

შენობა-ნაგებობების მონიტორინგის სისტემების
ანალიზი

მ. ჟიჰაროშვილი, შ. კოკუაშვილი, ნ. ტაბატაძე, მ. ვარდიანი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მ. კოსტავას ქ. 72, 0175 თბილისი,
საქართველო)

რეზიუმე: ნაშრომში გაანალიზებულია შენობა-ნაგებობების მონიტორინგის არსებული სისტემები, რომელთა ანალიზით გამოვლინდა სამუშაო პირობება მონიტორინგის კომპლექსური ტექნოლოგიის შემუშავება სამი ხაზით: ინფორმაციული მოდელირების, სასრულ-ვლემენტთა მოდელირების და თეორიული და ექსპერიმენტული ანალიზის.

საკვანძო სიტყვები: შენობა-ნაგებობა, მონიტორინგი, ინფორმაციული მოდელირება, სასრულ-ვლემენტთა მოდელირება.

1. შესავალი

მონიტორინგის ცნება მკვიდრია დაკავშირებული გამოკვლევის ცნებასთან. თანახმად СП 13-102-2003-ისა [1] გამოკვლევა ესაა უწყვეტ მნიშვნელობის კონტროლირებადი პარამეტრების შეფასების დონისხილებების კომპლექსი, რომლებიც ახასიათებს საექსპლუატაციო მდგომარეობას, გამოკვლევა ატარებს პერიოდულ ხასიათს. განსხვავებით გამოკვლევისაგან მონიტორინგი ატარებს სტაციონალურ ხასიათს. თანახმად ГОСТ 53778-2010 [2] მონიტორინგი-ესაა სისტემა დაკვირვებებისა და კონტროლის იმ ობიექტების გამოსაყენად, რომლებსაც მოხდა დაბნულ-დეფორმირებული მდგომარეობის მნიშვნელოვანი ცვლილებები, და რომლებსთვისაც აუცილებელია ტექნიკური მდგომარეობის გამოკვლევა. ახე რომ, გამოკვლევა და მონიტორინგი – ესაა ორი პარალელური ურთიერთამატიებით პროცესი, რომელიც უზრუნველყოფს უსაფრთხო ექსპლოატაციას (ნახ. 1).

მონიტორინგი ისევე როგორც გამოკვლევა, გვთავაზობს კონტროლირებადი პარამეტრების განსახედრებას და შეფასებას, რომლებშიც შედის:

1. სტატისკური მახასიათებლები

- მასალების თვისებები
- დეფორმაცია
- გადაადგილება (დაწევა, ჩაღუნვა, დახრა და სხვა)

2. დინამიკური მახასიათებლები

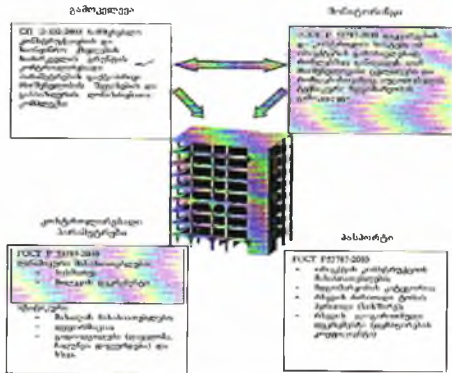
- ხისშირე
- მიღების დეტრემენტუ (დეფორმირების კოეფიციენტი) და სხვა.

მონიტორინგის ჩატარებისთვის უფრო მეტი პოპულარობით სარგებლობს ავტომატიზირებული მონიტორინგის სისტემები.

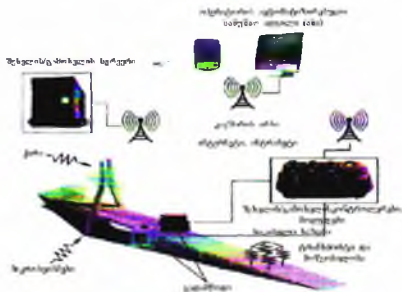
2. პირითაღი ნაწილი

თანახმად [3]-ისა მონიტორინგის სისტემას უნდა აქონდეს მრავალდონიანი იერარქიული სტრუქტურა, რომელიც შედგება შემდეგი დონებისგან (ნახ. 2):

- დონე 1. სტრუქტურირებული ინფორმაციული საკაბელო სისტემა;
- დონე 2. პირველადი გარდამქმნელები;
- დონე 3. ინფორმაციის შეგროვების მაკონტროლებლები;
- დონე 4. შეყვანა/გამოყვანის სერვერები;
- დონე 5. დისპენერების ავტომატიზირებული სამუშაო ადგილები.



ნახ. 1. სარეგულირებელი მოწყობის დაგეგმვა და მონიტორინგი



ნახ. 2 სამეცნიერო კონტროლირებადი მონიტორინგის სისტემის სერვობრული სტრუქტურა

მონიტორინგის სისტემების პირველი დონე ფორმირებულია სტრუქტურირებული ინფორმაციული საკაბელო სისტემით, განხორციელებული კავშირის მეშვეობით. მონიტორინგის სისტემები ელემენტების კვება სამშენებლო ობიექტებზე, როგორც წესი ხორციელდება ხაზური საკაბელო სისტემებით.

მეორე დონე შედგება პირველადი ხენსორებით რომლებიც დაყენებულია კონსტრუქციების ელემენტზე. ხენსორები აფიქსირებენ ცვლილებებს კონსტრუქციების საკონტროლო პარამეტრებს (დეფორმაცია, ანქარება, დახრა და ა.შ.) და ფორმირებენ ანალოგიურ სიგნალს, რომელიც გადაეცემა შესაბამის ელემენტებს – რომლებიც აკონტროლებენ ინფორმაციის შეკრებას (მეორადი გარდაამქნელი). კონტროლიორები ასრულებენ ანალოგიური სიგნალის გარდაამქნას ციფრულ სიგნალში და გადაეცემენ გარდაამქნილ სიგნალს შეყვანა/გამოყვანის სერვერზე კონტროლიორებს შეუძლიათ შეინახონ შეკრებილი მონაცემები და შეასრუდონ მონაცემების ანალიზი. უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობენ ინტელექტუალური ხენსორები, რომლებიც თავის თავში ათავსებენ პირველად და მეორად გადაამყვანებს. მონიტორინგის სისტემაში გამოიყენება დია სტანდარტული ციფრული პერიფერიის პროცესორი.

მეოთხე დონე მოიცავს შეყვანა/გამოყვანის სერვერს, რომელზეც დაყენებულია უხრუნველყოფის პროგრამა. სერვერი ასრულებს შეკრებილი მონაცემების შენახვის და ანალიზის ფუნქციას.

მეხუთე დონე მონიტორინგის სისტემები შეიცავს ჩამუშაო ადგილებს დისპეტერებისათვის ან ოპერატორებისათვის, რომლებიც საშუალებას აძლევს მონიტორინგის სისტემის პერსონალს მიიღოს ოპერატიული დაშვება ინფორმაციასთან ობიექტის მდგომარეობის შესახებ. ოპერატიული გადაწყვეტილების მიხედვად.

მონიტორინგის სისტემას უნდა აქონდეს დია რეაქტიურობა რომელიც უნდა დაეშვას შემთავიმი გაფართოება, როგორც რეაქტიურობა მონიტორინგის ობიექტებისა, ისე სისტემების ფუნქციების რეაქტიურობა და ასევე ინტეგრაციის საშუალება მისცეს მონიტორინგის და მართვის სხვა სისტემებთან.

ფუნქციონალური შეხიდილებლობების და კონტროლირებადი პარამეტრების ტიპის მიხედვით მონიტორინგის სისტემები გაყოფილია ორ კლასად: სტატიკური და დინამიკური. სტატიკური მონიტორინგის სისტემები ზომავენ პარამეტრებს ნულა (ვვალდება დროში (ტემპერატურა, წაღწევა, დახრა, დაწვეა, კონტაქტური ძაბვა ფუნდამენტის ძირში) და დინამიკური მონიტორინგის სისტემები ზომავენ დროში სწრაფად (ვვალდება პარამეტრებს (ანქარება, რხევის ხინქარე).

დღევანდელ დღეს მონიტორინგის სისტემის შემუშავებაში გამოიყენება ჩამი ტექნოლოგიური პლატფორმა. პირველი, ეყვლება სხვადასხვა ხენსორების გამოყენებას, რომელიც საფუნიანი კავშირის მეშვეობით გადასცემს გაზომვების მონაცემებს; მეორე დამატებითადა რთავს გაზომვების მონაცემთა დაგროვების და აგტობატური დამუშავების სერვერებს ნორმირებული პარამეტრების (წაღწევა, დახრა, დეფორმაცია) ავტომატური კონტროლირება ინფორმაციის გადაწოდებით კაბელური ან უკაბელო კავშირით მონიტორინგის უკაბელო სისტემები და შესაბამ. დამატებითი რომელსაც აქვს უნარი გადაწყვეტილების მიღების კონსტრუქციის ტექნიკური მდგომარეობის შესახებ, დაფუძნებით მათემატიკურ და ფიზიკურ მოდელებზე (მონიტორინგის სისტემა ხიდების მდგომარეობაზე; მოცემული მონიტორინგის სისტემა ხიდების მდგომარეობაზე ახდენს ბაგირების რხევის ანქარების გაზომვას. გაზომილი სექტრის გამოსხაურებით გამოითვლება მათემატიკური მოდელის პარამეტრები. პარამეტრებში იგულისხმება გაღწევის

ხისხსტე და ბაგირის დაჭიმვის ძალა [4]. ბაგირის დაჭიმვის ხიდით განისაზღვრება ხიდის კონსტრუქციის უსაფრთხო ექსპლუატაცია.

სტატიკური მონიტორინგის სფეროში საჭიროა აღინიშნოს ნაშრომი [5]. მოცემული ნაშრომი ეძღვნება შენობებისა და ნაგებობების შიდა კონსტრუქციების დამაბჯნე-დეფორმირებელი მდგომარეობის შეფასების საკითხებს მათი ტექნიკური მდგომარეობის მონიტორინგის ნატარებისას. მდგომარეობის შეფასებისთვის შემუშავებულია მონიტორინგის ხისტემა, რომელიც მოიცავს შემუშავებულ მეთოდებს ავტომატიზირებულ გეოდეზურ აზომებს კონსტრუქციების ვერტიკლების გადაადგილების დასაფიქსირებლად. ნაშრომ [6]-ში შემოთავაზებულია გამოყენებით ამორწყობის გამოკვლევები, სივრცულ-საკოორდინატო (სს) აზომები, სასრულ ელემენტთა ანალიზი (სე) კონსტრუქციის დასაბუდე-დეფორმირებულ მდგომარეობის აზომების შედეგების მიხედვით (ნახ. 3).

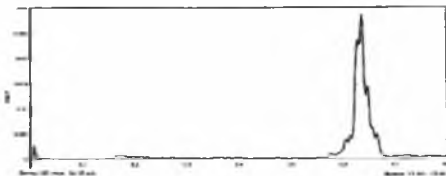


ნახ. 3. სს და სე ნაგებობის მოდელები

სტატიკური მონიტორინგის ხისტემის მაკალითაჲ შეიძლება მოყიყენათ ხისტემა, რომელიც აღწერილია ნაშრომში [7] მოცემული მონიტორინგის ხისტემა ახრულებს აზომებს გრუნტის წნევის, ბეტონის დეფორმაციის და ძაღვის არმატურის ღეროებში. მოცემული ხისტემის გამოყენების აუცილებლობა იყო გამოაწყველი დაწკეისა და ფახრის ხანგაობის და ფაქტური მინშენულობების სხვაობით. ხამი მრავალსართულიანი შენობის მონიტორინგის შედეგებმა ქ. კიევი ახეუნა, რომ მიყედი შემუშავებული აპარატურა მუშაობს დამაკაყოფილებლად და ხაშუაღებს შეფასებით კონსტრუქციების რეაღური მუშაობა. ამ ხისტემის ნაკლია მორაღურად მოყეღებული მოწყობილობის გამოყენება.

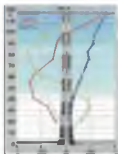
გერმანული დინამიკური მონიტორინგის შემუშავებულ ხისტემებს შორის უნდა აღინიშნოს ნაშრომი [8]. მოცემული ნაშრომი მიდგინილია ქ. მოსკოვში მდებარე გამარჯვების ძეღლის კონსტრუქციის კომპლექსური მონიტორინგის ხისტემის შემუშავებას. ძეღლი წარმოადგენს 142 მეტრიან ობჲდისქს წაკეთილი ხაშწახანავიანი პირამიღის სახით. მას მიმავრებული აქვს 110 მეტრ ხიადღუხუ ხეღალბრუღი ჯაღუი „ღმერთქელი ნაკე ამირებთან ერთად“. ქარის ხაქსნაღვატაციო დატვირთვის ზემოქიღების გამო ნაგებობა განიკვის რამიფნიმუ საკუთარი ხისშირის რეზონანსულ რხეებს, ამიტომ ობიექტი აღღურუღლია რამიფნიმუ საკუთარი ხისშირის დინამიკური რხეების ნამქრობით. ამასთან დაკავშირებთ ნორმაღური ექსპლუატაცია მონუმენტისა სატროების კონტროლის ხისტემის (მონიტორინგ) ნაგებობის მდგომარეობაზე. ნაშრომი [8]-ის ატრობი მონიტორინგის ხისტემაში იყენებს ფლაგერებს, აქტარების გაღამკემებს

ანემომეტრებს და გადაადგილების ოპტიკურ გადაძველებს. სექტრის ნაწურის მაგალითი ნაჩვენებია ნახ.5ე 4. აღწერილ სისტემას აქვს მეთოდური ნაკლი – დემპირების პარამეტრები განისაზღვრებოდა ნახევარი ვნერჯის მეთოდით, რომელიც მგრძობიარეა ხმაურიანი მინაცემების დამახასიათებელი ბუნებრივი ვიბრაციული ფონისთვის.



ნახ. 4. სექტრის სექტრის მეთოდით Y ღერძის მიხედვით სექტრის მეთოდით

დინამიკური მონიტორინგისთვის უნდა აღინიშნოს ავრეტეე მობილური უსადენო დიაგნოსტიკური კომპლექსი „სტრელა“ [9]. მოცემული კომპლექსი გამოიყენება მდგრადობის მონიტორინგისთვის და ნარჩენი რესურსისთვის მრავალსართულიანი შენობებისათვის და ნაგებობებისთვის კომპლექსი „სტრელა“ გამოიყენებს უსადენო კაქშირს და გათვლილია გამოსმაურების რეგისტრაციაზე სიხშირის 0.1÷300 მკ-მდე დიაპაზონში. პროგრამის მუშაობის ფრაგმენტი განსაზღვრული რეჟიმების ფორმებით ნაჩვენებია ნახ.5.ზე კომპლექსის აქვს მეთოდური ნაკლი – დინამიკური მახასიათებლები განისაზღვრება მხოლოდ სიხშირის არეში. დინამიკური მახასიათებლების განსაზღვრისათვის მიხანშეწონილია ასევე გამოიყენოთ მეთოდი დროებით არეში.



ნახ. 5. საკვაზური მიდის რეჟიმების ფორმის
 განსაზღვრა მობილური კომპლექსის „სტრელა“

საერთო ნაკლი ზემოხსენებული მონიტორინგის გადაწყვეტილებებში წარმოადგენს კომპლექსური მიდგომის არარსებობას მონიტორინგის სისტემის დაბრუნებაში.

კომპლექსურობა შეიძლება იქნეს მიღწეული რამდენიმე ტექნოლოგიის ერთდროულად გამოყენებით – ინფორმაციული მოდელირება, სახრულ ელემენტთა მეთოდით მოდელირება, თეორიული და ექსპერიმენტულ-დინამიკური ანალიზი.

კონსტრუქციებზე პარამეტრებს შორის შეიძლება იყოს დატვირთვა, რომელსაც ვანიტაგზო კონსტრუქციას ხშირად მონიტორინგი გამოიყენება მხოლოდ თვით კონსტრუქციის თვისებების კონტროლისთვის და ამიტომ მონიტორინგის პროცესს ათვისებენ კონსტრუქციის დაზიანებების აღმოჩენის პროცესთან, რომელშიც ჩართულია რამდენიმე დონე:

დონე 1. კონსტრუქციაში დაზიანების არსებობის გარკვევა;

დონე 2. დაზიანების დოკალიზაცია;

დონე 3. დაზიანების საფრთხის შეფასება ;

დონე 4. კონსტრუქციის შემდგომი ექსპლუატაციის უსაფრთხოების პროგნოზი.

აქ დაზიანებაში იგულისხმება კონსტრუქციის მდგომარეობის შეცვლა გამოწვეული მახალის თვისებების ცვლილებით, რომელიც გამოწვეულია დადღივობითი ფეფორმაციით ასევე მიკრო და მაკრო ბზარების ჩასახვისა და განვითარების გამო. მეცნიერების ფაქტის მიერ დაბოროტორიდან ოს დამოს (მტკპ/მსტირეკლანდ.გოფვი/, აშშ) მონიტორინგის ამოცანების ამოხსნა ყველა დონეზე შემთავაზებულია განიხილოს სტატისტიკური სახეების ამოცანების პარადიგმის კონტექსტში [10]. აღნიშნული პარადიგმა გულისხმობს, რომ მონიტორინგის პროცესი ითვლის რამდენიმე ნაწილს:

- მონიტორინგის ხისტემის ამოცანების შეფასება;
- მონაცემების გაზომვის პროცესი;
- ნიშან-თვისებების გამოთვლა;
- სტატისტიკური მოდელების შემუშავება.

მონიტორინგის ამოცანების შეფასების დროს განიხილება ნაკრები ამზომების პარამეტრები (სტატისტიკური, დინამიკური) გამომდინარე კონსტრუქციის შედეგზე სუსტ და პოტენციურად ხაშიშ ადგილებში.

მონაცემების ახომების პროცესში ჩართულია გადამცემების შერწყვა მათი რაოდენობის განსაზღვრა და მათი ადგილსამყოფადის განსაზღვრა აგრეთვე შერწყვა მყორადი ნიშნის გარდამქმნელების.

ნიშნის ქვეშ იგულისხმება რეზულტატი პირდაპირი ან ირიბი აზომვა ობიექტის რომელიმე მახასიათებლისა. ნიშნის მკვეთრი ფიზიკური საფუძველი მაგალითად საკუთარი რეჟების სიხშირე, რეჟების ფორმები, დაჭიმვის ძალა. ასევე ნიშნები შეიძლება იყოს ევრსტიკული ანუ მათ შეიძლება არ ქონდეთ ფიზიკური საფუძველი, მაგრამ ამავდროულად იძლეოდეს მისაღებ რეზულტატს. ფაქტობრივად ნიშნები წარმოადგენს მათემატიკური მოდელების პარამეტრებს რომლებიც აღწერენ ფიზიკურ პროცესებს.

სტატისტიკური მოდელები მუშავდება ნიშნების მნიშვნელობის განსაზღვრის მიხედვით, რომლებიც მიეკუთვნება კონსტრუქციების სხვადასხვა მდგომარეობას.

ნიშნების გამოთვლების პროცესები და სტატისტიკური მოდელების შემუშავება დაფუძნებულია რამდენიმე აქსიომაზე [11]. მოცემული ხაშუშასთვის ყვერო მნიშვნელოვანია ორი აქსიომა (მოყვანილია მონიტორინგის დონის მანიშნებლად):

- დაზიანების შეფასება ითხოვს შედარებული იქნეს ორი მდგომარეობა მონიტორინგის ობიექტის ბაზური (ნორმალური) და მიმდინარე (პოტენციურად ხაშიში);
- დაზიანების არსებობის განსაზღვრა (დონე 1) და ადგილმდებარეობა (დონე 2) დაზიანება შეიძლება შესრულდეს შედარებით ბაზური მდგომარეობის და მიმდინარე

მდგომარეობის დახიანების ხაშიშროების შეფასება (დონე 3) და პროგნოზი (დონე 4) საერთო შემთხვევაში სრულდება არეცენდენტებით.

პარადიგმის გამოყენების მაგალითები სტატისტიკური სახეების გამოცნობაში მოყვანილია ნაშრომებში [12,13]. სტატისტიკური მდგომა მონიტორინგის მონაცემების ანალიზისა დემონსტრირებულია ნაშრომში [14]. სტატისტიკური სახეები ავტორმა გამოიყენა მონაცემების დამუშავებისას ნატურული ობიექტებისა [15].

ნავებობებისა და შენობების კონსტრუქციების ექსპლუატაციის პროცესში იხინი განიციან მუდმივ ვიბრაციულ დატვირთვას გამოწვეულს ჰარის მიკროსესიძის, ტრანსპორტის და სხვა წყაროების ზემოქმედებით. კონსტრუქციების გამოსაურება ვიბრაციულ დატვირთვაზე შეიძლება გავხომით და გამოიყენოთ კონსტრუქციის მდგომარეობის შეფასებისთვის, დინამიკურ მახასიათებლებზე დაყრდნობით, რომელიც ამოღებულია მოცემული გაზომვებისას [16].

ანსხევებენ სამი ტიპის დინამიკურ გაზომვებს [17] რხევების გაზომვა, გამოწვეული ხელოვნური ზემოქმედებისაგან (დეტერმინირებული ზემოქმედება), თავისუფალი რხევებისა და ბუნებრივი ზემოქმედების ფონი (შემთხვევითი ან სქოასტიკური ზემოქმედება).

ხელოვნური გამიზიანებლით გამოწვეული რხევების გაზომვის ნატარებისთვის გამოიყენება სპეციალური შეიკრები (იხ. ნახ. 7) რომლებსაც შეუძლიათ შექმნან კონსტრუქციის ვიბრირება (რხევა) წინასწარ მიცემული ალგორითმით – შემთხვევითი ზემოქმედება განსაზღვრული სტატისტიკური განაწილების კანონით, პერიოდული ან იმპულსური ზემოქმედება სახდვარგარეთის პრაქტიკაში მეთოდს უწოდებენ ძალურ ვიბრაციულ ტესტირებას (Forced vibration testing). ძირითადი უპირატეხობა მოცემული მეთოდის მდგომარეობს ახაზომი მონაცემების მაღალხარისხიანობაში. მაგრამ მეთოდს აქვს საგრძნობი ნაკლოვანებები ჰატირობის სპეციალიზირებულ ტექნიკას, რაც ხრდის ხარჯებს და ართვლებს სამუშაოს. გაზომილი მონაცემების ინტერპრეტაციისთვის თყნებენ აგრეთვე კონსტრუქციისათვის განკუთვნილი ძალური ზემოქმედების გაზომვას. ძალური ვიბრაციული ტესტირებისას გამოიყენება შეიკრები აღჭურვილია მბრუნაე დისბალახიანი ელექტრომრავით, ხშირად გამოიყენება ელექტროსი-დრავლიკური შეიკრე და მოდალური ურობე.



ა.ა



ბ.ბ

ნახ. 7. შუიკრის მონტაჟი მშენებლობით (ა) და დამონტაჟებული შუიკრი ხიდის კონსტრუქციაზე (ბ)

გაზომების ჩატარება კონსტრუქციების თავისუფალი რხევებისას მოითხოვს კონსტრუქციის თავდაპირველ მდგომარეობაში ყოფნას-ანქარება, ხიქარე და გადაადგილება [17]. ცხადია, რომ ეს მეოდი გამოიყენება პატარა დაბორატორიული დანადგარებისათვის, ვიდრე სრულმაშტაბიანი სამშენებლო ობიექტებისთვის.

დღევანდელი დღისთვის პრაქტიკაში რეალური სამშენებლო კონსტრუქციებისთვის ხშირად გამოიყენება კონსტრუქციების წერტილების რხევების გაზომვა გარემოს ბუნებრივი შემთხვევითი ხემოქმედების შედეგად. მეთოდი ატარებს სახელს ვიბრაციული ტესტირება შემთხვევითი გარეგანი ხემოქმედებისგან ან ოპერაციული ვიბრაციული ტესტირება. სამშენებლო კონსტრუქციაზე შეიძლება მოქმედებდეს შემდეგი ვიბრაციების მექანიკური წყაროები:

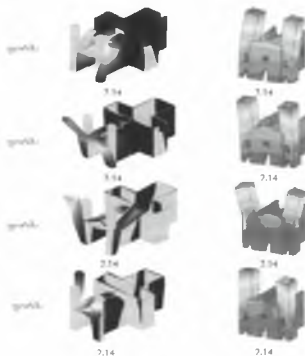
1. მიკროხესიმიკა;
2. ხეიხური აქტივობა;
3. ვიბრაციული ხემოქმედება მანქანებისგან, მექანიზმებისგან და ხალხისგან;
4. ქარის პულსირებული ნაკადი;
5. ბგერის ტალღები და სხვა წყაროები.

მოცემული მეთოდის პოპულარობა განაპირობა იმ გარემოებამ, რომ შენობების და ნაგებობების ექსპლუატაციის დროს ძალური ხემოქმედების გაზომვების ხატირება არ არის. ვინაიდან დატვირთვა კონსტრუქციაზე უცნობია, ამიტომ კეთდება დაშვებები: დატვირთვის პროცესი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც შემთხვევითი სტაციონალური პროცესი.

გაზომებისთვის უფრო ხშირად გამოიყენება აქსელერომეტრები (ნქარების გადამცემები), უფრო ნაკლებად ხიქარის, გადაადგილების, დეფორმაციის და სხვა გადამცემები.

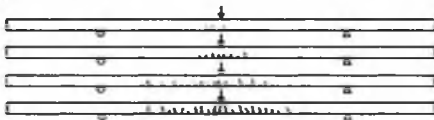
საბოლოო აღინიშნოს, რომ პრაქტიკაში აგრეთვე გამოიყენება „ვიბრაციული ტესტირება შემთხვევითი გარე ხემოქმედებისგან“ ხელფურად შექმნილი ძალურ ხემოქმედებასთან ერთად.

ექსპერიმენტული დინამიკური ანალიზის უფრო გაერცელებულ მეთოდს წარმოადგენს მთავალი ანალიზი [18], რომლის შედეგად განისაზღვრება კონსტრუქციის ხაყოთარი რხევების ხიქარე, შესაბამისი რხევის ფორმა და დემოფირების კოფიციენტები. მთავალი ანალიზის ვიბრაციის ბუნებრივი წყაროების დროს ეწოდება ოპერაციული მთავალი ანალიზი (operational modal analysis - ომა). ნახ. 9-ზე ნაჩვენებია ეკლხის შენობის მთავალი ანალიზის შედეგები [19]. ნახუნებ ნაშრომში გამოყენებულია მონიტორინგის უსადუნო სისტემა, რომელსაც გააჩნია გაზომვის ჩატარების მაღალი ხიქარაფე სადენიან სისტემათან შეფარებით.



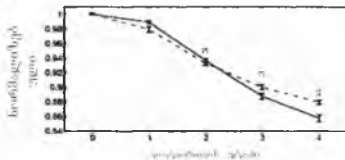
ნახ. 9. ექსპერიმენტის შედეგების ექსპერიმენტალური და რიცხვითი მოდალური ანალიზის შედეგები

მოდალური ანალიზის შედეგები შეიძლება იყოს ინტერპრეტირებული სხვადასხვაგვარად იმის მიხედვით, თუ რა ამოცანაა გადასაწყვეტი დაზიანების დონის დადგენისათვის. დინამიკური მახასიათებლები, რომლებიც მიიღება ექსპერიმენტული მოდალური ანალიზის შესწავლით, დამოკიდებულია კონსტრუქციის დაზიანების ხარისხზე. [20]-ე ნაშრომში მოყვანილია ექსპერიმენტული მოდალური ანალიზის შედეგები ლაბორატორიული რკინაბეტონის ძეღისა, რომლის დატვირთვის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 10-ზე. ძეღი იტვირთება 4 საფეხურად, თითოეული მათგანი იწყვედა ძეღის დაზიანებას (ნახ.10-ზე ნაჩვენებია ნორმალური და დახრილი ბზარები) დაზიანების თითოეული ეტაპისთვის განისაზღვრებოდა ძეღის დინამიკური მახასიათებლები.

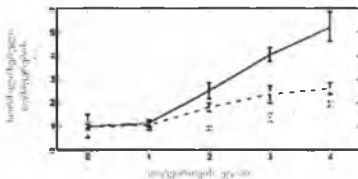


ნახ. 10. რკინა ბეტონის ძეღის დატვირთვის სქემა დაზიანების ეტაპების მიხედვით

ნახ.11-ზე ნაჩვენებია შედეგები ძეღის საკუთარი რხევების სიხშირის განსაზღვრის მკ-2, მკ-3 და მკ-4 რხევის ფორმისთვის, ნორმალნიხეზული ვითოეულის მიმართ ექსპორის სიხშირის გაყოფის გზით, დაუზიანებელი ძეღის სიხშირეზე. ნახ. 12-ზე ნაჩვენებია დემფიტების კოფიციენტის განსაზღვრის შესაბამისი ახალდაკურნი შედეგები.



ნახ. 11. საკუთარი რხევების ნორმალნიხეზული სიხშირეების ცვლილება დატერბოვის ეტაპისა და მიხედვით



ნახ. 12. დემფიტების ნორმალნიხეზული კოფიციენტების ცვლილება დატერბოვის ეტაპისა და მიხედვით

ნახ. 11-ზე და 12-ზე ჩანს, რომ ძეღის დაუზიანებელ მდგომარეობას ახასიათებს საკუთარი რხევის ეფელაზე დიდი სიხშირე და ეფელაზე მცირე დემფიტების კოფიციენტი, რაც მეტყველებს ძეღის კეევის მაქსიმალურ სიხისტეზე და რხევის ენერჯიის მინიმალურ დინამიკაზე შესაბამისად, დაზიანების რაოდენობის და ინტენსივობის გაზრდით ხდება ძეღის კეევის სიხისტის შემცირება, რაც იწვევს საკუთარი რხევის სიხშირის სიდიდეების შემცირებას. დაზიანების რიცხვის ზრდით იზრდება რხევის ენერჯიის გაბნევა, რაც არის დემფიტების კოფიციენტის გაზრდის მიზეზი. ამრიგად მოცემულმა ექსპერიმენტმა გუთქენა დაზიანების გავლენა რქინანტორის ძეღში მის დინამიკურ მახასიათებლებზე.

დაზიანების არსებობის გამოვლენისთვის (დონე 1 დაზიანების გამოვლენა) შეიძლება გამოყენებული იყოს საკუთარი რხევის სიხშირე და შესაბამისი დემფიტების კოფიციენტები. ეს ფაქტორი ჩადებულია ГОСТ 53778-2010 [1] გამოკვლევის ჩატარების საჭიროების დასადგენად წინასწარ ტარდება დინამიკური გაზომვები და თუ მიღებული დინამიკური გაზომვები განხვევება საწყისი მონაცემებისაგან 10%-ზე მეტით, მაშინ

კონსტრუქცია ექვემდებარება ავცილებულ დარღვევებზე გამოკვლევას. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ატომური ენერჯის მიმხარეველი ობიექტებისათვის შემოსტრუქცია და მოქმედებს უსაფრთხოების სახელმძღვანელო **РБ-045-08** „დინამიკური მონიტორინგი ატომურ ობიექტებზე სამშენებლო კონსტრუქციების“ [3]. სახელმძღვანელო შეიცავს რეკომენდაციებს დინამიკური მონიტორინგის ჩატარების შესახებ სამშენებლო კონსტრუქციებისათვის, რომლებიც მისმენელოვანია ობიექტების უსაფრთხოებისთვის. მოცემული სახელმძღვანელოს თანახმად განსახილველ დინამიკურ მახასიათებლებს განეკუთვნება საკუთარი ხისშირეები, საკუთარი რხევების ფორმები, მიღების პარამეტრები.

ექსპერტიზული მეთადღური ანადისის ჩატარების დროს მისმენელოვანია სწორად განვითარებით სენსორი კონსტრუქციაზე. გამოიხსურება წერტილებზე უსაფრთხოების ინფორმაციული დინამიკური მახასიათებლების განსახილვრისათვის. ნაშრომ [2]-ში განხილულია ექსპერტიზის მეთადღის დაბრუქტება ტექსტური რკინაბეტონის ძეღის მეთადღური ანადისისთვის. გაანადისებუღია, რომ მსგავსი შედეგები შეიძლება მიღებული იქნას სენსორების განდღაგების ტომოდღობის სხვადასხვა კონფიგურაციისას.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ დაზიანების გამოსაღღუნად ყოღღად მიღებული ფიზიკურად დაზიანებუღის დინამიკური მახასიათებლებსა, აგრეთვე შეიძლება გამოიყენებულ იქნას ვერობტიკული მახასიათებლები. ნაშრომ [13]-ში დაზიანების გამოსღღენისთვის შენობის კარკასის მიღღღზე გამოიყენებუღია ხღღღენური ნეიბრინული გამომიღღღული ენერგეტიკული მახასიათებლები კონსტრუქციის წერტილების გამოიღღხიღი.

3. დასკვნა

არსებუღი მონიტორინგის სისტემების ჩატარებუღღმა ანადისმა საშუალება მიღღღვა ნამიღღღადობით სამუღღო კობითუღა, რომლის მიღღღდითაც მონიტორინგის კომღღღქური ტექნოლოღობის შემუღღაგებისას სამი ტექნოლოღია გამოიყენება: ინფორმაციული მიღღღღების, სასრულ ეღღღენრთა მიღღღღების და თუბრთუღი და ექსპერტიზული ანადისის.

ლიტერატურა

1. СП 13-102-2003 “Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений”. – М.: 2003 – 26 с;
2. ГОСТ Р 53778-2010, Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2010 – 90 с;
3. ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования – М.: ИПК “Издательство стандартов”. 2005 – 26 ст;
4. Wenzel N, Ambient vibration monitoring – Chichester, England: John Wiley & Sons LTD, 2005 – 291 p;
5. ა. წაქაქე აქსნალატორიაში მყოფი შენობა-ნაგებობების ზღღღური მღღღღღობის და ზარზინი რესურსის კღღღღა დაზიანებების გათუღღღისწინებით“ საღღღქორი დისერტატია, თბიღღისი 2011 – 153 გგ;
6. Коргина. М.А. Оценка напряженно-деформированного состояния несущих конструкций зданий и сооружений в ходе мониторинга их технического состояния. [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 Мария Андреевна Коргина. - М., 2008. - 225 с.;
7. Лазебник Г.Е. Мониторинг несущих конструкций зданий повышенной этажности // Свд геотехники, Киев, 2009 – ст. 14–18;