა და დაზიანებების ანალიზი, რომლის შედეგებიც შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც კონკრეტული ხიდების შემდგომი ექსპლუატაციისა და ნატურული კვლევის პროცესში ამ დაზიანებათა შეფასებისა და იდენტიფიკაციისათვის, ისე ხიდური ნაგებობების ნორმირებისა და პროექტირებისათვის.

სამუშაოს პრაქტიკული გამოყენება:

- ინჟინერს საშუალება ეძლევა შეაფასოს მიღებული გადაწყვეტილების საიმედოობა;

- დარგობრივი დეტერმინირებული ნორმების შემდგენლებს აწვდის აუცილებელ ალბათურ-სტატისტიკურ ინფორმაციას, რაც საშუალებას გვაძლევს, უფრო რეალისტურად შევაფასოთ კონსტრუქციისა და მისი შემადგენელი ნაწილების ძალოვანი ზემოქმედებები და სიმტკიცის შესაძლებლობები.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავლის, ორი თავის, დასკვნის, გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისა და დანართისაგან. მოიცავს: ტექსტის 104 გვერდს, მათ შორის 17 ნახაზს და 5 ცხრილს.

ნაშრომის აპრობაცია

დისერტაციის მასალები მოხსენებული იქნა:

- საქართველოს საავტომობილო-საგზაო ინსტიტუტის საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, ქ. თბილისი, 2009 წელი;

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 78-ე დია საერთაშორისო კონფერენციაზე, თბილისი, 2010 წელი;

- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს ორ სემინარზე.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები და ზოგადი დასკვნები

პირველ თავში განხილულია სამამულო და საზღვარგარეთის ხიდმშენებლობის თანამედროვე მდგომარეობა. წარმოდგენილია რკინა-

ბეტონის ხიდების დაპროექტების ნორმატიული ბაზის ანალიზი. დასაბუთებულია ხიდმშენებლობაში საიმედოობის თეორიის ამოცანათა გამოყენების კორექტულობა. მოცემულია ხიდური ნაგებობების მონიტორინგის ანალიზის შედეგები.

მეორე თავში მოცემულია კვლევის წარმოების ძირითადი მეთოდოლოგია სისტემური პრინციპების გამოყენებით. სისტემად მიიჩნევა ორგანიზებული მიზანმიმართული სიმრავლე, რომელიც წარმოადგენს ერთ მთლიანს, შედგება ცალკეული, გარკვეულად ერთმანეთთან დაკავშირებული ელემენტებისაგან, რომელთაგან თითოეულს შეუძლია სხვაზე ზემოქმედება.

სისტემური ანალიზის ეფექტური ინსტრუმენტი არის ალბათური თეორიის მათემატიკური სტატისტიკის და საიმედოობის თეორიის მეთოდები. რამდენადაც ხიდის კონსტრუქციაზე მოქმედი ყველა დატვირთვა, მასალის თვისებები, კონსტრუქციაში მიმდინარე დეგრადაციული პროცესები არის შემთხვევითი ხასიათისა, ალბათობის თეორიის მეთოდებით ხიდის კვლევები, დაფუძნებული ნორმირებულ მოთხოვნებზე, საიმედოობის თეორიის პოზიციებით არის აუცილებლად შესასრულებელი. ერთ-ერთმა პირველმა ა.პ. რუანიცინმა საიმედოობის თეორიის პოზიციებიდან გაანალიზა დატვირთვის და მასალის გამძლეობის შემთხვევითი ხასიათი და შემოგვთავაზა მარაგის შეფასების კოეფიციენტის გამოთვლა შემდეგი ფორმულით:

$$\gamma = \frac{R - S}{\sigma \frac{2}{R} + \sigma \frac{2}{S}} \quad (1)$$

სადაც R და S არის სიმტკიცის და დატვირთვის საშუალო მნიშვნელობებია. $\sigma \frac{2}{R}$ და $\sigma \frac{2}{S}$ კი სიმტკიცისა და დატვირთვის საშუალო კვადრატული გადახრა.

γ - სიდიდე ტოლია სიმტკიცის რეზერვის $(R - S)$ -ის სტანდარტების სხვაობისა, მის საშუალო და საწყის სიდიდეებს შორის.

ზოგიერთი მეცნიერის აზრით მცირე სერიული ნაკეთობისათვის საიმედოობის თეორია მიუღებელია. ეს აზრი დამაჯერებლადაა უარყოფილი ბ. ბოლოტინის, პ. რუანიცის და სხვა მეცნიერების

ნაშრომებში. დაპროექტებული კონსტრუქციის მისი სამსახურის დადგენილ ვადაში საიმედო მუშაობა რჩება საიმედოობის განმსაზღვრელ ობიექტურ დონედ. იმ შემთხვევაში, თუ კონსტრუქციის რეალიზაცია ხდება ერთ ეგზემპლიარად.

ხიდის კონსტრუქციების ფაქტიური რესურსები და მათი პროგნოზირება

არსებულ ნორმებში რკინაბეტონის კონსტრუქციების რესურსის დასათვლელი საანგარიშო ფორმულები არ არის რეგლამენტირებული/

პროექტირების სტადიაში კონსტრუქციის სამსახურის რესურსი ჩადებულია უტოლობაში, სადაც კონსტრუქციაში დატვირთვით მიღებული შიდა ძალები ნაკლებია იმ ძალებზე, რომლებიც იწვევენ კონსტრუქციის ზღვრულ მდგომარეობაში გადასვლას.

რუსეთის ახალ ნორმებში - СНиП ნორმირებულია ხიდის ზოგიერთი კონსტრუქციისათვის სამსახურის რესურსი. ნაგულისხმევია ხიდის ძირითადი კონსტრუქციებისათვის, გაანგარიშებაში ჩადებულია ისეთი მარაგი, რომ მისი სამსახურის ვადა არ იყოს 80-100 წელზე ნაკლები. ამ მოსაზრებას ადასტურებს მრავალი არსებული ხიდი, რომლებიც აგებულია წინა საუკუნის 30-40-იან წლებში და დღესაც ფუნქციონირებს. თუმცა ბოლო პერიოდში დასავლეთის მთელ რიგ განვითარებულ ქვეყნებში შეიმჩნევა ხიდების მალის ნაშენებში სახიფათო დაზიანებების მატება, რაც გამოწვეულია ძირითადად ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობისა და სატრანსპორტო საშუალებების ტვირთამწეობის სწრაფი ზრდით. მონაცემების [22, 23] მიხედვით, მაგ. აშშ-ში ხიდის რკინაბეტონის კონსტრუქციების სამსახურის ვადა შემცირებულია 35 წლამდე; არსებული ხიდების 80% მოითხოვს სხვადასხვა სახის შეკეთებას. სამწუხაროდ, ამ მხრივ ჩვენს ქვეყანაში მდგომარეობა გაცილებით უარესადაა.

დისერტაციაში მოცემულია პრესის პუბლიკაციიდან ამონარიდები საქართველოს ხიდების მდგომარეობის და მათი რესურსების შესახებ. არსებული მდგომარეობის გამოსასწორებლად საჭიროა ხიდების მდგომარეობაზე სისტემატური ზედამხედველობა მსოფლიოში

არსებული სისტემების ანალოგიურად (Ponts, RAMBRO, BRIDGIT, MONSTR, CYM და ა.შ.), უნდა დამუშავდეს ამგვარი სისტემა რეგიონის თავისებურების გათვალისწინებით.

სტანდარტული ინსპექცია არის ტექნიკური მეთვალყურეობის ეფექტური განხორციელების, ნაგებობის მდგომარეობის წინასწარი განჭვრეტისა და კონტროლის ხარისხის ამაღლების საშუალება. კონკრეტული კონსტრუქციების საიმედოობისა და ხანგამძლეობის გამოკვლევა, ხიდისა და მისი ელემენტების მდგომარეობის ცვლილებების ანალიზი, ხიდების მართვის თანამედროვე საზღვარგარეთული გამოცდილების შესწავლა, ამ გამოცდილებისა და შესაბამისი კვლევის შედეგების გათვალისწინებით სათანადო კონცეფციის შემუშავება საჭიროებს შემდეგი ხუთი საპროგრამო ღონისძიების რეალიზაციას:

1. ხიდების მონაცემთა სათანადო ბაზის შექმნა და მოდერნიზაცია;
2. ინფორმაციის შეგროვებისა და დამუშავების ორგანიზაციისა და ტექნოლოგიის სრულყოფა;
3. ხიდებისა და სხვა ხელოვნური ნაგებობების მოვლა-შენახვისა და სარემონტო სამუშაოების სრულყოფა;
4. ხიდებისა და სხვა ხელოვნური ნაგებობების მშენებლობის, მოვლა-შენახვის, შეკეთების და რეკონსტრუქციის სამუშაოების ხარისხის კონტროლისა და სამუშაოთა ორგანიზაციის შემუშავება და პრაქტიკაში დანერგვა;
5. ხიდების მართვის სისტემის შესაბამისი ნორმატიული ბაზის შექმნა.

საქართველოს პირობებისათვის რკინაბეტონის ხიდების პროექტირების ნორმების დამუშავების ასპექტები

ჩვენს მიერ აშშ, დიდ ბრიტანეთში, ჩინეთსა და სხვა ქვეყნებში ხიდების დაპროექტების საზღვარგარეთული ნორმების, აგრეთვე რკინაბეტონის კოჭური, უმეტესად წინასწარდაძაბული მალის ნაშენების დაპროექტების პრაქტიკის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ამ ქვეყნების ნორმებში მასალების „კოლექტიური“ (ერთობლივი) მუშაობის ეფექტი

გაანგარიშებებში გათვალისწინებულია საექსპლუატაციო დატვირთვის ქვეშ. ასეთი დასკვნა ადვილად შეინიშნება ნორმებით დადგენილი საანგარიშო წინაღობების ანალიზის დროს. მათი მნიშვნელობა მეტია ჩვენი ნორმების შესაბამის მახასიათებლებზე, თუმცა დატვირთვების დონე ახლოსაა ჩვენს ნორმატიულ ნორმებთან. მაგალითისთვის ცხრილებში 1 და 3 შედარებულია B40 კლასის ბეტონისა და მასთან ახლოს მდგომი დასავლური ნორმების მარკების ბეტონის ნორმატიული და საანგარიშო წინაღობები, მოყვანილია აგრეთვე ჩვენი ნორმების B-11 (d=5მმ) ტიპის მაღალი სიმტკიცის მავთულის შესაბამისი წინაღობები.

მითითებული გარემოებებიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ დასავლეთის ქვეყნების რკინაბეტონის კონსტრუქციებში წინასწარდაძაბული არმატურის ხარჯი გაცილებით ნაკლებია. თ.ლინისა და ფ.კულკის მონაცემებით ამერიკის ავტოსაგზაო ხიდების კოჭებში მაღალი სიმტკიცის ფოლადის ხარჯი 1.5-2-ჯერ ნაკლებია ანალოგიურ სამამულო კონსტრუქციებთან შედარებით (იხ. ცხრილი 2). სავალი ნაწილის ფილები კი პირიქით, გაცილებით ძლიერადაა არმირებული, ვიდრე სამამულო კონსტრუქციის ფილები.

ცხრილი 1

ქვეყნების ნორმები	СНиП 2.05.03- 84	СНиП	დიდი ბრიტანეთი	ჩინეთი ⁴⁾	აშშ ⁴⁾
მაჩვენებლები	სიმტკიცის აღნიშვნები				
	B40	B40	M50 ¹⁾	M49 ¹⁾	$f_c=432$ ²⁾
დერძული კუმშვა ნორმატიული, კგ/სმ ²	296	266	291	233	-
დერძული კუმშვა საანგარიშო, კგ/სმ ²	234	205	200 ⁵⁾	271	259
დერძული გაჭიმვა	14.3/21.4 ³⁾	13.0/21.5 ³⁾	-	24.7	12.7

1) 20×20×20სმ კუბების საშუალო სიმტკიცე МПа;

2) СНиП 2.05.03-84-ის მიხედვით B40 ბეტონის შესაბამისი ცილინდრული ნიმუშებს საშუალო სიმტკიცე, კგ/სმ²;

3) მრიცხველში – ზღვრული მდგომარეობის პირველ ჯგუფში, მნიშვნელში – ზღვრული მდგომარეობის მეორე ჯგუფში.

4) ავტოსაგზაო ხიდების ნორმების მიხედვით.

5) პირობითი სიდიდე – ზღვრულ მდგომარეობაში საშუალო სიმტკიცე მოღუნული კოჭის კვეთის მოვლ შეკუმშულ ნახევარზე.

ცხრილი 2

ქვეყნების ნორმები მაჩვენებლები	СНиП	СНиП	დიდი ბრიტანეთი	ჩინეთი ²⁾	აშშ ²⁾
დროებითი წინაღობა, კგ/სმ ²	17 000	17 000	16 500	16 300	16 500
დენადობის პირობითი ზღვარი (დეფორმაციის 0.2%), კგ/სმ ²	14 285	14 285	$f^3)$ (14 900)		$f^3)$ (15 000)
ნორმატიული წინაღობა	13 600	12 800	13 400	13 060	
საანგარიშო წინაღობა	11 300	10 100	0.8 f	11 300	0.81 f
წინასწარი დაზვა, კონტროლირებადი	12 450	11 100	-	-	0.95 f

1) ცხრილში მოყვანილია მონაცემები B-11 ტიპის მავთულისათვის (d=5მმ).

2) ჩინეთისა და აშშ-ის მონაცემები ეხება მხოლოდ ავტოსაგზაო ხიდებს.

3) f_m და f_g - სიმტკიცის მახასიათებელი მნიშვნელობებია ($\alpha=0.95$) შესაბამისი სტანდარტის მიხედვით.

დასავლეთის ქვეყნების ნორმებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება კონსტრუქციის ბეტონში ბზარწარმოქმნის საანგარიშო კონტროლს. ფაქტიურად, ყველგან მეცნიერების უდიდეს მიღწევად ადიარებული ე.წ. „ნაწილობრივი (ოპტიმალური) მოჭიმვის“ პრინციპი. კერძოდ, დიდ

ბრიტანეთსა და ჩინეთში ბზარწარმოქმნა კონტროლდება ბეტონის დასაშვები პირობითი გაჭიმვის მიხედვით. ეს ანგარიში განსაზღვრავს არმატურის წინასწარი გაჭიმვის აუცილებელ დონეს, ხოლო ხშირად მის რაოდენობასაც. ყველა საზღვარგარეთული ქვეყნის ნორმებში ბზარმედევობა, როგორც ზღვრული მდგომარეობა, არ ნორმირდება. კონტროლდება მხოლოდ ბზარის გახსნა, რომელიც სახიფათოა არმატურის კოროზიის პოზიციიდან და ასევე ამ დროს ბეტონსა და არმატურას შორის ძაბვების გადანაწილება.

ცხრილი 3

რუსეთის კონსტრუქციები			აშშ-ის კონსტრუქციები		
კვეთის ტიპი	მაღები, მ	არმატურა კგ/მ ²	კვეთის ტიპი	მაღები, მ	არმატურა კგ/მ ²
□	15.0	12.0	ფილოვანი, ჩარჩოვანი და წიბოვანი ქვედა გაფართოებით	15.25 (50)	4.6-5.6
T	24.0	16.0		22.9 (75)	7.5-8.5
T	33.6	21.0		30.5 (100)	10.4-11.8
				38.2 (125)	14.6-16.0

ბრიტანეთის საპროექტო ნორმებში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა ბეტონის ხარისხს - ბეტონის მარკის აუცილებელ და საიმედო უზრუნველყოფას. ეს მოთხოვნები მოცემულია BS5400 ნორმების ორ სპეციალურ ნაწილში. ამ ნორმების ტექნოლოგიური მოთხოვნების პასუხისმგებლობა ისევე მაღალია, როგორც საანგარიშო საიმედოობის ყველა მოთხოვნა. ჩვენს მიერ ნორმატიული მოთხოვნების არასრულად ჩატარებული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ აუცილებელია სამამულო ნორმატიული დოკუმენტების კორექტირება, რათა ხიდური ნაგებობების საიმედოობის დონის შეფასების სამამულო პოზიციები დავაახლოვოთ საზღვარგარეთის ქვეყნების ნორმებს. ასეთი მიდგომა საშუალებას მოგვცემს, უზრუნველვეყოთ ჩვენი ქვეყნის გზებზე დასავლეთის ქვეყნების საავტომობილო დატვირთვის შეზღუდვის გარეშე უსაფრთხოდ გატარება და პირიქით – ჩვენი დატვირთვის დასავლეთის ავტოგზებზე გატარება.

წარმოდგენილი წინადადებები საჭიროებს დეტალურ განხილვას. მათი რეალიზაცია საკმარისად სარწმუნო ალბათურ-სტატისტიკური დასაბუთების შემთხვევაში მოგვცემს შესაძლებლობას, ავამაღლოთ საიმედოობა, ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები და, როგორც შედეგი, ავამაღლოთ რკინაბეტონის ხიდური კონსტრუქციების კონკურენტუნარიანობა ფოლადის და ფოლადბეტონის კონსტრუქციების მიმართ. ამ თავში ჩვენს მიერ განხილულია რკინაბეტონის კონსტრუქციების საიმედოობის მხოლოდ ერთი ასპექტი, რომელიც დაკავშირებულია მათი პროექტირებისა და ექსპლუატაციის ნორმებთან. აუცილებელია ამ კონსტრუქციების საიმედოობისა და ხანმედგობის სხვა მნიშვნელოვანი პრობლემების ანალიზი.

ნატურული გამოკვლევების მონაცემების გამოყენებით რკინაბეტონის ხიდების ნარჩენი რესურსის შეფასების მეთოდика

კონკრეტული ხიდის გამოკვლევის მიზანი არის მისი მოსალოდნელი ტვირთამწეობის შემცირების პროცესის პროგნოზირება და იმ მომენტის წინასწარი განსაზღვრა, როცა ხიდის ექსპლუატაციის რეჟიმი რისკს დაექვემდებარება. ამისათვის აუცილებელია თანმიმდევრულად გადაწყვეტილი იქნას შემდეგი ამოცანები:

- გაზომვებით დადგინდეს დეგრადაციის პროცესების მახასიათებელი პარამეტრები ბეტონსა და არმატურაში გამოკვლევის მომენტში;
- თეორიული გათვლებით ავაგოთ დეგრადაციული პროცესების რეგრესიის ფუნქციები $t=0$ და $t_{გამოკ.}$ წერტილები;
- შევაფასოთ დეგრადაციული პროცესების შემთხვევითი ხასიათი როგორც რეტროსპექტივაში, ისე პერსპექტივაში;
- აიგოს უზრუნველყოფის სხვადასხვა დონის (კვანტლების) მქონე ტვირთამწეობის შემთხვევითი ფუნქციის $შ(t)$ გრაფიკები;
- შევასდეს ამ გრაფიკებით ხიდის კონსტრუქციებში კრიტიკული მომენტის დადგომის ვადა;

ამ ამოცანების გადაწყვეტა უნდა მოხდეს სისტემური მიდგომის მეთოდოლოგიის საფუძველზე, რომელიც ითვალისწინებს ყველა იმ ფაქტორთა კომპლექსს, მათ ურთიერთდამოკიდებულებაში, რომლებიც განსაზღვრავენ გამოსაკვლევი ელემენტის მზიდუნარიანობას. რკინაბეტონის ხიდების კონსტრუქციების დაზიანებების სახეობებია:

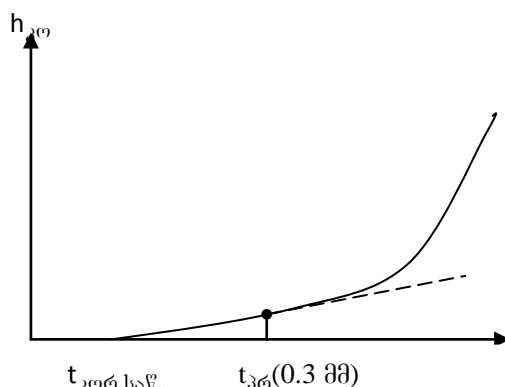
- მექანიკური დაზიანებები; ძალებით გამოწვეული;
- ტემპერატურისა და მზის რადიაციის გავლენა;
- ბეტონის გამოტუტვა; არმატურის კოროზია;
- არმატურის ცვეთა; ბეტონის ცვეთა.

დროში არმატურის კოროზიის განხილვისას შეიძლება გამოვეყოთ სამი დამახასიათებელი უბანი (ნახ.1):

- პერიოდი კოროზიის დასაწყისიდან კოროზიული ბზარების გახსნით 0.3 მმ და მეტი – კოროზიის სიჩქარე (კმ/წელიწადში) მუდმივია;

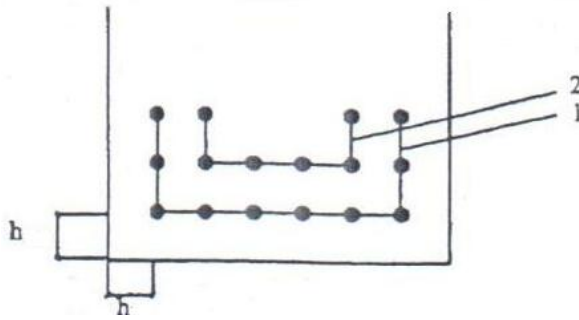
- პერიოდი, როცა კოროზიული ბზარების გახსნა 0.3 მმ-ზე მეტია – კოროზიის სიჩქარე პროგრესიულად იზრდება - მივიღეთ კოროზიის ზრდის სიჩქარე მეორე რიგის წირის მიხედვით;

- პერიოდი, როცა კარბონიზაციის სიღრმე ბეტონში $h_{კარბ}$ ნაკლებია დამცავი ფენის სისქეზე $h_{დამ}$, ე.ი. $h_{კარბ} < h_{დამ}$ და ქლორის იონების არმატურის განლაგება არ აღემატება ცემენტის მასის 0.4%. ამ პერიოდში არმატურის კოროზიას ადგილი არ აქვს;



ნახ. 1. კოროზიის პროცესის გრაფიკი

$t_{კორ.საწ.}$ – კოროზიის პროცესის დასაწყისი; $t_{კრ}$ – კოროზიის სიჩქარის პროგრესირებადი ზრდა (ბზარების გახსნა შეადგენს 0.3 მმ)



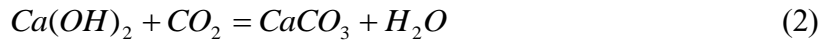
ნახ. 2. კვეთში მუშა არმატურის რიგების განლაგება.

ხაზი უნდა გაესვას იმ გარემოებას, რომ მუშა არმატურის შიგა რიგის (ნახ.2.) კოროზიის დაწყება იგივე კრიტერიუმის მიხედვით დროში წანაცვლებულია.

დამცავი ფენის ბეტონის კარბონიზაციის მექანიზმი

დამცავი ფენის ბეტონის კარბონიზაცია წარმოადგენს ყველაზე გაგრძელებულ უნივერსალურ აგრესიულ ზემოქმედებას, რომელსაც განიცდის ბუნებრივ გარემოში ექსპლუატირებული რკინაბეტონის კონსტრუქცია. ამ მოვლენის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ნახშირორჟანგი, რომლის საშუალო მოცულობითი კონცენტრაცია ატმოსფეროში $C=0.03\%$, ურთიერთქმედებს კალციუმის ჟანგის ჰიდრატთან და ბეტონის დამცავი ფენის ტუტეებთან. ამის გამო ბეტონის თხევადი ფაზის pH მნიშვნელობა, რომელიც კარბონიზაციის არ არსებობისას 12.4-13.0-ის ფარგლებში ეცემა 11.0 და უფრო ნაკლებ მნიშვნელობამდე. დამცავი ფენის, როგორც არმატურის ელექტროქიმიური დაცვის ფუნქცია იკარგება, ფოლადის პასიური მდგომარეობა ირღვევა და არმატურა განიცდის კოროზიას. ბეტონის ქიმიური შემადგენლობის ასეთი ცვალებადობის პროცესს ეწოდება კარბონიზაცია ან ნეიტრალიზაცია. მის მაღლიმიტირებელ ფაქტორს წარმოადგენს დამცავი ფენის ბეტონის თხელფოროვან სტრუქტურაში ნახშირორჟანგის დიფუზიის სიჩქარე, პროცესი ნელა ვითარდება კონსტრუქციის ზედაპირული ფენებიდან არმატურისაკენ.

კარბონიზაცია შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი ქიმიური რეაქციის სახით:



ბეტონის ფოროვან სტრუქტურაში ნახშირორჟანგის დიფუზია საკმაოდ ზუსტად აღიწერება დიფერენციალური განტოლებების სისტემის საშუალებით, მაგრამ, ჩვეულებრივ ევრდნობიან პირველი რიგის დიფერენციალურ განტოლებას, რომელიც ფიკის პირველი კანონის სახელითაა ცნობილი, თუმცა მისი პრაქტიკულ გაანგარიშებებში გამოყენება მეთად გართულებულია და, როგორც წესი, საინჟინრო შეფასებებისათვის იყენებენ ნახევრადემპირიულ დამოკიდებულებას ე.წ. „კვადრატული ფესვის დამოკიდებულებას“ შემდეგი სახით:

$$x = A\sqrt{t} \quad (3)$$

სადაც x კარბონირებული ფენის სიღრმეა, სმ;

t - დრო (წლები);

A - ემპირიული კოეფიციენტი (სმ/წელი^{0.5}).

მართლაც, კარბონიზაციის დროს ხდება ბეტონის 10-12%-ით გამკვრივება, ნახშირორჟანგის დიფუზიის სიჩქარე ბეტონის სიღრმეში გადაადგილებასთან ერთად მცირდება და დიფუზიის სიღრმე აღმოჩნდება დროიდან კვადრატული ფესვის პროპორციული.

ცხრილში 4 მოყვანილია A კოეფიციენტის მნიშვნელობები ბეტონის წყალი-ცემენტი თანაფარდობის მიხედვით, რომელიც მიღებულია სამამულო და უცხოელი მკვლევარების მონაცემთა დამუშავების შედეგად. კარბონიზაციის პროცესის ცნობილმა მკვლევარმა კ.კიშიტანიმ შემოგვთავაზა ემპირული ფორმულა, რომელიც ამყარებს დამოკიდებულებას სიღრმესა x (სმ) და კარბონიზაციის დროს t (წლები) შორის ისეთი ბეტონებისათვის, რომლებიც განსხვავდებიან წყალი-ცემენტის ფარდობით (როცა $V/C < 0.6$):

$$t = \sqrt{\frac{4.6V/C - 1.76}{7.2}} x^2 \quad (4)$$

მისი გარდაქმნით მივიღებთ (5) ფორმულაში A სიდიდის მნიშვნელობას:

$$A = \sqrt{\frac{4.6V/C - 1.76}{7.2}} \quad (5)$$

ბეტონში არმატურის კოროზიის განვითარების ანალიზი

საქართველოში რკინაბეტონის ხიდური კონსტრუქციების გამოკვლევის გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ბეტონის ზედაპირულ ფენაში ქლორიდ-იონების შემცველობა იშვიათად აღემატება ცემენტის მასის 1 %-ს. ამასთან, პროცესის დიფუზიური სტადია ხიდის ბეტონისათვის (როცა დამცავი ფენის სისქე 2-3სმ-ია) ჩვეულებრივ, გრძელდება არაუმეტეს 5-15 წლისა და მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული დამცავი ფენის სისქეზე.

- კოროზიის დაწყებიდან კოროზიული ბზარების გაჩენამდე პერიოდი. კოროზიის სიჩქარე მუდმივია ($t_{დას.კორ} - t_{გ.}$).

ბეტონის არმატურისწინა ფენაში ქლორიდ-იონების ზღურბლური კონცენტრაციის მიღწევის შემდეგ იწყება ფოლადის კოროზიის პროცესი. ამ დროს წარმოქმნილი რკინის უანგებისა და ჰიდროუანგების გავლენით ბეტონის დამცავ ფენაში აღიძვრება გამჭიმავი ძაბვები და გაჩნდება ერთი ან ორი ბზარი, რომლებიც მიმართულია არმატურის ღეროს გასწვრივ. ამ სტადიის ხანგრძლივობა, ჩვეულებრივ, 5-10 წელს შეადგენს (ინტერვალი $t_{გ.} - t$).

- 0.3 მმ და მეტად გახსნილი კოროზიული ბზარების გაჩენის შემდგომი პერიოდი.

იმის გამო, რომ აგრესიული გარემოს არმატურაში შეღწევა იოლდება, მისი კოროზიული ცვეთის სიჩქარე პროგრესულად იზრდება.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კოროზიის პროდუქტების მოცულობა კოროზირებული ლითონის მოცულობასთან შედარებით საშუალოდ 2.5-ჯერ იცვლება. ვითვალისწინებთ რა, რომ კოროზიის პროდუქტების წარმოქმნის პირობები შეზღუდულია, მივიღებთ:

$$S_{0K} = 2S_K \quad (6)$$

სადაც S_{0K} კოროზიის პროდუქტების კვეთის ფართობია; S_K - კოროზირებული ლითონის კვეთის ფართობი.

რასაც მივყავართ კოროზიის პროდუქტთა ფენის არმატურის ფაქტიური რადიუსის (r_{0K}) გადიდებასთან საწყის რადიუსთან r_0 შედარებით და მით უმეტეს შემცირებულ ეფექტურ კვეთასთან (r_K) შედარებით. არმატურაზე კოროზიის პროდუქტების წარმოქმნის

შედეგად ხდება მისი გამოწურვა უმცირესი წინააღმდეგობის მხარეზე, რასაც თან სდევს დამცავი ფენის განშრევა. ამასთან, არმატურის ღეროსზედა ბეტონის ფენა პრაქტიკულად არ დეფორმირდება.

განსახილვერით კოროზიის პროდუქტების ფენის კოროზირებული არმატურის კვეთის ზომები და დამცავი ფენის გამოწურვის სიდიდე.

ფორმულა (9) შეიძლება შემდეგი სახით წარმოვადგინოთ:

$$\pi(r_{0K}^2 - r_K^2) = 2\pi(r_0^2 - r_K^2)$$

აქედან $r_{0K}^2 = 2r_0^2 - r_K^2$

ჩავსვით $r_K = r_0 - \Delta$ (7)

სადაც Δ კოროზიის სიღრმეა.

მივიღებთ $r_{0K}^2 = 2r_0^2 - (r_0 - \Delta)^2 = (r_0 + \Delta)^2 - 2\Delta^2$

$$r_{0K} = \sqrt{(r_0 + \Delta)^2 - 2\Delta^2} \quad (8)$$

არმატურის კოროზიული მდგომარეობის ინსტრუმენტალური შეფასება ტარდება არმატურის ელექტროქიმიური პოტენციალების გაზომვის გზით. ეს ხერხი შეიძლება გამოვიყენოთ კონსტრუქციის შედარებით დიდი ფართობისა და სიგრძის მიხედვით უბნებისათვის და კოროზიული პროცესის ფაქტის შეფასებისათვის სრულიად კორექტულია. ხერხი საშუალებას გვაძლევს გამოვაგლინოთ კოროზიული პროცესების არსებობა მანადე, სანამ წარმოიქმნება ჟანგის ფენები და მოხდება ბეტონის დამცავი ფენის გაბზარვა.

ბეტონში კოროზიული აქტიურობის მაჩვენებელს წარმოადგენს მისი ელექტროქიმიური პოტენციალის მნიშვნელობა, რომელიც განისაზღვრება, როგორც გაღვანურ ელემენტში (შედარების სპილენძ-სულფატის ელექტროდი) აღძრული ელექტრომამოძრავებელი ძალის (ემძ) სიდიდე. ასეთ ელექტრულ წრედში ბეტონი ასრულებს ერთგვარი ელექტროლიტი-გამტარის როლს. არმატურის კოროზიული აქტივობის განსაზღვრისათვის ბეტონში ფოლადის პოტენციალების გაზომვა რეგლამენტირებულია რიგ საზღვარგარეთულ ქვეყნებში, მათ შორის აშშ-ს (ASTM C-876-91) და დიდი ბრიტანეთის (BS 1881, Part 201) სტანდარტებით. ბეტონისაგან დამზადებულ სამშენებლო კონსტრუქციებში არმატურის ღეროების კოროზიის არამრღვევი

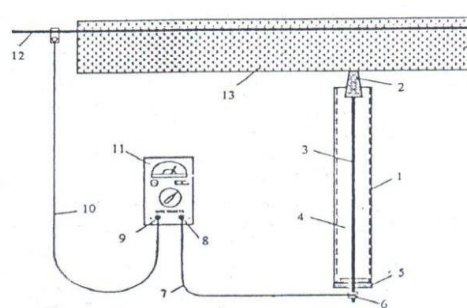
კონტროლისათვის გამოიყენება სხვადასხვა ხელსაწყოები და მოწყობილობები (CANIN, COLEBRAND, REBAR, CHECKER).

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ხიდებისა და გვირაბების კათედრაზე დამუშავებული ხელსაწყო (ნახ.3) შეიცავს შედარების სპილენძი-სულფატი ელექტროდს, შემაერთებელ გამტარებსა და გამზომ ხელსაწყოს. შედარების ელექტროდი წარმოადგენს დიელექტრიკისგან დამზადებულ ხისტ მილაკს (1), რომლის შიგა სივრცეში (4) მოთავსებულია სპილენძის ღერო (3). ელექტროდის მილაკის ერთი ბოლო დახურულია უბრალო სადებით (2), რომელსაც აქვს კაპილარულ-დიფუზიური გამტარობა, ხოლო მეორე – საცობით (5), რომელიც ზედაპირზე გამოყვანილია მომჭერიანი სპილენძის ელექტროდის ბოლოთი (6).

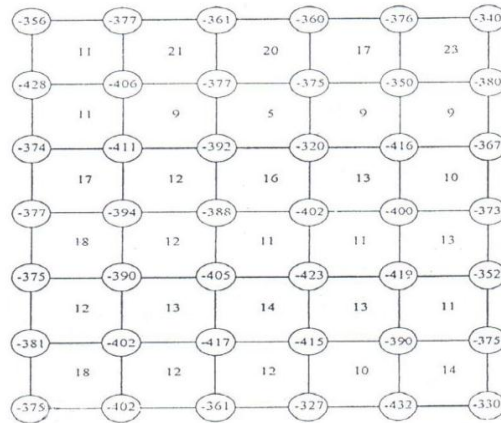
მილაკის შიგა სივრცე მთლიანად შევსებულია სპილენძის სულფატის გაჯერებული ხსნარით (შაბიამანი). ვოლტმეტრის უარყოფით კლემას (8) შემაერთებელი სადენით (7) აერთებენ შედარების ელექტროდთან, როლო დადებითს (9) – კონსტრუქციის არმატურასთან (11). პოტენციალის გაზომვა ხდება კონსტრუქციის ზედაპირზე ამორჩეულ წერტილებში შედარების ელექტროდის ბეტონის დატენიანებულ ზედაპირზე მოჭერით.

პოტენციალის მნიშვნელობა განისაზღვრება ვოლტმეტრით (11). თუ არმატურის პოტენციალი (-200) მვ-ზე მეტია, მაშინ 90% ალბათობით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ამ მომენტში გამოსაკვლევ უბანზე არმატურის კოროზია არ მიმდინარეობს.

თუ პოტენციალი (-350) მვ-ზე ნაკლებია, მაშინ 90% ალბათობით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ადგილი აქვს არმატურის კოროზიას. პოტენციალის შუალედური მნიშვნელობისას სიტუაცია გაურკვეველია.



ნახ. 3. ხელსაწყო კვ. სქემა კოროზიის შესაფასებლად



ნახ. 4. ბეტონის დამცავი ფენის ფართობისა და ელექტროპოტენციალის გაზომვის რიცხვთა ველი.

კონკრეტულ კონსტრუქციაში არმატურის მდგომარეობისა და პოტენციალის დონის შესაბამისობის დასაზუსტებლად (200)-დან (350 მგ-მდე) გაზომვის დიაპაზონში მიზანშეწონილია მოვახდინოთ არმატურის შერჩევითი გახსნა. თბილისი – სამგზავრო-სარკინიგზო სადგურის ტერიტორიაზე მდებარე ფეხითმოსიარულეთა გზაგამტარის გამოცდისას არმატურის კოროზიის ხარისხის დასადგენად ჩვენს მიერ გამოყენებული იყო ინგლისური ფორმა (ADVANCED ENGINEERING) აპარატურა.

არმირებული ფილის ზედაპირზე გამოიყო უბანი, რომლებზეც დატანილი იქნება ბადე 1-1.5 მ ბიჯით. გაზომვების შედეგებით მივუთითე რიცხვთა ველი (ნახ. 4). რიცხვთა ველში რგოლებში ჩაწერილი რიცხვები გვიჩვენებს აზომვის წერტილებში ელექტროპოტენციალის სიდიდეს მგ-ში, რომელთა მიხედვითაც განისაზღვრება კოროზიული პროცესის არსებობის ალბათობა (ნახ.5). რიცხვები უჯრედების ცენტრში გვიჩვენებს ბეტონის დამცავი ფენის სისქეს. რიცხვთა ველის მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დამცავი დაწეულია – ფენის სისქე მერყეობს S-23მმ-ის ფარგლებში, ხოლო კოროზიული პროცესების განვითარების ალბათობა 50%-ს აღემატება. გაზომვის შედეგების მიხედვით გაკეთდა დასკვნა მაღსაშენის კონსტრუქციის გადაუდებელი გაძლიერების აუცილებლობის შესახებ.

არმატურის კოროზიული ცვეთის გაანგარიშების ალგორითმი საწყისი მონაცემები.

საწყისი მონაცემები იყოფა ჯგუფურად :

- საპროექტო მახასიათებლები;
- შემთხვევითი დეგრადაციული პროცესების მახასიათებლები

გამოკვლევის შედეგების ნიხედვით;

- ალგორითმის პარამეტრები;

საპროექტო მახასიათებლები:

- კვეთის შემადგენლობა, მისი გეომეტრიული პარამეტრები;
- დამცავი ფენის საპროექტო სისქის (ანგარიშში მიიღება ქვემოდან და გვერდიდან სისქეების უმცირესი მნიშვნელობები);
- ბეტონის საპროექტო მარკა და მისი მარკა ყინვამდგობის მიხედვით.

გამოკვლევის მონაცემები:

- დამცავი ფენის სისქე;
- ბეტონის სიმტკიცე;
- კარბონიზაციის სისქე;
- ქლორიდების დიფუზია;
- ბეტონის ზედაპირული ფენის ყინულოვანი დაშლა (დასველებულ უბნებზე);

• არმატურის კოროზიის სიღრმე იმ უბნებზე სადაც კოროზიული ბზარები გახსნილია 0.3 მმ-ზე ნაკლებად და 0.3 მმ-ზე მეტად.

ალგორითმის პარამეტრები:

- შემთხვევითი პროცესებისა და ფუნქციების ჰისტოგრამათა ინტერვალები;
- პროცესებისა და ფუნქციების მაქსიმალური განსახილველი მნიშვნელობები;
- სხვადასხვა პარამეტრების განსაზღვრის სიზუსტე.

**რკინაბეტონის ხიდების დამახასიათებელი
დაზიანების ანალიზი ავტორის მიერ სისტემური
მიდგომის გამოკვლევის მეთოდოლოგიით**

1949 წ. თბილისის ტრანსპორტის ინჟინერთა ინსტიტუტში (ამჟამად სტუ) შეიქმნა ხიდსაცდელი სადგური, რომლის თანამშრომლებმაც მისი დაარსებიდან დღემდე გამოსცადეს 400-ზე მეტი ხიდი.

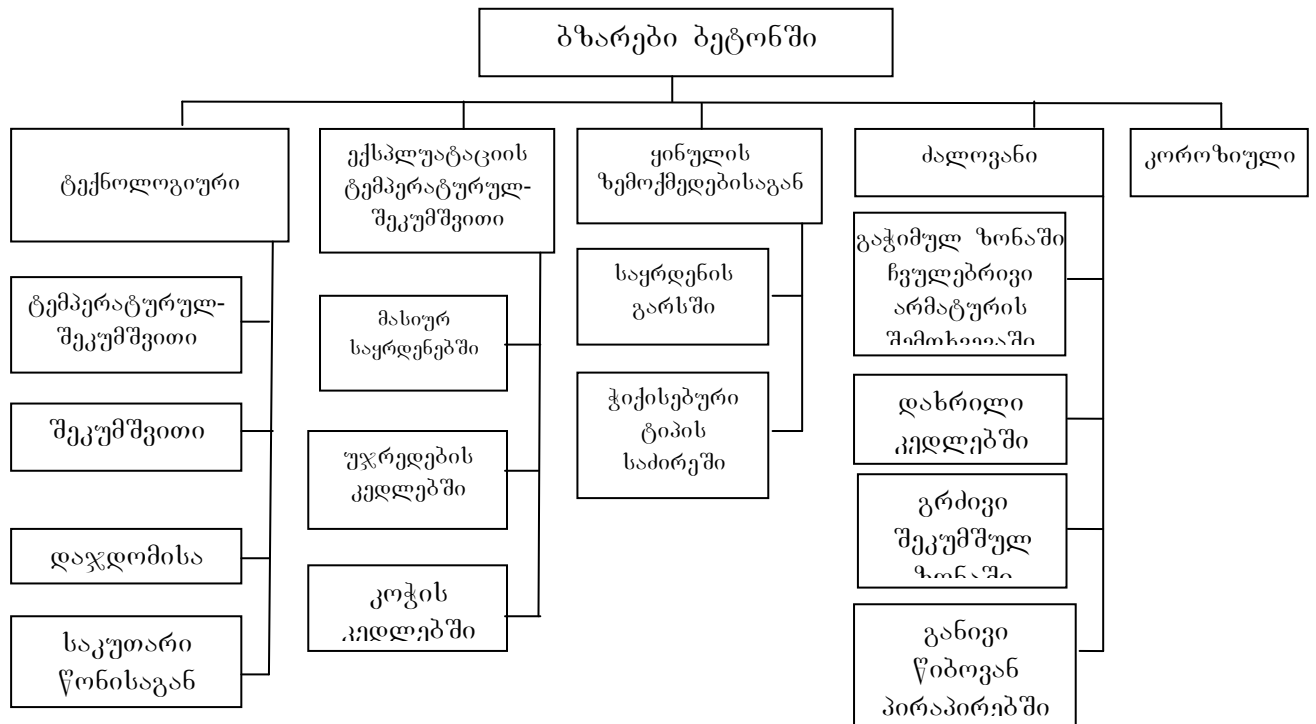
დაზიანებები რკინაბეტონში 80-90%-ით შეიძლება კვალიფიცირდებოდეს ბზარების გაჩენით. საერთოდ, ბზარების გაჩენა რკინაბეტონში ბუნებრივი და დასაშვები პროცესია, მაგრამ აუცილებელია, რომ ბზარების გახსნის სიღრმემ არ მიაღწიოს საშიშ ზღვრულ სიღრმეს.

რკინაბეტონში ბზარების წარმოშობა შეიძლება განპირობებული იყოს სხვადასხვა მიზეზებით. ბზარები შეიძლება იყოს სხვადასხვა სახიფათო ხარისხის, სიღრმის, სიგრძის და სიგანის. ვითარების სწორად შეფასებისათვის საჭიროა მათი სისტემური ანალიზი, რომელიც მოიცავს შემდეგს:

- ბზარების აღწერა, რომელშიც შედის მისი მდებარეობა, სიგრძე, სიღრმე და გახსნის სიგანე;
- ბზარების წარმოშობის სავარაუდო მიზეზი;
- პროგნოზი ბზარების შემდგომ განვითარებაზე;
- კონტრუქციისათვის ბზარების სახიფათო ხარისხზე დასკვნა;
- ბზარების შემცირებისათვის ან მათი კონსერვაციისათვის საჭირო ღონისძიებები.

რკინაბეტონის კონსტრუქციებში ბზარები შეიძლება წარმოიშვას ძირითადად ორი ფაქტორით: ბეტონის არასაკმარისი სიმტკიცე გაჭიმვაზე და მოქმედი ძალვის სიდიდით. თუკი ბეტონის სიმტკიცე გაჭიმვაზე მოცემული კლასის ბეტონისათვის მუდმივი სიდიდეა, მასზე მოქმედი გარე დატვირთვის სიდიდე ცვალებადია.

ბეტონის თანდათანობითი გამაგრების პროცესში აკვირდებიან ბზარებს, რომლებიც წარმოიქმნება ბეტონის თანდათანობითი გამაგრების სხვადასხვა სტადიაზე.



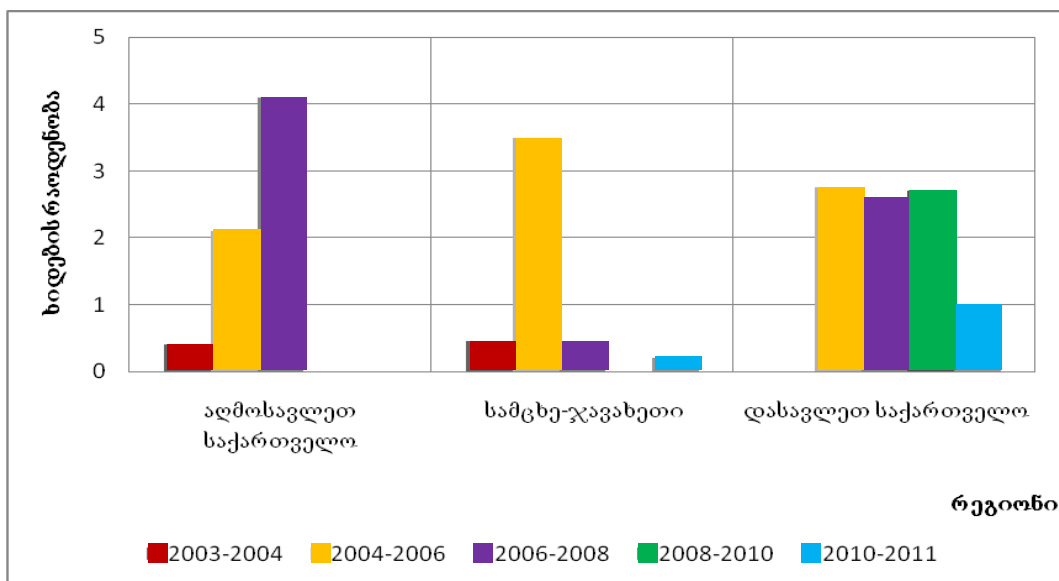
ნახ. 7. ბზარები ხიდურ კონსტრუქციებში

თუკი ბზარების სიდიდე 0.2-0.3 მმ-ია, აუცილებელია მათი ჰერმეტიზაცია ინექცირებით. იმ ადგილებში, სადაც დამცავი ფენა დარღვეულია, აუცილებელია მათი ჩამოშლა, არმატურის დამუშავება ანტიკოროზიული საშუალებებით და შემდგომ დამცავი ფენის აღდგენა.

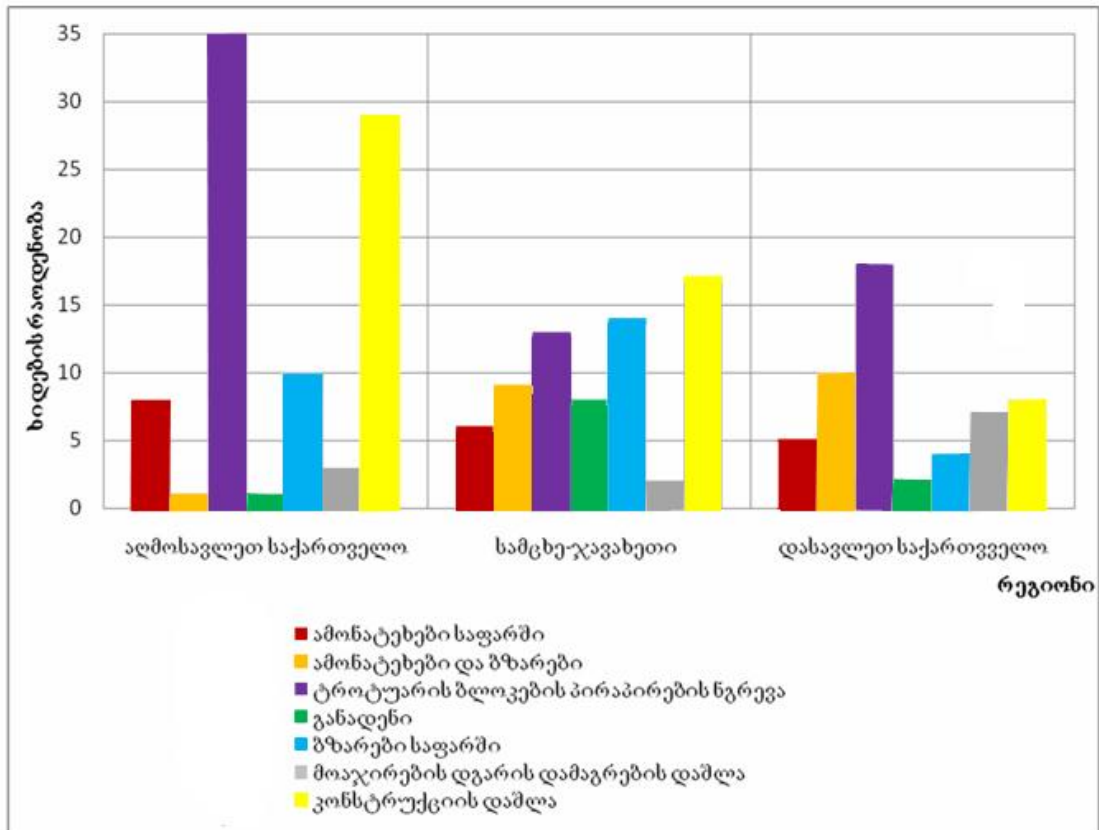
დასასრულს უნდა აღინიშნოს, რომ ბზარების გაჩენის მიზეზები, მათი კინემატიკა და მათი წარმოქმნის წინააღმდეგ ბრძოლის მეთოდები, ჯერ კიდევ ბოლომდე არ არის შესწავლილი და მოითხოვს შემდგომ სამეცნიერო კვლევას. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „ხიდსაცდელმა სადგურმა“ 2003-2011 წლებში ჩაატარა აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოში ასევე სამცხდე-ჯავახეთში საავტომობილო გზებზე სახიდე გადასასვლელების გამოკვლევა.

ხიდების უმეტესობა აგებულია მდ. მტკვარზე 70-იან, 80-იანი წლების დასაწყისში. დადგინდა, რომ ახალი ხიდების ძირითადი დაზიანებების მიზეზია მათი დაპროექტების ხარვეზები და კლიმატი (ნახ. 10-15). ჩატარებულმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ხიდების უმრავლესობა აგებულია XX საუკუნის 70-90-იან წლებში, ხოლო ნახევარზე მეტი 80-იანი წლების ბოლოს იმ კონსტრუქციების სანაცვლოდ, რომლებიც იმ დროისათვის ვერ აკმაყოფილებდნენ არსებული ნორმების მოთხოვნებს.

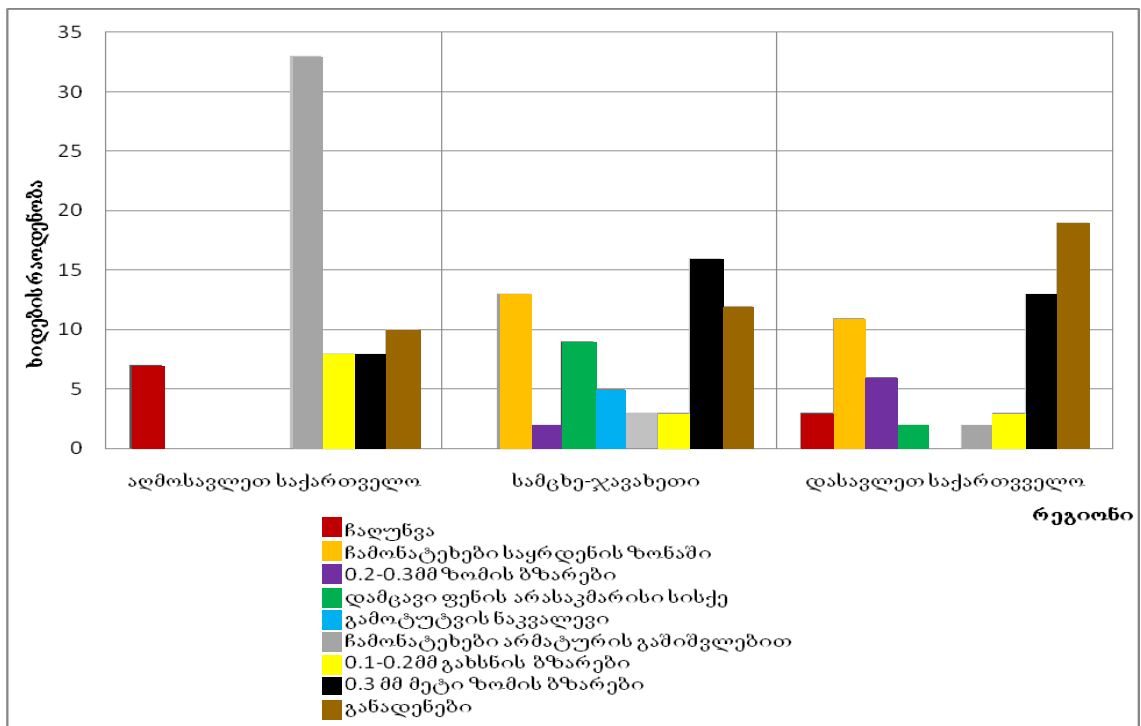
დღევანდელ პირობებში მხოლოდ იმ ხიდების გამოცდა ხდება, რომლებიც ავარიულ მდგომარეობაშია. ხიდების უმრავლესობის სავალ ნაწილს აღენიშნება ფენილის (საფარის) დაზიანებები სადეფორმაციო ნაკერების ადგილებში. ხიდების თითქმის 80% შემთხვევაში სადეფორმაციო ნაკერები დაფარულია ასფალტობეტონით. დაზიანების შემდგომი გავრცელებული სახეა ტროტუარის ბლოკების კიდების რღვევა. ამის ძირითადი მიზეზია წყალაცილების სისტემების გატარება ტროტუარის ბლოკის ქვეშ. როგორც წესი, ეს თავისთავად ზემოქმედებს მასზე. როგორც შუალედური, ისე სანაპირო ბურჯების დაზიანების მიზეზი ხშირად არის საძირკვლის ფუძის არასაკმარისი გამოკვლევები და საპროექტო გადაწყვეტილება, ასევე სანაპირო ბურჯების კონუსის დაპროექტებაში დაშვებული ნაკლოვანებები. გამოკვლეული ხიდების თითქმის 50%-ში საჭიროა რეზინის საყრდენი ნაწილის შეცვლა, რადგან დროთა განმავლობაში ხდებოდა მათი დეფორმირება, დაბზარვა და ფენებად დაშლა. ხიდების გარკვეულ ნაწილში შეინიშნება კონუსის გამაგრების კონსტრუქციის მწყობრიდან გამოსვლა. ყოველივე ამის გამო ზოგიერთ მათგანში აღინიშნება გადასასვლელი ფილების ქვეშ სიცარიელები. ასევე შემჩნეულია ზოგიერთ მათგანში ფილების საყრდენი წოლანას ჯდენა საპროექტო ნიშნულის ქვეშ. ხიდების მცირე ნაწილს აღენიშნება სანაპირო ბურჯებთან ყრილის კონუსის მოშლა და გამოიყენებიან, როგორც საყრდენი ბოძები, რაც დიდ საშიშროებას უქმნის მათ ფუნდამენტს წყლით დაზიანების შემთხვევაში.



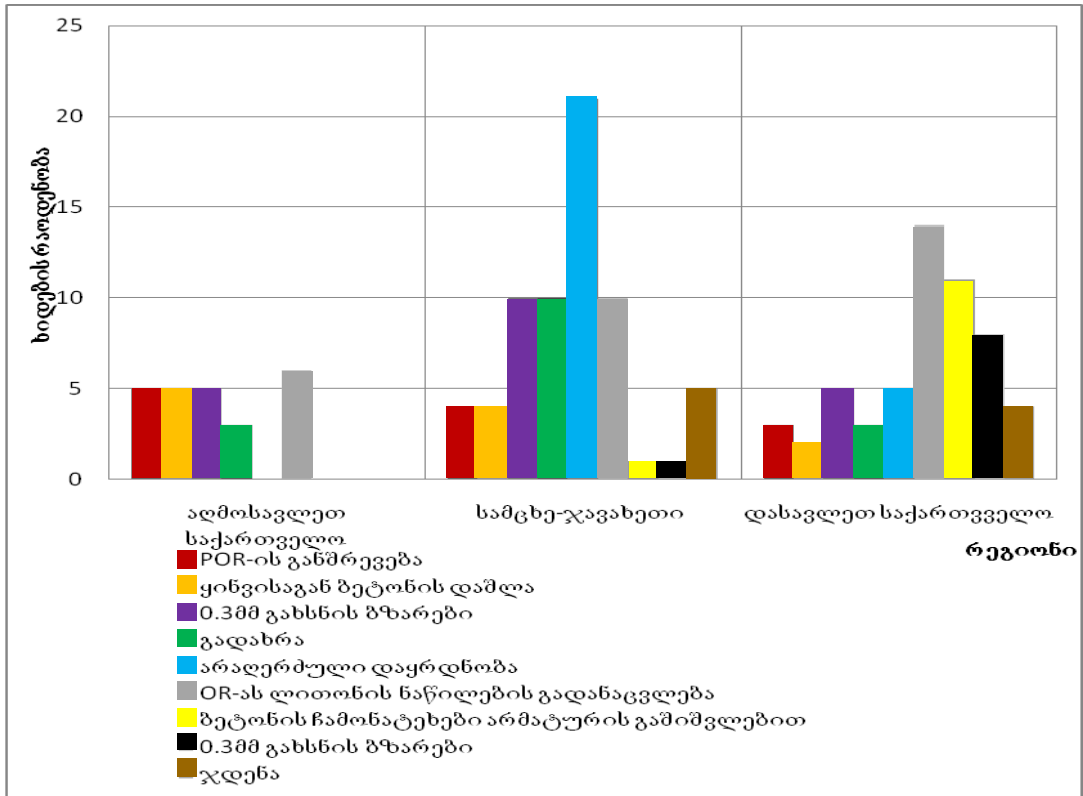
ნახ. 8. რაიონების მიხედვით გამოკვლეული ხიდების ხნოვანების მანუვლებლები



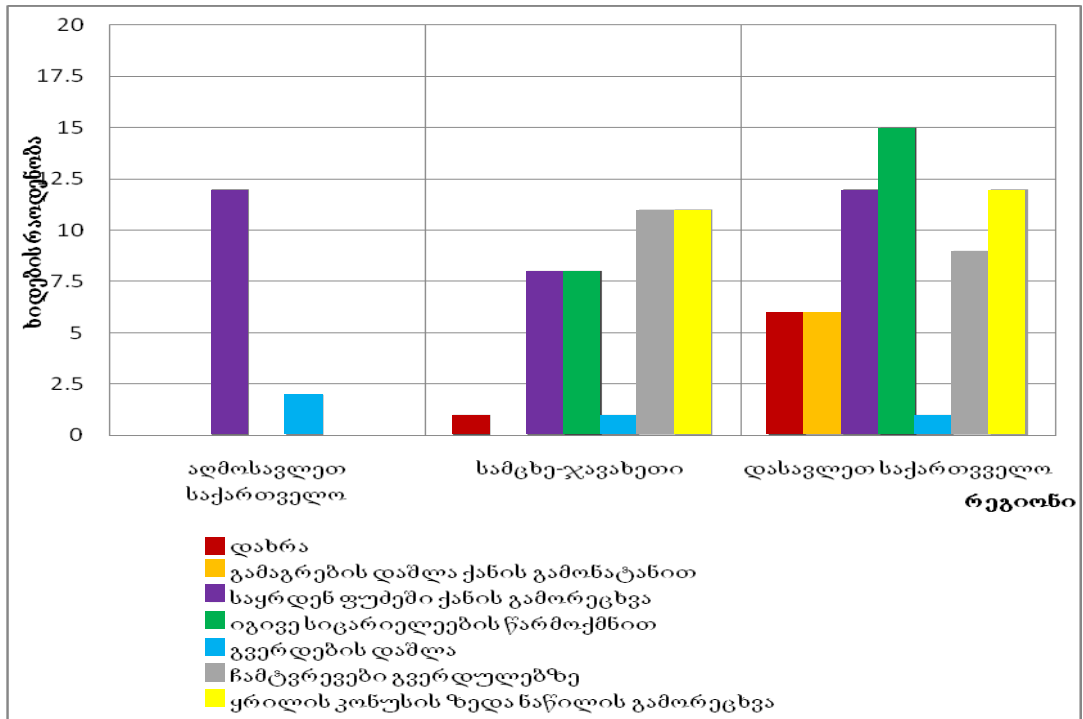
ნახ.9. ხიდის საგზაო ფენის დეფექტები და დაზიანებანი



ნახ. 10. მალის ნაშენის დეფექტები და დაზიანებანი



ნახ. 11. ბურჯებისა და საყრდენი ნაწილების დეფექტები და დაზიანებანი.



ნახ. 12. ნაგებობასთან მისასვლელელების დეფექტები და დაზიანებანი

ხიდური კონსტრუქციების ნატურული გამოცდა

გამოცდის პროგრამის შედგენამდე უნდა ჩატარდეს სივრცითი ანგარიში საცდელ დატვირთვაზე და მისი შედეგებით საკმარისად ზუსტად განისაზღვრება საცდელი დატვირთვის წილი ნორმატიულ დატვირთვაში. ნორმატიული დატვირთვისაგან გამოწვეული მონაცემები ძაღვების შესახებ მოწოდებული უნდა იქნას საპროექტო ორგანიზაციის მიერ. გამოცდის შემდეგ საჭიროა მისი გაანგარიშება.

მოქმედი ნორმებით საცდელი დატვირთვის სიდიდე ნორმატიული დროებითი ვერტიკალური დატვირთვისთვის, რომელიც აღებულია დინამიკური კოეფიციენტით, მიიღება 70-100%-ის საზღვრებში. გაგაანალიზოთ აღნიშნული საზღვრები. მისაღები გამოცდის დროს საცდელი დატვირთვის მინიმალურმა ზომამ უნდა უზრუნველყოს მონტაჟისა და დამზადების იმ ფარული დეფექტების გამოვლენა, რომელთა აღმოჩენა ან საიმედოდ შეფასება ვერ მოხერხდა გამოკვლევის პროცესში.

ნებისმიერი გამოცდა, წინასწარი გამოკვლევის დიდი გულმოდგინების მიუხედავად, ინარჩუნებს რისკის გარკვეულ დოზას და ეს უნდა იქნეს გათვალისწინებული. ხიდის გამოცდისთვის СНиП-ში გათვალისწინებულია ყველა შესაძლო ზომები ავარიული სიტუაციის წარმოქმნისა და ჩამონგრევის რისკების თავიდან ასაცილებლად. ამ დოკუმენტის მიხედვით გამოცდა უნდა ჩატარონ სპეციალურმა ხიდსაცდელმა ორგანიზაციებმა; გამოცდის წინ ხდება ხიდის საფუძვლიანი გამოკვლევა; დატვირთვა არ უნდა იყოს მეტისმეტად დიდი, ამიტომ მისი ზომები შეზღუდულია; სახიფათო სიმპტომების გაჩენის შემთხვევაში გათვალისწინებულია უსაფრთხოების ზომები და ა.შ.

ხიდების გამოცდა განსხვავდება სხვა კონსტრუქციების გამოცდისაგან, ხიდებისათვის დიდი დატვირთვის გამოყენება შეუძლებელია და ამიტომ მარაგის შეფასება ძირითადად ანალიზური გზით ხდება დატვირთვის ქვეშ მათი მდგომარეობისა და მუშაობის შესწავლის საფუძველზე. ხიდის გამოცდა ხდება სტატიკურ და დინამიკურ დატვირთვაზე. როგორც წესი, დინამიკური გამოცდებისათვის ხიდზე სხვადასხვა სიჩქარით გაატარებენ ერთ, ან

ერთრიგად განლაგებულ ორ დატვირთულ ავტომობილს. არათანაბრობის იმიტაციისათვის გასავლელის ნაწილი წარმოადგენს 30-50 მმ სიმაღლის დაფებს, რომლებიც განლაგებულია მაღლის ნაშენის რხევების მარეგისტრირებელი ხელსაწყოების თავზე.

ავტომობილების ხიდზე გავლისას და მათი ხიდიდან გადასვლიდან გარკვეული დროის შემდეგ ჩაიწერენ მისი მზიდი ელემენტების ჩაღუნვისა და ძაბვების დიაგრამებს. არ შეიძლება გამოვიყენოთ სავალი ნაწილისა და კავშირის ელემენტების რხევის დიაგრამები, რადგან მათი ხასიათი და მათზე დატვირთვის ზემოქმედება განსხვავდება მაღლის ნაშენის ანალოგიური ფაქტორებისაგან. ათწლეულების მანძილზე და დღემდე ნორმატიული დოკუმენტებით რეგლამენტირებულია მაღლის ნაშენის ორი დინამიკური მახასიათებელი:

- დინამიკური კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მოძრავი დატვირთვის დინამიკური ზემოქმედების გადამეტებას სტატისტიკურთან შედარებით;

- მაღლის ნაშენის კუთრი რხევების პერიოდები დატვირთვის გარეშე.

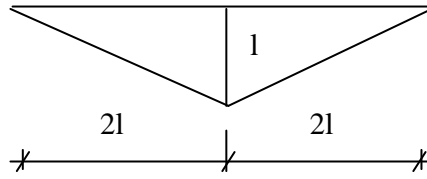
ამ სამუშაოში ჩვენ არ შევჩერდებით მითითებული მახასიათებლების ნორმატიულ მნიშვნელობაზე. ეს ფართო და ღრმა კვლევის საგანია. სამწუხაროდ, საავტომობილო ხიდებისათვის ასეთი კვლევები დინამიკური კოეფიციენტის ნაწილში არ ჩატარებულა 30-იანი წლებიდან, ხოლო კუთრი რხევის პერიოდის ნაწილში – თითქმის 70-იანი წლებიდან. ახალი ან რეკონსტრუირებული ხიდების მიღების დროს დინამიკური გამოცდების მთავარი მიზანია მითითებული მახასიათებლების ფაქტობრივი მნიშვნელობის მოთხოვნილ ნორმებთან შესაბამისობის შემოწმება.

ქვემოთ მოყვანილია საცდელი დატვირთვის შერჩევის მაგალითი 420 მ სიგრძის უჭრი მაღლის ნაშენის ხიდის მისაღები გამოცდისათვის.

მაგალითი: მაღლი 42მ, მოძრაობის 2 ზოლი.

მიღებულია თანაფარდობანი განივი გადაცემის კოეფიციენტებს შორის პირველი და მეორე ზოლების დატვირთვის მიხედვით

$$K_1 : K_2 = 1 : 0.5$$



ნახ. 14. გავლენის წირი

ძალეები A11 დატვირთვისათვის:

$$S_{A11} = (1 + \mu) \cdot (S_{sb.} + S_q)$$

$$S_{sb.} = 11 \cdot \left(1 + \frac{18.5}{21}\right) \cdot (1.0 + 0.5) = 31.0 \text{ ტ}$$

$$S_q = 1.1 \cdot 21 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 0.5) = 30.0 \text{ ტ}$$

$$1 + \mu = 1 + \frac{15}{37.5 + \lambda} = 1 + \frac{15}{37.5 + 42} = 1.19$$

$$S_{A11} = 1.19 \cdot (31.0 + 30.0) = 72.6 \text{ ტ}$$

საცდელ დატვირთვას წარმოადგენს Kamaz-5511 ავტოთვიომცლელების კოლონა, სრული წონით თითოეული 20ტ (ავტომობილის სიმძიმის ცენტრი პრაქტიკულად ემთხვევა შუა ღერძს). ამ შემთხვევაში ძალები იქნება:

ა) 3 ავტომობილი; ერთსახელა ღერძებს შორის ინტერვალი – 10მ:

$$S_{საც.} = 20 \cdot \left(1 + 2 \times \frac{11}{21}\right) \cdot (1 + 0.5) = 61.4 \text{ ტ}$$

$$\frac{S_{საც.}}{S_{A11}} = \frac{61.4}{72.6} = 0.85$$

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია საცდელი დატვირთვის მარტივი ექსპრეს-მეთოდიკა არ საჭიროებს რთულ კომპიუტერულ გაანგარიშებებს. ეს მეთოდიკა დაფუძნებულია მოცემული შემთხვევისათვის სრულიად კორექტულ დაშვებებზე.

რადგან, ამოცანა შეადგენს საცდელი და ნორმატიული დატვირთვების შედარებას, შეიძლება მივიღოთ ორივე დატვირთვისათვის ერთნაირი გამარტივებანი და ეს პრაქტიკულად არ შეცვლის მათ თანაფარდობას. კერძოდ:

- როგორც გამჭოლი, ისე უჭრი კონსტრუქციებისათვის მღუნავ მომენტზე საცდელი დატვირთვის შერჩევასა გაველენის წირის მოხაზულობა დაისახება სწორხაზოვანი სამკუთხედის სახით (ნახ. 16);

- გაველენის წირის სამკუთხედის სიმაღლის ორდინატა ერთის ტოლი აიღება;

$S_{გაშ.}$ - საცდელი ავტომობილის ხიდზე გაველისაგან გამოწვეული გაზომილი სტატისტიკური ღუნვა (ძაბვა);

$S_{ნორ.}$ - ნორმატიული დატვირთვით გამოწვეული სტატიკური ღუნვის (ძაბვის) შესაბამისი მნიშვნელობა.

დასკვნები

1. განხორციელებულია არმატურისა და ბეტონის ნორმირებული საანგარიშო წინაღობების კორექტირება საქართველოში მოქმედი ხიდური ნაგებობების სამშენებლო ნორმების და საიმედოობის დაახლოების მიზნით დასავლეთის ქვეყნების ნორმებთან.

ეს განაპირობებს პერსპექტივას ჩვენი ქვეყნის ეკონომიკისათვის შედარებით უმტკივნეულო „საქართველოს ხიდური მეურნეობის ჩართვას ევროკავშირში“ და მისი მომავალი სტანდარტების სიაში, მათ შორის ყველაზე რეალურად მიგვაჩნია ევროკოდების შემდგომი დამუშავება.

2. ნატურული გამოკვლევების მონაცემების საფუძველზე დამუშავებულია რკინაბეტონის ხიდური კონსტრუქციების ნარჩენი რესურსის შეფასების მეთოდოლოგია მისი საიმედო მუშაობის ვადის დასადგენად. მეთოდოლოგია განიხილავს ბეტონის კარბონიზაციას, ბეტონში ქლორიდ-იონების დიფუზიას, არმატურის კოროზიას, როგორც შემთხვევით პროცესს, ხოლო დამცავი დენის სისქეს, როგორც შემთხვევით სიდიდეს.

3. დამუშავებულია არმატურის კოროზიული ცვეთის პროცესის ალგორითმი, რომლის საფუძველზე შესაძლებელია კომპიუტერული პროგრამის დამუშავება.

4. დამუშავებულია ხიდური კონსტრუქციების ხანმედგობის მეთოდოლოგია ალბათური მეთოდის მიდგომით, რომელიც ემყარება კონკრეტულ ხიდურ ნაგებობას და არსებულ თეორიულ გამოცდილებას, რომელიც იძლევა კონსტრუქციის საიმედო მუშაობის ფიზიკური ვადის განსაზღვრის საშუალებას, მოცემული უზრუნველყოფით. მოცემულია ხიდური კონსტრუქციების ხანმედგობის განმსაზღვრელი კრიტერიუმები, რომლებიც ეფუძნება ევროკოდების რეკომენდაციებს.

5. დასაბუთებულია საიმედოობის თეორიის დებულებების გავრცელება ისეთ მცირე სერიულ და უნიკალურ ნაგებობებზე, როგორცაა ხიდური კონსტრუქციები. ფორმირებულია საიმედოობის კოეფიციენტის ცნება, მისადაგი ხიდური ნაგებობებისათვის. შესრულებულია არმატურისა და ბეტონის ნორმირებული საანგარიშო წინაღობის კორექტირება და მისი დაკავშირება საიმედოობის ნორმირებულ დონეებთან პროგრნოზირებადი მდგომარეობის ნაცვლად.

6. ხიდების კონსტრუქციების ნატურული გამოკვლევისადმი სისტემური მეთოდოლოგიის გამოყენებით ჩატარებულია რკინაბეტონის ხიდური ნაგებობების დამახასიათებელი დეფექტების და დაზიანების ანალიზი. გამოკვლევის შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც ნატურული გამოკვლევის პროცესში და შეფასებისათვის, აგრეთვე ხიდური კონსტრუქციების ნორმირებისა და პროექტირებისთვისაც.

7. დადგენილია, რომ დეფექტები და დაზიანებები უფრო მეტ გავლენას ახდენენ ხანმედევობაზე, ვიდრე უსაფრთხოებაზე.

მოცემულია ხიდების ანაკრები კონსტრუქციის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი შეფასება, რომლებიც გავლენას ახდენენ მათი ხანმედევობის დაქვეითებაზე.

დისერტაციის თემასთან დაკავშირებული პუბლიკაციები

1. თ. ჭურაძე, გ. დათუკიშვილი, ბ. მაისურაძე, ბ. ჭიღვარია. გზების ხიდებისა და გვირაბების მშენებლობის სახარჯთაღრიცხვო ღირებულების განსაზღვრის რესურსული მეთოდი // საქართველოს საავტომობილო-საგზაო ინსტიტუტის შრომების კრებული №4, თბილისი, 2009, გვ. 41-43.
2. T. Churadze, M. Maisuradze, N. Maisuradze, B. Chigvaria. To problem of estimation of degradation processes in concrete and bridge structures reinforcement//Problems of Mechanics №2(35), Tbilisi, 2009, p.58-66.
3. Б. Чигвария. Современное состояние и перспективы отечественного метростроения // Транспорт №3-4, Тбилиси, 2010, стр. 40-41.
4. Ю. Словинский, Г. Датукишвили, Б. Маисурадзе, И. Утмелидзе, Г. Цулукидзе, Б. Чигвария. Испытание железобетонной предварительно напряженной балки пролетного строения автодорожного моста // Транспорт №3-4, Тбилиси, 2010, стр. 41-44.
5. ბ. ჭიღვარია. რკინაბეტონის ხიდების გაანგარიშების საზღვარგარეთული ნორმების ანალიზი// მეცნიერება და ტექნოლოგიები. №1-3, თბილისი, 2011, გვ. 81-83.

SUMMARY

The current state of motor transport is characterized by rapid development of vehicles, consistent growth of cargo transportation volume, traffic of more heavy trucks and trailers in domestic and international motor transport roads. Such state is typical for Georgia as well as for the rest of world.

After attainment of independence building Georgia, the country has turned into the basic link in connecting Europe - Asia transport corridor due achieving the transit function. This circumstance was further exacerbated the generally characterizing for worldwide motor transport development problems.

At the same time by taking into account the state of bridges in Georgia, would be mentioned the circumstance that located on the Georgia motor roads and currently being in operation bridges and other structures are designed or reconstructed in accordance with former Soviet Union norms SN 200-62 and SNiP 2.05.03-84 and are calculated on stipulated by these norms transport loading, whereas as is testified by the worldwide practice, almost every 20-25 years would be revised the rules to satisfy the increasing capacities of transportation vehicles facilities.

Due the taking into account that bridges represents the expensive structures, it is important to prolong the period of their operation. At present, this term for reinforced concrete bridges, that makes up the most part of bridge on motor roads, in fact, is limited as 30-40 years, i.e., more than 90% of currently being in operation on Georgia motor roads bridges achieved the edge of operation term's termination that is confirmed building results of carried out in Georgia in the last decades bridges investigations and tests.

For durability of bridges as one of the crucial factor represents the designing of loading bearing structure of bridge on actual load, including the temporary moving load that are moving on accordingly motor roads, however, should be taken into account the long-term growth of this loading.

Preceding from the all above mentioned follows the necessity of revising determining accordingly of recently acting in Georgia construction standards the temporary moving load and the necessity of selection of the relevant parameters with taking into account the proper development of road transport perspectives.

In the work are considered the issues that gives the possibility to evaluate the level of reliability of decisions making, the probability of their realization, made the calculated forecasting of reinforced concrete bridge structures service life by taking into account their physical condition.

In the dissertation work:

- Is grounded the strategy of bridge structures standards perfection with taking into account the experience of foreign countries;
- Is carried out the analysis of reinforced concrete bridge structures characterized defects and damages that would be applied in specific bridges full-scale investigation and its further operation for evaluation and identification of these damages as well as in the process of bridge structures standardization and design.

The methodology of carried out research is based on rational matching of mathematical modeling and full-scale observations data.