

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მალხაზ ბედიაშვილი

სამოქალაქო ნაგებობათა ანტისეისმური ღონისძიებები  
(დაზიანებული შენობების აღდგენა-გამაგრების მაგალითები)

დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

სადოქტორო პროგრამა : მშენებლობა 0406

თბილისი

2016 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში,  
სამშენებლო ფაკულტეტზე,  
სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტში,  
სსიპ შ. რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი აგული სოხაძე  
ასოც. პროფესორი მაია ჭანტურია

რეცენზენტები: პროფესორი ლ. კახიანი  
პროფესორი გ. ყიფიანი

დაცვა შედგება 2016 წლის 30 ივნისს 14 საათზე საქართველოს ტექნიკური  
უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს  
კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია 507<sup>ა</sup> მისამართი: თბილისი  
0175, კოსტავას 72.

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

სადისერტაციო საბჭოს  
სწავლული მდივანი:

პროფესორი დ. ტაბატაძე

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

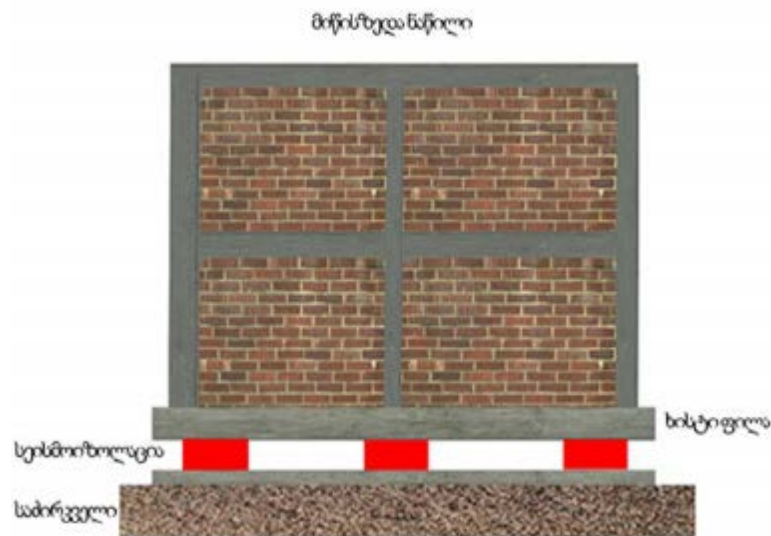
*თემის აქტუალობა:* მიწისძვრა - ყველაზე მრისხანე სტიქიური მოვლენა - იწყება უცებ, გამაფრთხილებელი ნიშნების გარეშე და თავის მაქსიმალურ ძალას რამდენიმე წამში ავლენს. ადამიანები ვერ ასწრებენ დასანგრევად განწირული შენობის დატოვებას. არა აქვთ შესაძლებლობა გადაარჩინონ არა თუ სხვისი, არამედ საკუთარი სიცოცხლეც კი, მრავალი თაობის მიერ დაგროვილი მატერიალური თუ კულტურული ფასეულობა.

საქართველოს ტერიტორია მდებარეობს სეისმურად აქტიურ რეგიონში, რომლის ტერიტორიის ბალიანობა ბოლო პერიოდში 7, 8, 9 ბალამდე გაიზარდა. აშკარაა, თუ რა ელოდებათ იმ შენობებს, რომლებიც რამდენიმე ათეული წლის წინაა აგებული და რომელიც გაანგარიშებულია შესაბამის საანგარიშო სეისმურ ინტენსივობაზე. ჩვენი ქვეყნისთვის ძალზედ მნიშვნელოვანია, რომ გადაჭრილ იქნას სეისმომდეგი მშენებლობის პრობლემა, რომლის ერთ-ერთი ოპტიმალური უზრუნველყოფის თანამედროვე მიმართულებასაც წარმოადგენს სეისმოიზოლაციის სისტემა. ის უზრუნველყოფს მიწისძვრისგან გამოწვეული ძალების შემცირებას 1-2 ბალით, რაც პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაშია განივკვეთის ზომების, ბეტონისა და არმატურის ხარჯის შემცირებასთან, და ზოგადად, მშენებლობის გაიაფებასთან. სეისმოიზოლაციის სისტემებს უკვე აქტიურად იყენებენ მსოფლიოს ისეთი წამყვანი ქვეყნები, როგორცაა იაპონია და აშშ, ასევე ჩვენი უახლოესი მეზობელი ქვეყანა სომხეთი. ასეთი სისტემების გამოყენება ერთნაირად შესაძლებელია როგორც ახალ, ისე უკვე აშენებულ შენობებში, როგორც კარკასულ, ისე მსხვილბლოკურ თუ სხვა ტიპის შენობა-ნაგებობებში.

იცვლება შენობის საანგარიშო სქემა. თუ ჩვეულებრივი მრავალსართულიანი შენობა n-ჯერ სტატიკურად ურკვევ სისტემას წარმოადგენს, სეისმოიზოლატორიანი შენობის საანგარიშო სქემა არის ორჯერ სტატიკურად ურკვევი, რომლის გაანგარიშებაც ბევრად უფრო მარტივია. საანგარიშო სქემაში ერთ მასას წარმოადგენს სეისმოიზოლატორი და მასზე განთავსებული ხისტი გადახურვა (ნახ.1), რომელსაც ეყრდნობა შენობის მიწისზედა ნაწილი, ხოლო მეორეს - მიწისზედა ნაწილის მთლიანი მასა. მიწისძვრის დროს დეფორმაციას განიცდის სეისმოიზოლატორი (გრუნტის

აჩქარების გამო), ხოლო მიწისზედა ნაწილი გადაადგილდება ხისტ ფილასთან ერთად, როგორც მთლიანი მყარი ტანი. ამდენად დეფორმაცია მზიდ კონსტრუქციებში არის ძვრის დეფორმაცია, რომელიც ძალზე მცირეა და მისი აღდგენა ადვილია.

სეისმოიზოლაციის მოწყობა გარკვეულწილად ზრდის მშენებლობის ღირებულებას, მაგრამ იგი ბევრად ნაკლებია იმ ღირებულებაზე, რომელიც მიწისძვრის შემდეგაა საჭირო, როგორებიცაა: მატერიალური ზარალი, ადამიანთა მსხვერპლი, დანგრეული შენობების თუ ინფრასტრუქტურის აღდგენა-მოწესრიგება, პანიკა და სხვა. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ყველა ზემოთ მოყვანილი ხარჯები ბევრად აღემატება იმ ხარჯებს, რაც სეისმოიზოლაციის მოწყობითაა გამოწვეული.



ნახ.1.

**დისერტაციის მიზანს შეადგენს:** სეისმოდამცავი სისტემების გავლენა რკინაბეტონის მაღლივი კარკასული, ბლოკური და პანელური შენობების დინამიურ მახასიათებლებზე, რეალური კონსტრუქციისათვის სტატიკური და დინამიური პარამეტრების დადგენა, საანგარიშო სქემების დაზუსტება, გაანგარიშების მეთოდების სრულყოფა. კომპიუტერული ექსპერიმენტის საფუძველზე ღირებულების და ეკონომიურობის შეფასება.

**ექსპერიმენტული კვლევის ამოცანაა:** რკინაბეტონის კარკასული მშენებარე საბავშვო ბაღის შენობისათვის გაანგარიშების ალგორითმის შედგენა, პროგრამის

მიხედვით კომპიუტერული ექსპერიმენტის ჩატარება სხვადასხვა გრუნტებისათვის, დინამიური მახასიათებლების დადგენა, საძირკველში განთავსებული სეისმოიზოლატორის გავლენით და მის გარეშე.

**მეცნიერული სიახლე:** ნაშრომში განხილულია კარკასული შენობის სეისმომდეგობაზე გაანგარიშება საძირკველში განთავსებული სეისმოიზოლაციით; ჩატარდა კომპიუტერული ექსპერიმენტი სეისმოდამცავი სისტემის გამოყენებით და მის გარეშე, მოხდა მიღებული შედეგების შედარება და ანალიზის საფუძველზე ეკონომიური ეფექტის დადგენა. დამუშავებული მეთოდიკა მიწისძვრის ინტენსივობის 1-2 ბალით შემცირების შესაძლებლობას იძლევა.

სეისმოსაიზოლაციო სისტემების, როგორცაა რეზინოლითონის საყრდენები, ქანქარა იზოლატორები, საქართველოსთვის ადაპტირება და მათი გამოყენება უკვე აშენებულ თუ ახალ მშენებარე შენობა-ნაგებობებისათვის.

**მიღებული შედეგების პრაქტიკული ღირებულება:** სადისერტაციო ნაშრომში ჩატარებული კვლევები გვაძლევს იმის საფუძველს, რომ მოცემული მეთოდის პრაქტიკული გამოყენება მნიშვნელოვნად შეამცირებს მშენებლობის თვითღირებულებას. სეისმოიზოლაციის გამოყენება აამაღლებს შენობების სეისმომდეგობას, ხანგამძლეობას და უსაფრთხო ექსპლუატაციას.

**ნაშრომის აპრობაცია და გამოქვეყნებული პუბლიკაციები:** მასლების მიხედვით გამოქვეყნებულია 6 სამეცნიერო სტატია, დისერტაციის ძირითადი შედეგები მოხსენებულ იქნა:

1. თბილისში 2014 წელს ჩატარებულ საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე - “Improvement of buildings seismic resistance by application of application of seismic insulation”. International Conference- Seismic-2014. “Seismic resistance and rehabilitation of buildings” Tbilisi, Georgia, 2014. გვ. 32-40; /დანართი 1/

2. ქ. ნეაპოლში, იტალია. 2015 წ. 28-29 მაისს მ. ბედიაშვილის გამოსვლა ევროპის სამოქალაქო ინჟინერთა საბჭოს 61-ე გენერალურ ასამბლეაზე. ასამბლეის ოქმის ამონაწერი დართულია დანართში./დანართი 2/

3. თბილისში 2016 წლის 20 თებერვალს სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენციაზე - „მშენებლობის უსაფრთხოება და ხარისხი“. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია. სეისმომედეგი მშენებლობისა და საინჟინრო სეისმოლოგიის საქ. ეროვნული ასოციაცია./დანართი 3/

4. 2016 წლის 2-8 მარტი: მადრიდი, ესპანეთი. მ. ბედიაშვილის გამოსვლა ევროპის სამოქალაქო ინჟინერთა საბჭოს 63-ე გენერალურ ასამბლეაზე. გამოსვლა დართულია დანართში /დანართი 4/

**სამუშაოს მოცულობა და სტრუქტურა:** სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, 4 თავის, დასკვნის და გამოყენებული ლიტერატურის 48 დასახელების და დანართებისაგან. ტექსტის საერთო მოცულობაა 130 გვერდია.

## ნაშრომის შინაარსი

პირველი თავი ეხება მიწისძვრებს, სადაც საუბარია მის გამომწვევ მიზეზებსა და იმ კატასტროფულ შედეგებზე, რომელიც თან სდევს ამ მოვლენას. განხილულია სეისმოდამცავი სისტემების უკვე არსებული სახეობები და რკინაბეტონის ყველა ტიპის შენობების სეისმოდამცავი სისტემების კვლევის ისტორიული მიმოხილვა.

ფ.დ ზელენკოვის ნაშრომში „სახლი სეისმომორტიზატორებზე“, ავტორი მიმოხილავს წარსულში მიწისძვრების ისტორიას.

მიწისძვრა შუა საუკუნეებში უკავშირდებოდა ღმერთის მიერ ცოდვილთა დასჯას. XVIII საუკუნეში მ.ვ. ლომონოსოვმა მიწისძვრა გეოლოგიურ პროცესებს დაუკავშირა.

მიწისძვრების წარმოქმნის მიზეზად მიღებულია დედამიწის ქერქის გარკვეულ რეგიონში ძაბვების მომეტებული კონცენტრაცია. მიაღწევნ რა ე.წ. "მექანიკურ სიმტკიცის" ზღვარს გრუნტებში, ირღვევა წონასწორობა და ხდება ნგრევა. პოტენციური ენერგია გარდაიქმნება კინეტიკურ ენერგიად, რომელიც გრუნტის მასაში იწვევს დრეკად ტალღებს, რხევით მოძრაობას, მასების შემჭიდროებას და გაფართოებას. ეს ტალღები ვრცელდება 6-10 კმ წამში სიჩქარით და იწვევს დედამიწის ქერქის ხისტ რყევას, რომელსაც "სეისმურს" უწოდებენ, (რაც ბერძნულიდან „σεισμός“- არის წარმოქმნილი) და "რყევა"-ს ნიშნავს. ამ დროს ხდება მთების ფერდობებიდან გრუნტის მასის მოწყვეტა და ჩამოზვავება, ზღვაზე ცუნამები, ქვათაცვენა, ხანძრები, წყალდიდობა და სხვა.

მიწისძვრის მიზეზი გრუნტში არათანაბარი და დიდი კონცენტრაციის დაძაბვაა , რომელიც იწვევს ტექტონიკურ მოვლენებს.

ზოგიერთი მიწისძვრა დაკავშირებულია ვულკანურ ამოფრქვევებთან, მაგალითად, ვეზუვის ამოფრქვევა, რომელმაც დაფარა პომპეი, სტამბია და ა.შ. მას წინ უძღოდა ძლიერი, დამანგრეველი მიწისძვრა.

საქართველოს ტერიტორია სეისმურად II სართულში მდებარეობს, რომელიც მოიცავს ხმელთაშუა ზღვის და აზიის რეგიონებს, სადაც ყოველწლიურად ხდება 1200-მდე მიწისძვრა.

ფ.დ. ზელენკოვი თავის შრომებში აღნიშნავს, რომ იმ პერიოდში (სამოციანი წლების დასაწყისი) შენობათა სეისმომდეგობის გაანგარიშების თეორიული საფუძვლები ძალზე მწირი იყო, უფრო მისაღები იყო ექსპერიმენტებით ჩატარებული შედეგებით ხელმძღვანელობა.

ინჟინერ ფ.დ. ზელენკოვის გამოგონება ერთერთი პირველი განხორციელებული ღონისძიებაა სეისმოიზოლირებულ მშენებლობაში. სპეციალური საძირკველი მოცილებულია შენობას საჭაერო ღრეჩოთი, რომელშიაც განთავსებულია ტექნიკაში ცნობილი ამორტიზატორი, რომელიც თავისი მოქნადობით (დამყოლობით) შთანთქავს შენობის დამანგრეველ დეფორმაციებს.

ასეთი საძირკვლები - ამორტიზატორები - უზრუნველყოფს გრუნტის თავისუფალ გადაადგილებას, რომლის რხევის ამპლიტუდა მეტია დამანგრეველი მიწისძვრების ამპლიტუდაზე. ამიტომ გრუნტის სეისმური რხევები ვერ გამოიწვევს ძალების გადაცემას კედლებზე და მთელ შენობაზე.

ამავე თავში განხილულია ანტისეისმური ღონისძიებები ანტიკური ხანიდან XIX საუკუნემდე. როგორც ცნობილია, საქართველოს ტერიტორია მდებარეობს 7, 8 და 9 ბალიან სეიმურ ზონაში. ამიტომაც ჩვენი ხუროთმოძღვრებისთვის მნიშვნელოვანი იყო, შეექმნათ ისეთი ანტისეისმური ღონისძიებები ტაძრებისა თუ სხვა ნაგებობებისათვის, რომ მათ გაემლოთ ამ ინტენსივობის მიწისძვრისთვის. მაგალითად, სვეტიცხოვლის ტაძრის ფასადის კედლებში, გრუნტის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე, თითქმის ყველგან გვხვდება ჰორიზონტალურ ნაკერებში განლაგებული ნაჭედი რკინის ზოლები, რომლებიც წარმოადგენენ ერთ-ერთ ანტისეისმურ ღონისძიებას.



როგორც ჩანს, დიდი ხნით ადრე, ვიდრე ნაგებობათა წყობაში კირის ხსნარს გამოიყენებდნენ, ჩვენს წინაპრებს კარგად აუთვისებიათ ე.წ. "მშრალი წყობა"-სუფთად გათლილი კვადრებით. ასევე გამოიყენებოდა საინტერესო და ფრიად ორიგინალური ხერხი - კვადრი ჭდობით, "კბილით", ნაკერის გაწყვეტის საწინააღმდეგოდ.

ძველ ქართულ ძეგლებზე: ხახულზე (X ს) და ჩანგლოზე, (X ს) სამხრეთ საქართველოში, (ამჟამად თურქეთის ტერიტორია), გამოყენებულია "მთლიანი სარტყელი" გათლილი ქვებით, რომელშიაც თითოეულ ქვას სიგრძეზე აქვს ჩაჭრა, "კბილი". ასეთი სარტყელი შენობის მთელ კონტურს აქვს მხოლოდ დამაგვირგვინებელ ნაწილებში, სადაც თავდება თალები და სადაც ყველაზე მეტად შეიგრძნობა მიწისძვრისაგან გამოწვეული რხევების ამპლიტუდა.

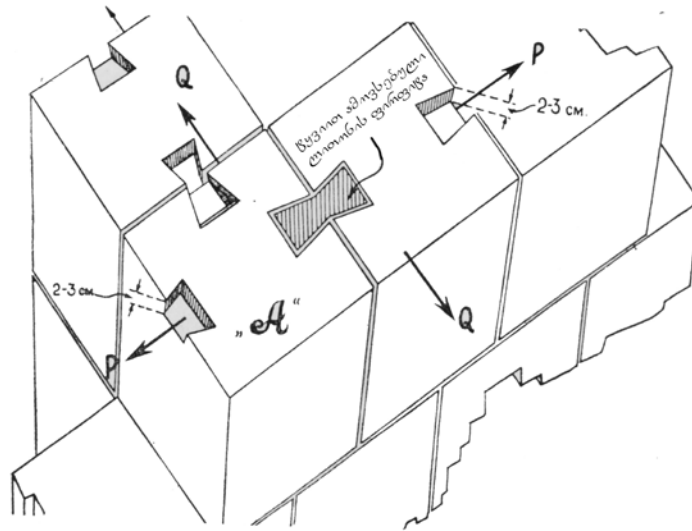
ანტისეისმური ღონისძიებების მომდევნო ეტაპს უნდა წარმოადგენდეს ე.წ. "მერცხლის კუდი", რომელშიაც უკვე ლითონი მონაწილეობს.

წყობის გადაბმის ეს წესი ჯერ კიდევ ჩვ. წელთაღრიცხვამდე II საუკუნეში გამოიყენებოდა ბაგინეთის ციხესიმაგრის აგებისას.

თითოეულ მოსაზღვრე ქვაში ამოიტვიფრებოდა, ამოითლებოდა ე.წ. "მერცხლის კუდი" დაახლოებით 12 სმ სიგრძისა და 8-9 სმ სიგანისა. "ყელის" სიგანე 5-6 სმ იყო, ხოლო სიღრმე 2-4 სმ. ზოგ შემთხვევაში, "ყელის" სიგანე 3 სმ-მდე მცირდებოდა. ასეთი მცირე ზომების სოგმანებში ხის მასალის გამოყენება შეუძლებელი იყო. რჩებოდა ორი ვარიანტი: ან ლითონის ფირფიტის ჩადგმა, ან გაცხელებული ტყვიის ჩასხმა "მერცხლის კუდში".

ეს წესები გამოიყენებოდა არა მარტო გრძივ, ან ერთი მიმართულების კედლებში, არამედ გრძივი და განივი კედლების გადაბმებშიც (ნახ.2).

ნახ.2-ზე კარგად ჩანს, როგორ იღებენ ლითონის ფირფიტები გამჭიმავ ძალვებს, ხოლო როცა ნაკერი იხსნება, კედლის გრძივი ღერძის მიმართულებით -ლითონის ფირფიტა მუშაობს გაგლეჯაზე, გაწყვეტაზე. როცა ქვები, ჰორიზონტალური ძალვების ზემოქმედებით, განივი მიმართულებით გადაადგილდება, იგივე ფირფიტა მუშაობს ჭრაზე თავისი ვიწრო "ყელით".



**ნახ.2. კვანძური ქვის მუშაობის სქემა “მერცხლის კულის” ჩატეფვით**

მეორე თავში განხილულია ნაგებობათა სეისმომდეგობის ამაღლება სეიმოიზოლაციის გამოყენებით. ნორმებით გაანგარიშებული და კონსტრუირებული ნაგებობა, რომელშიაც გათვალისწინებულია სათანადო გაძვირება, გამიზნულია მხოლოდ ერთი საანგარიშო მიწისძვრის ან ორი, შედარებით მცირე ინტენსივობის მიწისძვრის აღქმისათვის, რის შემდეგაც შენობა ან უნდა დაინგრეს და ახალი აიგოს, ან უნდა გაძლიერდეს კონსტრუქციული ღონისძიებებით. ერთიც და მეორეც დაკავშირებულია დიდ შრომით რესურსებთან, ფინანსურ დანახარჯებთან და დროსთან, რაც მუდამ შეგვიქმნის დიდ პრობლემებს, განსაკუთრებით საბინაო მშენებლობაში.

სწორედ ამ გარემოებებმა უზიძგეს მეცნიერებს დაეწყოთ სეისმური ძალის ზემოქმედებისაგან დაცვის ახალი სისტემების ძიება. უკანასკნელი 20-30 წლის განმავლობაში შეიქმნა და პრაქტიკაში დაინერგა სეისმოიზოლაციის სისტემები, რომლებიც, ფართოდ გამოიყენება ჩვენი ქვეყნის გარეთ.

ზემოთ აღნიშნული გარემოებების გათვალისწინებით მეცნიერთა ძიების შედეგად დღეს ჩვენი ქვეყნის გარეთ არსებობს მრავალი სისტემა, რომელთა გამოყენებით შეიძლება გადავარჩინოთ ნაგებობები ან საგრძნობლად შევამციროთ ზარალი.

მსოფლიოს ბევრ სეისმურად აქტიურ ქვეყანაში იყენებენ აქტიურ და პასიურ სეისმოდამცავ კონსტრუქციულ სქემებს, სეისმოიზოლაციას და სეისმოდამცავობას.

სეისმოიზოლატორების უმეტესობა წრფივი მოქმედებისაა, რომლებიც უზრუნველყოფენ სისტემების დემფირირებას.სეისმოიზოლატორები არის სხვადასხვა სახის:

- *დრეკადი ხასიათის იზოლატორები;*
- *გასაშლელი იზოლატორები;*
- *გისტერიზისული დემპფერები.*

ცნობილია გისტერიზისული დემპფერების ოთხი ჯგუფი:

- თხევადი ბლანტდრეკადი დემპფერი;
- მყარი ბლანტდრეკადი დემპფერი;
- ლითონის ბლანტდენადი დემპფერი;
- მშრალი ხახუნის დემპფერი;

დემპფერების თითოეულ ჯგუფს ახასიათებს თავისი სპეციფიკა, თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები, რომლებიც უნდა გავითვალისწინოთ მათი გამოყენების დროს.

უცხოეთში ფართოდ იყენებენ:

- *ინერციულ დემპფერებს*, ინერციულ ჩამხშობს, რომელიც წარმოადგენს ვიბრაციული კონტროლის მოწყობილობას. იგი წარმოადგენს მასიურ ბეტონის ბლოკს, რომელიც ირხევა განსახილველი შენობის რეზონანსული სიხშირით. ამის მაგალითია „ტაიპეის“ 92-ე და 88-ე სართულებზე ინერციულ დემპფერებზე მოწყობილი კიდული 660 ტონიანი ქანქარა.
- *ვერტიკალური კონფიგურაციების ნაგებობების დემპფირება* (ბუილდინგ ელევატორნ ცონტროლ) განსაკუთრებულია სეისმური დატვირთვის ქვეშ მყოფ შენობათა და ნაგებობათა მუშაობის გასაუმჯობესებლად, რეზონანსული რხევების გაუვნებლობის მიზნით.
- *მრავალსიხშირული რხევის დამამშვიდებელი* არის ვიბრაციული კონტროლის მოწყობილობათაგანი, რომელიც ეწყობა მაღლივ შენობაზე, რომელიც ირხევა

გარკვეული განსახილველი შენობის რეზონანსული სიხშირით სეისმური დატვირთვის ზემოქმედების დროს.

- *შენობის აწეული საძირკველი* (ელევატიონ ბუილდინგ ფოუნდატიონ) არის სეისმომდეგე მშენებლობაში ვიბრაციული კონტროლის ინსტრუმენტი, რომელსაც შეუძლია შენობათა და ნაგებობათა მუშაობის გაუმჯობესება სეისმური ზემოქმედების დროს. ასეთი მეთოდის ეფექტურობა შემდეგში მდგომარეობს, შენობის აწეულ საძირკველში სეისმური ტალღების მრავალრიცხოვანი არეკვლის, დიფრაქციის და დისიპაციის შედეგად ხდება შესუსტებული სეისმური ენერჯის გადაცემა შენობის ზედა ნაწილისათვის.
- *ტყვია-რეზინის საყრდენი* - ეს სეისმური იზოლაციაა, რომელიც გამიზნულია შენობა-ნაგებობის მუშაობის გასაუმჯობესებლად სეისმური ზემოქმედების დროს, სეისმური ენერჯის ინტენსიური დემპფირების ხარჯზე.
- *ზამბარისებრი დემპფერები* (სპრინგს-წიტკ-დემპერ ბასე ისოლატორ) არიან იზოლაციური მოწყობილობები, რომლებიც თავისი მახასიათებლებით წააგავს ტყვია-რეზინის საყრდენებს.
- *ქანქარა-ფრიქციული საყრდენი* (რიცტიონ ედულუმ ეარინგ) ეს სეისმური იზოლაცია წარმოადგენს ვიბრაციული კონტროლის ინსტრუმენტს სეისმომდეგე მშენებლობის დროს.

ქანქარა-ფრიქციული საყრდენების ძირითადი ელემენტებია:

- სფერულად შეღუნული სრიალის ზედაპირი;
- სფერული ცოცია (ползунок)
- შეზღუდული ცილინდრი.

**მესამე თავში** განხილულია არსებული შენობების რეკონსტრუქცია და გაძლიერება სეისმომდეგობის ამაღლების მიზნით.

ანალიტიკური გაანგარიშების საფუძველზე დადგენილია, რომ ძალიან მაღალი რკინაბეტონის პორტალურ ჩარჩოვანი ნაგებობები, სეისმური ზემოქმედების დროს,

შედარებით მოქნილია და მუშაობენ ღუნვაზე, ხოლო მცირე სიმაღლის ბეტონის კედლიანი ნაგებობები, ძირითადად მუშაობენ ძვრაზე.

ნაგებობის მახასიათებლებიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილია ხისტი ნაგებობის სიმტკიცის გაზრდა, პლასტიკურობის გაუმჯობესების მცდელობა.

გამლიერების გადაწყვეტილებებს ხშირად თან სდევს არსებული ნაგებობების წონის, გაბარიტების და სიხისტის ზრდა და, შესაბამისად, სეისმური ძალების ზრდა, რომლებსაც უნდა გაუძღონ ამ გაზრდილმა კვებებმა. თუმცა, სიხისტის გაზრდა ვერ ეხმარება არამზიდ ელემენტებს, გაუძღონ შენობის მნიშვნელოვან დეფორმაციებს.

მოქნილი ნაგებობები შეიძლება გაძლიერდეს მათი სიმტკიცის გაზრდით. განსაკუთრებით ეფექტურია ჯვარედინი განმბრჯენების გამოყენება. ასევე მისაღებია პლასტიკური სახსრების შემოღება. გაზრდილი პლასტიკურობა სძენს შენობას რღვევამდე მეტ დეფორმირებას სეისმური ძალების გაზრდის გარეშე.

როდესაც დაყენებულია პლასტიკური სახსრები, ისინი ეხმარებიან შენობას გავზარდოთ ნაგებობის დისიპაციური შესაძლებლობა.

როდესაც ხისტი ან მოქნილი ნაგებობები აღიჭურვება დემპფერული მოწყობილობით, მათ შეუძლიათ გააბნონ (მოახდინონ დისიპაცია) მასზე გადაცემული სეისმური ენერჯის მნიშვნელოვანი ნაწილი.

შენობაში ძაბვების გამომწვევი სეისმური მოქმედება შესაძლებელია შემცირდეს ნაგებობის იზოლაციით მისი საძირკვლისაგან, უპირატესად დემპფერული მოწყობილობის გამოყენებით. ხატოვანი გამოთქმით, ეს ნიშნავს “ფილტრი”-ს მოთავსებას ნიადაგსა და შენობას შორის, რომელიც უშვებს სეისმურ მოქმედების ენერჯის მხოლოდ ნაწილს. დინამიური იზოლატორები ახდენენ ნაგებობის სიხშირის კომპენსირებას, რომელიც მუშაობს ჰორიზონტალური მიმართულებით, როგორც შედარებით დაბალი სიხშირის გენერატორი.

ანტისეისმურ ღონისძიებებს მიეკუთვნება და განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ჯვარედინი განმბრჯენების (ნახ.3) მოწყობას ექსპლუატაციაში მყოფ შენობებზე. ასეთი განმბრჯენები ეწყობა შენობის ყველა სართულზე. ძირითადად გარე კონტურზე. მათ უნდა მიიღონ ჰორიზონტალური ძალები შენობის თვითოეულ სართულზე და

გადასცენ დინამიკური დატვირთვები საძირკვლებს.

ყურადღებას იპყრობს გაძლიერება განმბრჯენებით ენერჯის განმბნევი მოწყობილობით. Freyssinet-ის ფირმის მიერ შექმნილი განმბრჯენები Transpec™ FVD ანტისეისმური მოწყობილობებით. აქ გამოიყენება ბლანტი სითხის ენერჯის გაბნევის მოწყობილობა, რომელსაც აქვს ძალიან მაღალი ჩახშობის სიმძლავრე და განსაკუთრებით ეფექტურია ძალიან მოკლე ბიძგებისას.



*ნახ.3. j var edini ganbr j enebi*

განსაკუთრებული ადგილი უკავია სეისმოიზოლაციის ღონისძიებებში ნაგებობების იზოლაციას შენობის საძირკვლისაგან.

გამოიყენება ბანდაჟირებული ელასტომერული საკისრები. მათი ჰორიზონტალური მოქნილობა და მათი მაღალი გაბნევის შესაძლებლობები ვერტიკალური დატვირთვის ქვეშ, შესაძლებელს ხდის ნაგებობის იზოლირებას მისი საძირკვლის მოძრაობისაგან. მათი ელასტიურობის გამო ეს საკისრები აფიქსირებენ ნაგებობას მიწისძვრის შემდეგ, ანუ უბრუნებენ საწყის მდგომარეობას.

აღნიშნულის გარდა დინამიურ იზოლატორებს ასევე გააჩნიათ საამორტიზაციო ფუნქციაც, რომ მოხდეს სეისმური ენერჯის ნაწილის გაბნევა.

ამ თავში განხილულია აგრეთვე ნაგებობათა საეისმური ზემოქმედებისაგან დაცვის კიდევ ერთი სისტემა, რომელიც გამოიყენება სლოვენიაში. ეს არის “Freyssinet”-თან ერთად შემუშავებული სისტემა YSOSLAB-ის ტექნოლოგიური გადაწყვეტა, რითაც

მნიშვნელოვნად მარტივდება პროექტირება და მშენებლობა სეისმურ რაიონებში.

ამ სისტემის მუშაობის პრინციპია საფუძვლის იზოლაცია შენობისაგან: სამირკვლის ფილა ჩამოსხმულია პირდაპირ გრუნტზე. მათზე ეყრდნობიან სვეტები, რომელთა თავზე მოთავსებულია იზოლატორები. ამ უკანასკნელებზე თავსდება იზოლირებული გადახურვის ფილა, რომელზედაც აშენებულია შენობა (ნახ.4).



**ნახ.4. YSOSLAB-ის ტექნოლოგიით აგებული შენობა**

ფართოდ გამოიყენება სამირკვლების იზოლაცია შენობის მიწისზედა მზიდი კონსტრუქციებისაგან. აქ იზღუდება გადაადგილება და აჩქარება, რომლებსაც კონსტრუქცია იღებს მიწისძვრის დროს. შედეგად მცირდება სეისმური ძალების ამპლიტუდა შენობაზე, მნიშვნელოვნად მცირდება აჩქარებები, მცირეა ინერციის ძალები და შედეგად შემცირებულია დაზიანებები, ასევე შემცირებულია არაკონსტრუქციული ელემენტების დაზიანებები.

**მეოთხე თავში** განხილულია ახალ ანტისესმურ ღონისძიებათა ძიება, სეისმოიზოლაციის გამოყენების საკითხები სამშენებლო ნორმებსა და წესებში, ასევე მოცემულია სეისმოიზოლირებული სისტემების გაანგარიშების მეთოდები და რეალური შენობის გაანგარიშების კომპიუტერული ექსპერიმენტის შედეგები ევროკოდების საფუძველზე.

მსოფლიოს ბევრ სეისმურად აქტიურ ქვეყანაში იყენებენ აქტიურ და პასიურ

სეისმოდამცავ კონსტრუქციულ სქემებს: სეისმოიზოლაციას და სეისმოდამხშობებს.

*აქტიური სეისმოდამცავი* ღონისძიებები რთავენ დამატებით ენერჯის წყაროებს და ელემენტებს, რომელთა მეშვეობითაც ხდება ამ წყაროების მუშაობის რეგულირება.

*პასიურ სეისმოდამცავ* სისტემებში შედიან სეისმოდამხშობი და სეისმოიზოლაციის საშუალებები. აქ დამატებითი ენერჯის წყაროები არ გამოიყენება.

შენობის სიმძიმის ცენტრისა და სიმეტრიის ცენტრის აცდენის დროს ხდება გრეხვითი მოვლენების განვითარება, რომელიც გამოწვეულია სეისმური ზემოქმედების სივრცითი დინამიური მოქმედებით.ეს მოვლენა იწვევს განაპირა სეისმოსაიზოლაციო საყრდენების უფრო მეტად გადატვირთვას. ამიტომ საჭიროა შევიყვანოთ სპეციალური საკომპენსაციო ღონისძიებები ნაგებობის დასაცავად. ერთიცაა, რეზინი-ლითონის საყრდენების ექსპლუატაციის პირობებში გამოცვლა ადვილია დამუშავებული ტექნოლოგიური სისტემის საშუალებით.

რეზინა-ლითონის მრავალფენიანი საყრდენების დამზადება ადვილია მათი სიმარტივის გამო. ნაგებობათა პროექტირების დროს საყრდენების პარამეტრის შერჩევა მარტივად ხდება საფენების სისქის და რაოდენობის დადგენის ხარჯზე.

სეისმოსაიზოლაციო საყრდენები, რეზინა-ლითონის ელემენტები, საგრძნობლად ახშობენ რხევას და თითქმის 2ჯერ ამცირებს შენობის მდგრადობას სეისმური ზემოქმედების დროს, 2-3 ჯერ მცირდება საკუთარი რხევების ძირითადი პერიოდი.

**სეისმოიზოლირებული სისტემების გაანგარიშების მაგალითები  
რეზინოლითონის საყრდენებით სეისმოიზოლაციური სისტემებით აღჭურვილი  
შენობების გაანგარიშების მეთოდები და შედეგები**

ა) ერთერთი ყველაზე გავრცელებული მეთოდი სეისმოიზოლაციით ნაგებობათა დაცვის, არის შენობის კონსტრუქციაში რეზინოლითონის საყრდენების (რლს) დაყენება, რომელიც მზადდება მაღალ დემპფერირებადი რეზინისაგან. სტატიაში [58] მოყვანილია შენობათა გაანგარიშების მეთოდი, რომელშიც პროექტით გათვალისწინებულია რეზინოლითონის საყრდენების გამოყენება და მოცემულია გამოკვლევა ამგვარი შენობების რეაქციისა სეისმურ ზემოქმედებაზე.



სეისმურ რაიონებში, სადაც ინტენსივობა 7, 8 და 9 ბალია, სეისმოიზოლაციის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს რამოდენიმეჯერ შევამციროთ სეისმური დატვირთვები. ეს, რასაკვირველია დამოკიდებულია აგრეთვე მშენებლობის უბნის მახასიათებლებზე, შენობის კონსტრუქციულ გადაწყვეტებზე. **შესაბამისად მცირდება აგრეთვე მშენებლობის ღირებულება.**

ერთერთი ყველაზე ეფექტური საშუალება დღეისათვის არის კონსტრუქციულ სისტემაში რეზინოლითონის საყრდენების დაყენება.

ვინაიდან რლს-ის ელემენტები არიან მკვეთრად გამოხატული არაწრფივი ხასიათისა მუშაობაში სეისმური დატვირთვების დროს, დგება კითხვა, როგორ უნდა გავითვალსიწინოთ ამ ელემენტების გავლენა შენობის მზიდ კონსტრუქციებზე ავტომატიზირებული პროგრამების კომპლექსით გაანგარიშების დროს.

სნკც-ს მიერ შემოთავაზებულია რეზინოლითონის საყრდენებით აღჭურვილ შენობათა გაანგარიშების მეთოდი საეისმურ დატვირთვებზე, სადაც გამოყენებულია სეისმური ზემოქმედების მოდიფიცირებული სპექტრი.

ასეთი წესი მნიშვნელოვნად ამცირებს გათვლით სიმძლავრეებს, იმის ხარჯზე, რომ საშუალებას გვაძლევს ნაგებობის გაანგარიშება ვაწარმოოთ დრეკად სტადიაში.

ამ წესის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ შენობის გაანგარიშება სრულდება საანგარიშო მოდელის ეტაპების მიხედვით. პირველი ეტაპით ვაწარმოებთ სეისმური დატვირთვის განსაზღვრას შენობის იზოლირებულ ნაწილზე. სეისმოიზოლაციის სისტემის არაწრფივი ხასიათის მუშაობის გასათვალისწინებლად, საანგარიშო სეისმური კვანძური დატვირთვების მნიშვნელობების განსაზღვრისას, გამოიყენება სპეციალურად მიღებული აჩქარების სპექტრის გრაფიკი.

აჩქარების სპექტრის გრაფიკის აგება ხორციელდება პროგრამა „ფილტრში“, რომელიც დაწერილია Fortran-ის ენაზე, დამუშავებული რეგიონალური თავისებურებების ანალიზის, კონსტრუქციული გადაწყვეტის და უშუალოდ მშენებლობის მოედანზე გრუნტული პირობების შესაბამისად.

სეისმური დატვირთვების გაანგარიშებისას აჩქარების სპექტრი წინასწარ დაისახება საანგარიშო კომპლექსში დინამიური კოეფიციენტების გრაფიკის ნაცვლად.

სეისმური დატვირთვების განსაზღვრის შემდეგ, სრულდება სტატიკური გაანგარიშება იზოლირებული ნაწილის, რის შედეგად განისაზღვრება ძალები, გადაადგილება და შენობის კონსტრუქციული ნაწილის დაარმირება.

შემდგომ გაანგარიშდება არაიზოლირებული შენობის ნაწილი ცნობილი ფორმულებით, გრაფიკებით და იზოლირებული შენობის ნაწილის მასის შეყურსულად გადაცემა რლს განლაგების წერტილებში.

ბატონ ა. ბუბნისის და მისი კოლეგების ნაშრომში მაგალითად მოჰყავთ სოჭში მშენებარე 25 სართულიანი საცხოვრებელი სახლი, რომელსაც აქვს 2 მიწისქვეშა სართული ავტოფარეხებისათვის, ცოკოლის სართული, პირველი სართული და ანტრესოლი.

მიწისქვეშა 2 სართული და ცოკოლის სართული მოცილებულია ძირითად შენობიდან ჰორიზონტალური ანტისეისმური ნაკერით, რომელშიაც მოთავსებულია სეისმოიზოლატორები. შენობის მთლიანი სიმაღლე 94,5 მ-ია.

შენობის სივრცული სიხისტე უზრუნველყოფილია ვერტიკალური რკინაბეტონის კედლებით და დიაფრაგმებით, კოლონებით და ჰორიზონტალური მონოლითური გადახურვის ფილებით.

მიწისქვეშა ნაგებობის სიხისტე უზრუნველყოფილია მონოლითური კონტურზე განლაგებული საყრდენი კედლებით.

პროექტით გათვალისწინებულია სამი ტიპის 311 რეზინოლითონის საყრდენი: GZY350VSA, GZY700VSA და GZY800VSA, ჩინური ფირმის „Shantou Vibro Tech LTD“.

საანგარიშო სეისმურობა მიღებულია 9 ბალიანი რაიონისათვის.

შენობის კონსტრუქციების გაანგარიშება ჩატარდა ავტომატიზირებული პროგრამული კომპლექსის Ing+2010-ის მიხედვით.

დატვირთვების განსაკუთრებულ შეხამებაზე გაანგარიშებისათვის კომპლექსური მოდელი გაყოფილი იქნა იზოლირებულ და არაიზოლირებულ ნაწილებად.

გაანგარიშების ალგორითმი გამოიყენებოდა შემდეგნაირად:

1. იანგარიშებოდა იზოლირებული ნაწილის რხევების საკუთარი ფორმების პარამეტრები.

2. იანგარიშებოდა სეისმური დატვირთვების მნიშვნელობები. ამასთან დინამიურობის კოეფიციენტის გრაფიკის მაგივრად გამოიყენებოდა აჩქარების სპექტრის გრაფიკი, რადგან გათვალისწინებული იყო სეისმოიზოლატორების მუშაობის არაწრფივი ხასიათი.

მშენებლობის მოედნისათვის თავმოყრილი იყო ჩატარებული მიკრორაიონების კვლევის მეშვეობით, რიგი აქსელეროგრამებისა, რომელთა დამუშავებით მიღებული იყო მოდიფიცირებული ნიშნები და მათი რეაქციების სპექტრის მოძღვლები (огниающая), რომელთაგანაც მიღებულია საანგარიშო სპექტრი.

ამასთან დაკავშირებით მიღებული ფორმულა სეისმური დატვირთვების გასაანგარიშებლად შემდეგია:

$$S = m_k A K_1 K_\psi K_A$$

სადაც  $K_1$  – კოეფიციენტია, რომელიც ითვალისწინებს შენობაში დასაშვებ დაზიანებებს, რომლებიც მიიღება იზოლირებული ნაწილისათვის  $K_1=1$ , ხოლო არაიზოლირებულისათვის  $K_1=0,3$ .

$m_k^j$  – შენობის მასა, რომელიც ეხება კონსტრუქციის  $K$  წერტილს, რომელიც ითვალისწინებს კონსტრუქციაზე დატვირთვას.

$A$  – სპექტრალური აჩქარება  $m/s^2$ , რომლის მნიშვნელობა მიიღება აჩქარების სპექტრის გრაფიკის მიხედვით (ჩვენთან დანართი 1-ის მიხედვით მ. ბ.).

$K_\psi$  – კოეფიციენტია, რომელიც ითვალისწინებს ნაგებობის თვისებას გაფანტოს რხევის ენერგია, მიიღება  $K = 1$ .

$K_A$  – კოეფიციენტი  $K_A=1$ . ტერიტორიის მიკრორაიონების გათვალისწინებით.

$\eta_{jik}$  – კოეფიციენტი, შენობის დეფორმაციის ფორმაზეა დამოკიდებული, მისი საკუთარი რხევების დროს  $i$ -ნური ფორმის,  $j$ -მიმრთველების და მასის განლაგების  $m_k$  ადგილზე დამოუკიდებლად მიღებული.

1. ვაწარმოებთ იზოლირებული ნაწილის გაანგარიშებას. დატვირთვამირითადად თანაწყობაზე.
2. არაიზოლირებული ნაწილის გაანგარიშებისას, ზედა ნაწილის გავლენას ვითვალისწინებთ კვანძური დატვირთვების გადაცემით შენობის ორი ნაწილის

შეხების წერტილებში (ნაკერში მ. ბ.). ამის შემდეგ ამ ნაწილსაც ვანგარიშობთ დატვირთვათა განსაკუთრებულ თანაწილობაზე.

ნაშრომში მოყვანილი ცხრილის მიხედვით ჩანს, რომ რეზინოლითონის დგარების გამოყენებით მიღწეულია ნაგებობაზე მოქმედი სეისმური დატვირთვების მნიშვნელოვანი შემცირება, ამასთან რამოდენიმეჯერ.

1. ტიპური ჰორიზონტალური და ვერტიკალური დატვირთვა შენობაზე რმს-ების გარეშე.

$$\text{ჯამური} - \frac{P_x/A_x[\text{კნ}]}{\quad} \frac{P_y/A_y[\text{კნ}]}{\quad} \frac{P_z/A_z[\text{კნ}]}{\quad}$$

$$201.163,17 \quad 198.439,41 \quad -1.309.122,03$$

2. ჯამური ჰორიზონტალური და ვერტიკალური დატვირთვა შენობაზე რმს-ების გამოყენებით.

$$- \frac{P_x/A_x[\text{კნ}]}{\quad} \frac{P_y/A_y[\text{კნ}]}{\quad} \frac{P_z/A_z[\text{კნ}]}{\quad}$$

$$\text{ჯამური} \quad 50407,04 \quad 62353,31 \quad - 1.305.058,11$$

მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დატვირთვებისაგან საყრდენი რეაქციები რეზინოლითონის დგარების გამოყენებით შემცირდა 4-ჯერ და 3,2-ჯერ შესაბამისად.

შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ სეისმოიზოლაციის სისტემები რლს გამოყენებით, გვაძლევს საშუალებას მნიშვნელოვნად შევამციროთ შენობაზე მოქმედი სეისმური დატვირთვები.

აღნიშნული მეთოდი საშუალებას გვაძლევს: ვაწარმოთ ანგარიში დრეკად სტადიაში, ამასთან ვითვალისწინებთ საყრდენების ხაზობრივ თვისებებს, შევამციროთ გაანგარიშების სიმძლავრეები პროექტირების დროს და მივიღებთ საკმაოდ ზუსტ შედეგებს.

ბ) - პროფესორი ვ.დ. კუზნეცოვის და ვ.ა. ლიადსკის [22] მიერ

შემოთავაზებულია სეისმოიზოლაციის მექანიზმის მოწყობა შემდეგი მეთოდით.

სადირკველის ფილა მზადდება „გობისებრი“ ფორმის. მას და შემომზღუდავ

კედელს შორის დატოვებულია 60მმ სიდიდის ღრეჩო, რაც შენობას აძლევს

გადაცურების (გადაადგილების) საშუალებას ყველა მიმართულებით-  
სადირკველის გადაადგილების სიდიდეზე.

- სადირკველის ფილის ზედაპირზე ლაგდება 3 ფენა ფტოროპლასტის აფსკი ( $n = 0.5$  / 1 მმ.)
- ამ ფენაზე ბეტონირდება შენობის ძირა რკინაბეტონის ფილა. მასზე კი აიგება შენობა.
- მიწისძვრის დროს სადირკველის ფილა გადაადგილდება შემომზღუდავთან ერთად და ფტოროპლასტის ქვედა ფენის აფსკთან ერთად გაიმეორებენ ფუძის რხევებს.
- ფტოროპლასტის აფსკის ზედა ფენა საშუალო ფენასთან ერთად გადაადგილდება, რადგან მათ შორის კონტაქტზე ხახუნის კოეფიციენტი მცირეა - ფტოროპლასტის + ფტოროპლასტის ხახუნის კოეფიციენტი  $K_{\text{ხახ}} = 0.13$
- აღწერილი მოწყობილობა ავტორთა აზრით შესძლებს სეისმურ დატვირთვის ინტენსივობას 2.5 / 3 ბალით შემცირებას, განსაკუთრებით პროცესის დასაწყისში, როცა გამოიხატება სადირკველის მაღალსიხშირიანი რხევა მაქსიმალური ინტენსივობით.
- ჩატარებულმა ექსპერიმენტმა მოდელებზე აჩვენა სადირკველის ქვეშ სეისმოიზოლაციის მოწყობისას ნორმალური ძაბვის ვერტიკალურ კონსტრუქციულ ელემენტებში საშუალოდ 80 % ით შემცირება

გ) რუსეთის ნაციონალურმა გაერთიანებამ „РАСС“ გამოაქვეყნა მის მიერ ჩატარებული სეისმოიზოლაციის სისტემებით (რლს-ით) გაძლიერებული შენობების მიღებული ეფექტი 7,8,9 ბალიან რაიონებში. [54] მოხდა შენობათა სეისმომდეგობის ამაღლება 1-2 ბალით.

ამასთან შემცირდა ტრადიციულ ანტისეისმურ ღონისძიებებთან შედარებით ღირებულება 5%-20% მდე მშენებლობის რაიონის შესაბამისად.

ყურადღება მიექცა ისეთი სისტემების მდგრადობის ამაღლებას, როგორცაა წყალმომარაგება, ელექტრომომარაგება, ხანძარქრობა და სხვა საინჟინრო კომუნიკაციები და ნაგებობები.

- დ) სომხეთში ნ. კანანოვას მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა [50] გვაჩვენა, რომ იქ შექმნილია და ათვისებულია ახალი დინამიური რხევების ჩამხშობი და სეისმოიზოლაცია, რომლებიც მაღალ სეისმომედეგობას ქმნიან. ათვისებულია და მუშაობენ ქარხნები რეზინოლითონის დგარების საწარმოებლად.

მ. მელკუმიანის მეთოდით გაძლიერებულია საცხოვრებელი სახლები, შენობები რუსეთსა და რუმინეთში.

სეისმოიზოლირებულ შენობებში საძირკვლებსა და მიწისზედა შენობას შორის, იდგმება სეისმოიზოლატორები - ძალზედ მოქნილი ფენოვანი რეზინოლითონის საყრდენები, რომლებიც აღკვეთენ სეისმურ ზემოქმედების ენერჯის შეღწევას შენობაში.

ამ ტექნოლოგიით შენობების გაძლიერება ნ. კანანოვას მონაცემებით 2,5-ჯერ უფრო იაფი ჯდება, ტრადიციულ გაძლიერებასთან შედარებით.

მეორე მეთოდი, [51] რომელიც დანერგილია სომხეთში, ე.წ. დინამიური რხევების ჩამხშობია.

შენობაზე დამონტაჟდება დამატებით ერთი საცხოვრებელი სართული, რომლის კონსტრუქცია სპეციალურად გაანგარიშებული დინამიური პარამეტრების მეშვეობით ახშობს შენობის რხევას, ამცირებს მასზე სეისმურ ძალებს და ამცირებს აგრეთვე სართულის გადახრას.

ასეთი მეთოდი გამოყენებულია 1988 წლის სპიტაკის მიწისძვრის დროს დაზიანებული სომხური „111“ სერიის შენობებზე.

- ე) სამოციან წლებში საბჭოთა კავშირში განხორციელდა ფ.დ. ზელენკოვის მიერ გამოყენებული ტექნიკაში ცნობილი ამორტიზატორები, რომლებიც თავსდება სპეციალურ საძირკვლებსა და შენობას შორის არსებულ ღრეჩოში.

ასეთი საძირკვლები-ამორტიზატორები უზრუნველყოფს გრუნტის თავისუფალ გადაადგილებას, რომელიც მის სეისმურ რხევის ამპლიტუდას აჭარბებს დამანგრეველი მიწისძვრის დროს.

საძირკვლები რომლებსაც გააჩნია დიდი სიხისტე, წარმოადგენს მექანიკური (კინენტიკური) ენერჯის კარგ გამტარს. მათი შეერთებით შენობის კედლებთან

ხდება სეისმური რხევის ზემოქედებით გამოწვეული დარტყმების განხორციელება, რომლებიც ისე ძლიერია, რომ აგურის კედლები ვერ უძლებს ამ რხევებს. ეს ნგრევა გარდაუვალია იმის გამოც, რომ კედლების რხევა ჩამორჩება დროში და სივრცეში გრუნტის რხევას და შესაბამისად საძირკვლების რხევას. ამიტომ პირველი ბიძგის შედეგად ადგილმონაცვლებული კედლები განიცდიან მეორე დარტყმას ისე, რომ ვერ ასწრებენ თავის პირვანდელ მდგომარეობაში დაბრუნებას. ეს გარემოება ზრდის, როგორც კედლების რხევის ამპლიტუდას, ისე ნგრევის ხარისხს. ასეთი სახლი საძირკვლებზე-ამორტიზატორებზე ფ.დ. ზელენკოვმა ააშენა აშხაბადში 9 ბალზე გაანგარიშებით. მისი აზრით ხისტი კონსტრუქციებით ნაგები აგურის შენობები აუცილებლად უნდა აშენდნენ სეისმოიზოლაციური საშუალებების გამოყენებით.

ვ) ჩვენ ხელთაა ფრანგი მეცნიერის ალფრედ კრიფის ([Alfred.krief@vanadoo.fr](mailto:Alfred.krief@vanadoo.fr)) მიერ დაპროექტებული ორსართულიანი დაწყებითი სკოლის პროექტის მონაცემები. სკოლის შენობა გაანგარიშებულ იქნა სეისმოიზოლატორებით და დამატებით სეისმოიზოლატორებითა და ამორტიზატორებით.

იმისათვის, რომ საძირკველზე მოსული სეისმური დატვირთვა შემცირდეს, ზრდიან ნაგებობის გადაადგილებას. მაგრამ ამ დროს ეს გადაადგილება საგრძნობია, ვინაიდან გვერდითი გადაადგილება მაღალია, დამხმარე იზოლატორების გამრუდებამ (დისტორსიამ) შესაძლებელია გადააჭარბოს დასაშვებ ზღვარს.

ამიტომ აღნიშნული დისტორსიის შემცირება ხდება ამორტიზატორების დამატებით. შენობის სტრუქტურა თითქმის აღარ ფუნქციონირებს და საძირკვლებზე გაწეული ძალისხმევა ძალზედ სუსტდება.

ქვემოთ მოვიყვანთ მიღებულ ჯამურ ცხრილს, სადაც საწყისი მონაცემები იდენტურია.

	ამორტიზატორებით	ამორტიზატორების გარეშე
გადაადგილება	X=0,11939 Y=0,00898	X=0,41727 Y=0,00013

	Z=0,00134	Z=0,00134
სიჩქარე	V <sub>x</sub> =0,44263 V <sub>y</sub> =0,37793 V <sub>z</sub> =0,05976	V <sub>x</sub> =1.21119 V <sub>y</sub> =0,00033 V <sub>z</sub> =0,05967
აჩქარება	A <sub>x</sub> =1,56625 A <sub>y</sub> =0,56500 A <sub>z</sub> =3.49216	A <sub>x</sub> =2.54252 A <sub>y</sub> =0,00086 A <sub>z</sub> =3.48330

ამგვარად, სეისმოიზოლაციის გამოყენების ეფექტურობისათვის საჭირო იქნება მოვახდინოთ გაანგარიშება ამორტიზატორების გონივრული რაოდენობის დასადგენად.

### სეისმოსაიზოლაციო სისტემებით აღჭურვილი შენობების გაანგარიშების მეთოდოლოგია.

სეისმოსაიზოლაციო სისტემებით აღჭურვილი შენობების დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის დადგენა და მის საფუძველზე შენობის კონსტრუქციული ელემენტების დაპროექტება დაკავშირებულია დიდ სირთულეებთან, რომლებიც განპირობებულია არიან შემდეგი ძირითადი ფაქტორებით:

- მიწისძვრისას აღმძვრელი დინამიური ზემოქმედების –საძირკვლების კონტაქტზე გრუნტის აჩქარების, სიჩქარის და გადაადგილების მახასიათებლების ალბათური თვისებები;
- სეისმოსაიზოლაციო სისტემების მკვეთრად გამოსატული არაწრფივობითა და (ან) რხევების თითქმის ბლანტი-დრეკადი ჩაქრობით;
- სეისმომედევ მშენებლობაში არსებულ ნორმატულ დოკუმენტების (ბევრ შემთხვევაში მოძველებული პოსტულატების შემცველი) მოთხოვნებთან შეთავსების აუცილებლობით.

სეისმოსაიზოლაციო სისტემებით აღჭურვილი შენობების გაანგარიშების საწყის ეტაპზე იმისადამიხედვით თუ რა სტრატეგია იქნება შემდგომ რეალიზებული, შეირჩევა სეისმოსაიზოლაციო სისტემების მოწყობილობა – რეზინო-ლითონის საყრდენის ტიპი. განასხვავებენ ორ სტრატეგიას. ერთი, ეს არის მთლიანი სისტემის პერიოდის გაზრდა, სათანადოდ ბლანტი-დრეკადი ჩაქრობის გაზრდით. ხოლო მეორე სეისმური ძალების შეზღუდვა ენერჯის განფანტვის გაზრდით. სტრატეგიის შერჩევა ხდება სეისმოსაიზოლაციო სისტემების გარეშე შენობის დინამიური



მახასიათებლების მნიშვნელობების, მისი განთავსების რეგიონის დამახასიათებელი სეისმოლოგიური პირობების, საძირკვლის ქვეშა გრუნტების თვისებების ანალიზის საფუძველზე.

სეისმოსაიზოლაციო სისტემებით აღჭურვილი შენობების გაანგარიშების დღეისათვის ცნობილი მეთოდები სამ ძირითად ტიპად შეიძლება დაიყოს. ა) გაანგარიშების გამარტივებული წრფივი მეთოდი, ბ) სპექტრალური დინამიური მეთოდი და გ) პირდაპირი დინამიური მეთოდი რეალურ ან სინტეზირებულ აქსელეროგრამებზე. ამათგან პირველი ორი მეთოდი აგებულია შენობის, როგორც წრფივად დეფორმადი სისტემის განხილვის საფუძველზე. პირველი მეთოდი, რომლის საანგარიშო მოდელში შენობის იზოლირებული ნაწილი წარმოდგენილია ხისტი ტანის სახით, გამოიყენება მხოლოდ სეისმოსაიზოლაციო სისტემებით აღჭურვილი შენობის პროექტირების საწყის ეტაპზე სეისმოიზოლაციის ეფექტის თვისობრივი და რამდენადმე, რეალობასთან ახლოს მდგომი, რაოდენობრივი შეფასებისათვის. მისი გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ დამატებითი სეისმოლოგიურ, გეომეტრიულ ზომებზე, სიხისტეებზე და დინამიურ მახასიათებლებზე დადებულ პირობების დაკმაყოფილების შემთხვევაში. მეორე მეთოდი შინაარსობრივად დიდად არ განსხვავდება პირველისაგან. მასში შენობის იზოლირებული ნაწილი წარმოდგენილია სივრცული დეროვან-ფირფიტოვანი სისტემის სახით. მეორე მეთოდის შესაბამისი საანგარიშო მოდელი, სეისმური ძალების ფორმირების ალგორითმის მოდიფიცირების შემდეგ, დაპროექტების პრაქტიკაში ფართოდ დანერგილი საანგარიშო კომპლექსების გამოყენების საშუალებას იძლევა.

ნაშრომში სეისმოსაიზოლაციო სისტემებით აღჭურვილი შენობების ელემენტებში დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის განსაზღვრისათვის გამოყენებულია არაწრფივი დინამიური ამოცანის ამოხსნის პირდაპირი მეთოდი. ეს მეთოდი ეფუძნება ნაზრდებში წარმოდგენილი მოძრაობის განტოლების ინტეგრირების ბიჯით მეთოდს. როგორც ცნობილია, ამ მეთოდის ნებისმიერი მოდიფიკაცია ითვალისწინებს ცალკეულ ბიჯზე ნაზრდებში წარმოდგენილი წრფივი ალგებრული განტოლებათა სისტემის ამოხსნას.

რეალური ამოცანებისათვის წრფივი ალგებრული განტოლებათა სისტემის რიგი მაღალია, უცნობების რაოდენობა რამდენიმე ასიათასეულიდან რამდენიმე მილიონამდე აღწევს. მათ ამოხსნას საპროექტო დარგში გამოყენებული თანამედროვე კომპიუტერული სისტემები უნდებიან 1-6 საათის ფარგლებში. ინტეგრირების ბიჯების

რაოდენობა გამოსაყენებელი აქსელეროგრამების ხანგრძლივობაზე და მის დისკრეტიზაციის ბიჯზეა დამოკიდებული და რამდენიმე ათასჯერის ფარგლებშია. დღევანდელი მდგომარეობით პრაქტიკულად შეუძლებელია რეალური ნაგებობებისათვის არაწრფივი დინამიური ამოცანის ამოხსნა პირდაპირი მეთოდით. ასეთ შემთხვევაში გამოიყენება ნაგებობის ნაწილის საანგარიშო მოდელის გამარტივების მეთოდთა. ნაშრომში შენობის იზოლირებული ნაწილი ღეროვან ფირფიტოვანი სისტემა მოდელირდება სივრცული ღეროთი, ძვრის დეფორმაციების გათვალისწინებით. აღნიშნული ღეროს სიხისტის მახასიათებლების მნიშვნელობები განისაზღვრებიან იზოლირებული ნაწილის – ღეროვან ფირფიტოვანი სისტემისა და მისი მოდელის – ღეროს ინტეგრალური მახასიათებლების გადაადგილებების, რხევის მთავარი პერიოდების და ჩაქრობის სიდიდეების ტოლობის საფუძველზე. მიღებული გამარტივებული სისტემისათვის ხდება რეალურ და (ან) ხელოვნურ აქსელეროგრამებზე არაწრფივი დინამიური ამოცანის ამოხსნა პირდაპირი მეთოდით. (გამოიყენება საანგარიშო პროგრამული კომპლექსი ЛИРА 9.6). განისაზღვრებიან სეისმური ძალის (სამ განზომილებიანი ვექტორი) მნიშვნელობები იზოლირებული ნაწილის სართულშუა გადახურვის დონეებზე სეისმოიზოლატორებში და მათ შენობის ქვედა ნაწილის კონსტრუქციულ ელემენტებში ძალოვანი ფაქტორის მნიშვნელობები. შენობის სართულშუა დასახურვის დონეებზე მიღებული სეისმური ძალების მაქსიმალურ მნიშვნელობებზე, ვერტიკალურ დატვირთვებზე და მათ საანგარიშო დატვირთვებზე ნებისმიერი საანგარიშო პროგრამული კომპლექსებით ხორციელდება სტანდარტული სტატიკური და კონსტრუქციული გაანგარიშებები. აღნიშნული მეთოდი აპრობირებულია სოფელ ფონიჭალაში 260 ბავშვზე საბავშვო ბაგა-ბაღის დაპროექტებულ შენობაზე. გაანგარიშებაში გამოყენებულია GZY700V5A ტიპის 51 რეზინომეტალური საყრდენის ძვრის ძალისა და ჰორიზონტალურ გადაადგილებას შორის დამოკიდებულების მახასიათებელი გრაფიკი. გაანგარიშებებში გამოყენებულია ცხრილ 1-ში მოყვანილი აქსელეროგრამები.

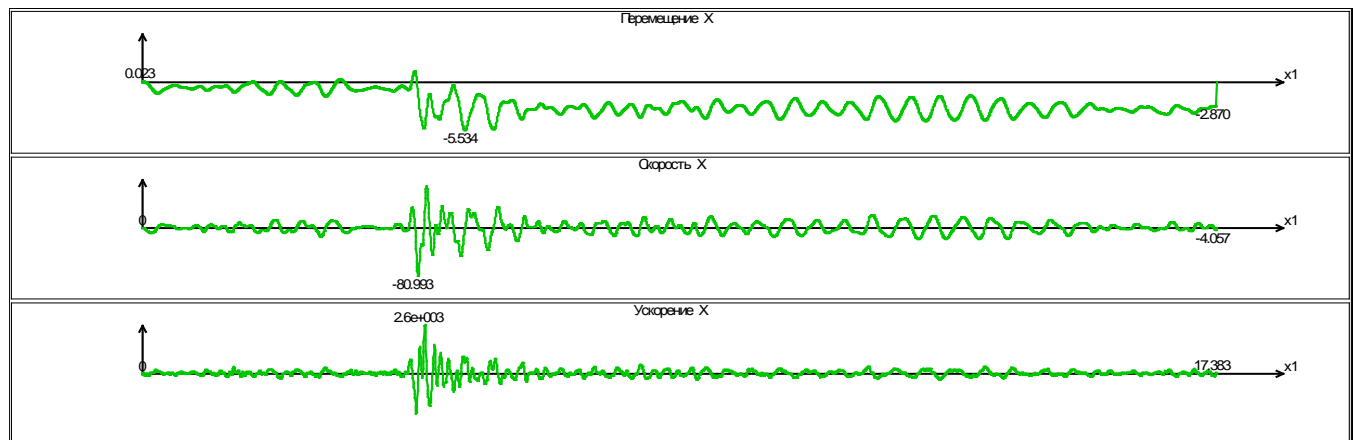
№	აქსელეროგრამის დასახელება	დისკრეტიზაციის ბიჯი	წერტილები რაოდენობა	მაქსიმალური აჩქარება	საშუალო კვადრატული სიხშირე
1	ამბროლაური 03.05.1991	dt = 0.0078125	n = 1800	a = 200	f=3.958
2	თბილისი	dt = 0.01	n = 1500	a = 195	f=6.547

	25.04.2002				
3	რაჭა 19.01.2011	dt = 0.01	n = 3572	a = 200	f=2.978
4	საირმე 19.01.2011	dt = 0.01	n = 6581	a = 200	f=1.483
5	ონი 14.02.2000	dt = 0.0078125	n = 1800	a = 200	f=4.58
6	საირმე 19.01.2011	dt = 0.01	n = 5570	a = 210	f=4.655
9	Elcentro 1940	dt = 0.02	n = 1500	a = 341.7	f=4.00-1.67

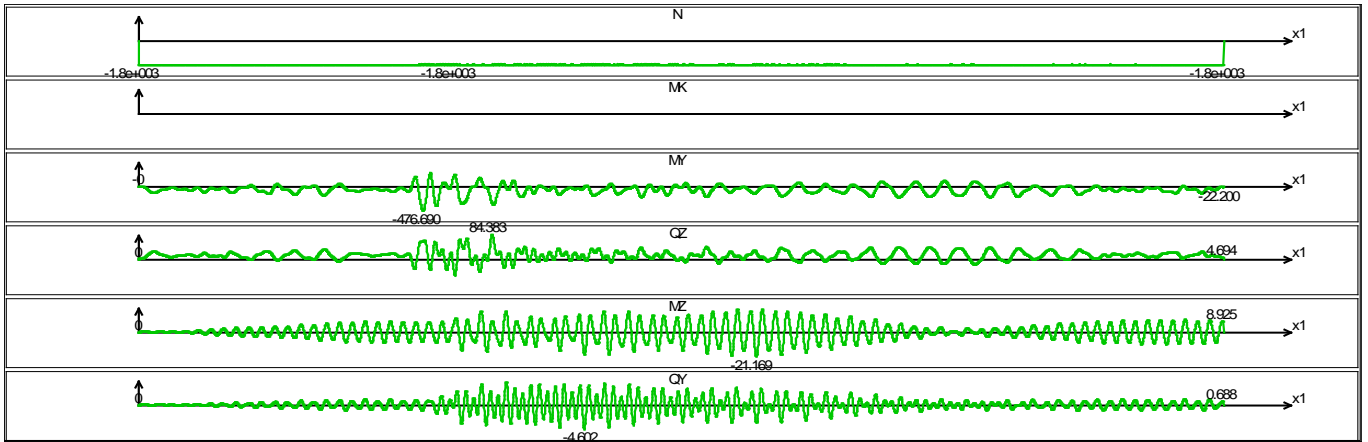
აქსელეროგრამები აღებულია ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა ინსტიტუტის მიერ ქ. თბილისის სხვადასხვა უბანში ჩატარებული გეოფიზიკური კვლევების ანგარიშებიდან. რაც შეეხება აქსელეროგრამას Elcentro 1940, იგი ითვლება ეტალონურ მაგალითად.

სადისერტაციო ნაშრომში გაანგარიშების შედეგები მოყვანილია გრაფიკებისა და ცხრილების სახით. მაგალითად განხილულია საბავშო ბაგა-ბაღის შენობის გაანგარიშება თბილისის 25.04.2002 წლის მიწისძვრის აქსელეროგრამაზე.

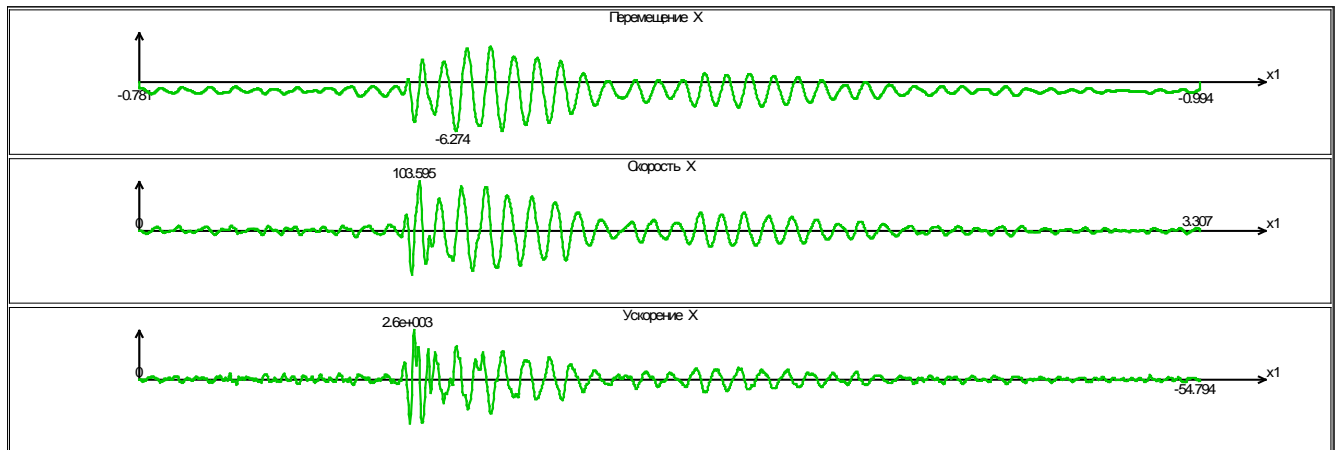
ქვემოთ მოყვანილია საბავშო ბაგა-ბაღის შენობის ზედა სართულის დონეზე გადაადგილების, სიჩქარის და აჩქარების გრაფიკები და ზეძირკვლის გადახურვის დონეზე სეისმური ძაღვების მნიშვნელობების გრაფიკები



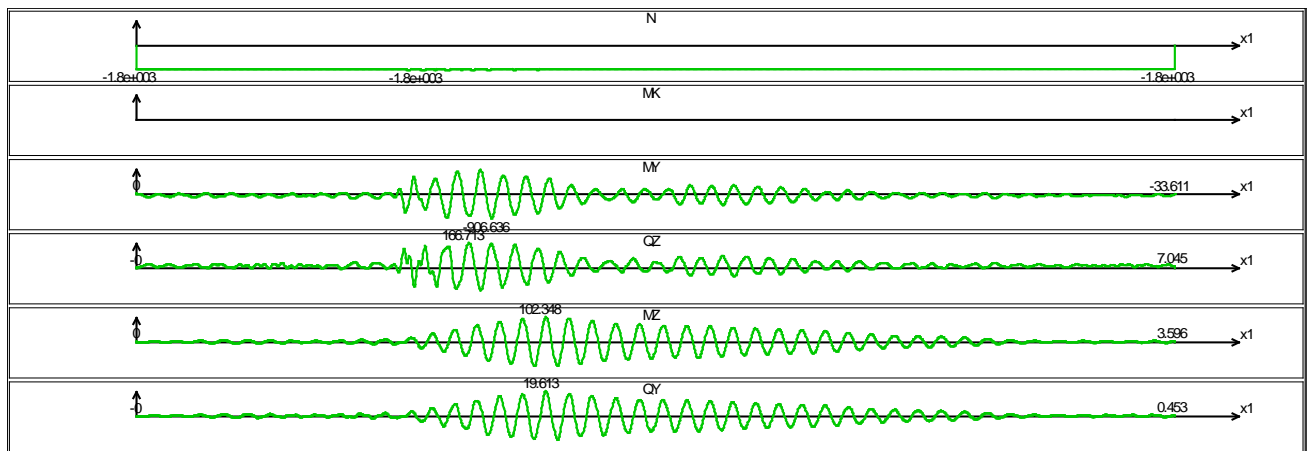
გადაადგილების, სიჩქარის და აჩქარების გრაფიკები სეისმოიზოლირებულ შენობისათვის.



ზედირკვლის გადახურვის დონეზე სეისმური ძაღვების მნიშვნელობების გრაფიკები სეისმოიზოლირებულ შენობისათვის.



გადაადგილების, სიჩქარის და აჩქარების გრაფიკები არასეისმოიზოლირებულ შენობისათვის.



ზედირკვლის გადახურვის დონეზე სეისმური ძაღვების მნიშვნელობების გრაფიკები არასეისმოიზოლირებულ შენობისათვის.

მაგალითად მოყვანილი გაანგარიშების შედეგების ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ რეზინოლითონის სეისმოიზოლატორების გამოყენების შემთხვევაში ორსართულიანი საბავშვო ბაგა-ბაღის შენობისათვის სეისმური ძალების მნიშვნელობები 2.-2.5 ჯერ მცირდება. ასეთი განპირობებულია გამოყენებული აქსელეროგრამების მახასიათებლების განხვევით.

### **ძირითადი დასკვნები**

სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებულია ნაგებობათა სეისმოდამცვი სისტემების, კერძოდ სეისმოიზოლატორების, გამოყენება. რომლის განთავსება ხდება ნაგებობის და ნაგებობის მზიდ კონსტრუქციებს შორის.

კვლევების შედეგად დადგინდა:

1. სეისმოიზოლაციის სისტემის გამოყენებისას ნაგებობაზე მომქმედი სეისმური დატვირთვა დაახლოებით 2 დან 2,5 –მდე მცირდება;
2. სეისმური ძალის ზემოქმედების შემცირება მზიდი კონსტრუქციებში იწვევს ინერციული ძალების შემცირებას, რის შედეგადაც მცირდება მიწისძვრის დროს კონსტრუქციული ელემენტების რღვევის სიხშირე;
3. ინერციული ძალების შემცირება იწვევს შენობის მზიდი კონსტრუქციების გადაადგილების შემცირებას, რაც ძალზე მნიშვნელოვანია ნაგებობის სეისმომდეგობაზე გაანგარიშებისას;
4. გადაადგილების შემცირება დაკავშირებულია მზიდ კონსტრუქციულ ელემენტებში ძალების შემცირებასთან, ძალების შემცირება იწვევს კონსტრუქციების განიკვეთის, ბეტონისა და არმატურის ხარჯის შემცირებას;

5. სეისმოიზოლაციის გამოყენებისას შეზღუდულია გადახურვის ძვრა, რომელიც გამორიცხავს არაკონსტრუქციული ელემენტების დაზიანებას და საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ შენობა ძლიერი მიწისძვრის შემდეგაც;

6. ძაღვების სიდიდე მზიდ კონსტრუქციებში შემცირდა დაახლოებით 2-ჯერ, რომელიც ემთხვევა მიახლოებითი მეთოდით (მაგალითი) გაანგარიშებისას მიღებულ სიდიდეებს;

7. დღევანდელი მდგომარეობით პრაქტიკულად შეუძლებელია რეალური ნაგებობებისათვის არაწრფივი დინამიური ამოცანის ამოხსნა პირდაპირი მეთოდით. ასეთ შემთხვევაში გამოიყენება ნაგებობის ნაწილის საანგარიშო მოდელის გამარტივების მეთოდიკა.

8. საქართველო განთავსებულია მაღალი სეისმოაქტივობის ზონაში. მისი ტერიტორია მოთავსებულია 8 და 9 ბალიან ზემოქმედების არეში, მაშინ როცა 25 წლის წინ საქართველო ძირითადად 7 და 8 ბალიან ზონაში იმყოფებოდა. თბილისში საზოგადოებრივი და სამრეწველო მშენებლობა მიმდინარეობდა 7 ბალის გათვალისწინებით. ამჟამად ეს ზემოქმედება გაიზარდა ორჯერ.

9. საქართველოში ყველა საზოგადოებრივი ნაგებობა შენდებოდა ჩვენს მიერ შექმნილ უნიფიცირებულ კარკასულ კონსტრუქციებში, ИИС-04 სერიაში. შემდგომ მრავალ სეისმურ თუ არასეისმურ რაიონებში ათვისებულ იქნა ასევე ჩვენს მიერ დამუშავებული და დანერგილი კარკასული სერია გადახურვის არმატურის დაძაბვით სამშენებლო მოედანზე (იუგოსლაველი პროფ. ჟეჟელის სისტემით). ორივე სერიაში მარტო თბილისში აშენდა 250-ზე მეტი 16-18 სართულიანი საცხოვრებელი სახლი, სკოლები, სავაჭრო დაწესებულებები, ადმინისტრაციული და სხვა ტიპის ნაგებობები.

10. დღეს დავდექით ასეთი პრობლემის წინაშე: ჩვენს მიერ აგებული ყველა ინდუსტრიალური ნაგებობა მოითხოვს გაძლიერებას 8 ბალამდე აყვანით, ანუ უნდა გავითვალისწინოთ სამშენებლო ნორმები და წესები „სეისმომედეგი მშენებლობა“ (პნ 01.01-09), რომლებიც ძალაში შევიდნენ 2010 წლიდან და სავალდებულო არიან გამოყენებისთვის.

11. სეისმოიზოლირებულ შენობებს ჩვეულებრივ ანტისეისმურ ღონისძიებებთან შედარებით ის უპირატესობა აქვს, რომ: იზრდება უსაფრთხოება და საიმედოობა სეისმური რეაქციის შემცირებით მიწისძვრის დროს, დაზიანების და ჩამონგრევის თავიდან არიდება; სასიცოცხლოდ აუცილებელი წარმოების სისტემის უწყვეტი მუშაობის უზრუნველყოფა - ელექტროენერჯის მიწოდება, წყალსადენის ქსელების ფუნქციონირება, ხანძარსაქრობი სისტემის და სხვა საინჟინრო კომუნიკაციების და ნაგებობების შენარჩუნება.
12. იმისათვის, რომ საქართველოში დაინერგოს სეისმოიზოლაციური სისტემები, რომლებიც იმის გარდა, რომ დაიცავს საქართველოს მოსახლეობას კატასტროფული მიწისძვრებისაგან, შეამცირებს მშენებლობის ღირებულებას, როგორც ამას ადასტურებენ საზღვარგარეთელი ავტორები.
13. ამ სისტემაზე მასიური გადასვლა მოითხოვს პროფესიონალური ტექნიკური საგანმანათლებლო და საწავლო ეროვნული პროგრამის შექმნას. უნდა მოეწყოს მუშა-მოსამსახურეთა და სამუშაოთა მწარმოებლების გადამზადების კურსები.
14. საჭიროა გამკაცრდეს ზედამხედველობის სამსახური, როგორც სახელმწიფოს დაქვემდებარებულ, ისე კერძო მშენებლობაზე, საპროექტო სამუშაოებზე (ექსპერტიზა) და მშენებლობაზე.
15. სასწრაფოდ მოხდეს არსებული შენობების პასპორტიზაცია, რათა დადგინდეს იმ ნაგებობათა რიცხვი, რომელთაც სჭირდებათ გამლიერებითი სამუშაოები მოქმედი სნ და წ „სეისმომდეგი მშენებლობა“ (პნ 01.01-09).
16. სასწრაფოდ დაინერგოს EC-8 გამოყენება მისი მისადაგებით ადგილობრივ სნ და წ - სთან. დამუშავდეს ნაციონალური თავისებურებების გათვალისწინებით სპეციალური დამატებები. გაკორექტირდეს ახლახან გამოცემული ევროკოდი - 8, ნაწილი 1 და ნაწილი 5 მშენებელი სპეციალისტის მიერ, რათა ეს მასალა უფრო გასაგები იყოს.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში

1. მ. ბედიაშვილი - „საქართველოში სეისმოიზოლაციის სისტემის დანერგვისათვის“. „მშენებლობა“ სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი №4(31) 2013 წ. 39-45 გვ.
2. А. Сохадзе, М. Бедиашвили. «Предпосылки антисейсмических мероприятий гражданских сооружений и усиление-восстановление поврежденных зданий» Москва, 2013г. Материалы 2-ой Международной конференции асоциации ЕНСЕРТ.
3. ა. სოხაძე, მ. ბედიაშვილი „ნაგებობათა სეისმომდეგობის ამაღლება სეისმოიზოლაციის საშუალებების გამოყენებით“. „მშენებლობა“ სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი № 1(32) 2014 წ. 100-109 გვ.
4. მ. ბედიაშვილი - „არსებული შენობა-ნაგებობების სეისმომდეგობის ამაღლება სეისმოიზოლაციის მეთოდებით“. „მშენებლობა“ სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი № 1(32) 2014 წ. 121-125 გვ.
5. ა. სოხაძე, მ. ბედიაშვილი. „არსებული შენობების გაძლიერება სეისმომდეგობის ამაღლების მიზნით. “ „მშენებლობა“ სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი № 1(36) 2015 წ. 36-43 გვ.
6. Soxadze, Bediasvili – “Improvement of buildings seismic resistance by application of application of seismic insulation”. International Conference- Seismic-2014. “Seismic resistance and rehabilitation of buildings” Tbilisi, Georgia, 2014. გვ. 32-40;



### **Abstract**

In the presented doctoral thesis are considered and recommended known methods for mitigation and generally protective measures for most catastrophic event on the earth - earthquake.

Most of all humanity, its cultural and civilized achievement, make losses from sudden catastrophic earthquake.

From ancient times, our ancestors were fought earthquake, they creates of such engineering methods for improving stability of buildings, especially the religious monuments, that is still under studying with interest and some even are use in the modern mass and industrial construction.

Georgia and the Georgian builders also in the modern era are staying on the leading positions and also will standing on it.

The resonant–vibration theory was advanced by a Japanese scientist in Mononobe in 1920. Exactly this theory were extended in 1927 by our fellow citizens, the world renowned scholar, C.S. Zavriev, this was followed by establish of entire team of specialists to a scientific study of seismic events and earthquake resistance in Georgia.

Was established Tbilisi zonal scientific research and experimental design institute, who won on the all-union competition and create a unified framework for massive industrial construction of public buildings.

Unified framework is intended for the all Soviet Union seismic areas under action of 6,7,8 and 9-point seismic effects, for buildings with up to 16 floors, although were built lot of 18 and more floors public buildings. A headed by me as chief engineer of institute and chief engineer of the project group, further make adaptation the same framework for construction of multi-storey industrial high useful loads.

Particularly would be mentioned the multi-storey residential buildings construction method by roofing reinforcement tension in conditions under construction by Yugoslavian professor Zhezhelis.

For creation and massively introducing of above mentioned framework systems in the 11 Soviet Union seismic active Republics our staff twice was awarded by the USSR Council of Ministers laureates title and the State Prize of Georgia, First Prize of the Georgia Trade-Unions Central Council of Presidium, Medal of Honor, a gold medal of the All-Union achievements exhibition, and so on.

During 30-35 years with created by us uniform frame ИИС-04 were built up to millions of residential, public and industrial buildings. During this time, there has not been any serious damage. In some places, they still are in use.

But now is the 21st century. The devastating earthquakes had escalated, in adjacent of our country: Spitak, Armenia, 1988, Van Turkey 2011, Iran, Makhachkala, etc. earthquakes has forced us to observe the world's advanced countries' experience and let us made familiar with their latest achievements in the field of seismic resistance.

We, who have been at leading positions in the Soviet Union in the field of earthquake engineering, are now forced to use foreign achievements.

In Georgia has been canceled the K. Zavriev Institute of Earthquake Engineering and Structural Mechanics of Academy of Sciences, Tbilisi zonal scientific research and typical and experimental design Institute, hydraulic structures, building materials and other institutions.

And more: was destroyed for years, carefully created scientific experimental bases, in which were created new construction seismic systems for public and worldwide known famous waterworks.

Therefore, the intensively study the experience of such countries and works of new seismic protection systems developers in field of science and engineering, such as, Japan, France, Italy, Armenia, Kazakhstan, Russia, US and others.

It is known that during the design earthquake in building were originated different size cracks. After further aftershocks the number of crack increases, while the stiffness of building is reduced and as a result are reduced the values of the seismic load.

But, you know, that the due decreasing of stiffness of building would be reduced the applied seismic impact, therefore we will think how to save the building in this way. Exactly due this fact has led scientists to the start of exposure to seismic protection systems search.

Over the past three decades were created several implemented in practice method: seismic insulation systems that are widely used in our country, as well as abroad. These include active and passive seismic insulation and seismic damping systems: Mostly was widespread in seismic protection systems the seismic insulated foundations, which is widespread in many countries.

We consider the seismic protection compression pillars, which represent rubber-metal and rubber-plastic elements. Such pillars produced and used at new construction, especially in construction of multi-story buildings.

Manufacturing of rubber-metals multilayer pillars are easy due to their simplicity. At building design parameters of pillars are easily selected by determination of pads thickness and quantity.

Such pillars significantly increases the vibration damping and almost 2 times reduces the building reaction time at seismic impact as well as almost 2 times is reduced the basic period of seismic oscillations.

Due state of our cities, special importance has the issue of reinforcement of existing buildings. Especial importance has such building that will cause irreparable consequences, and for

some, the destruction is not permitted. These include: hospitals, kindergartens, schools, police, prison, communications, water supply and such buildings.

For them in Armenia was created a special method: the existing buildings was lifted by jacks, were exposure foundations, on them are placed on rubber-metal pillars and then arrange the building on this pillars. This is facilitated by the fact that such buildings are 2-4 floors.

On this method, we informed the Tbilisi City Hall and the Ministry of Economy and Sustainable Development.

The second method, which is also suggested by Armenian experts provides on the tenth floor of existing 9 floors building arrangement of seismic damping system.

The top of the 9th floor building column was exposure and on it was arranged rubber-metal supports. And on those are arranged the columns of tenth floor. Was created the tenth floor, which is reinforced building rigid metalwork. This procedure takes place without eviction of tenants. Both of these techniques is advisable to be applied in the form of experiment in Tbilisi, on which is informed the Mayor of Tbilisi.

On necessity of implementation in Georgia of seismic insulation systems, I was referred to the 61th General Assembly of European Council of Civil Engineers, in Naples (Italy) and on the 63 th General Assembly in Madrid (Spain) in 2015 and 2016 accordingly.

The General Assembly of Europe expressed its full support and now it will be done by City hall, as well as us, the enthusiasts of this case.