

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მალხაზ ბედიაშვილი

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

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

2016 წ. ივნისი

საავტორო უფლება © 2016 წელი, მალხაზ ბედიაშვილი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
სამშენებლო ფაკულტეტი
სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი
სსიპ შ. რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდი

ხელმძღვანელი: პროფესორი

ა. სოხაძე

პროფესორი მ. ჭანტურია

რეცენზენტები: პროფესორი ლია კახიანი

პროფესორი გელა ყიფიანი

დაცვა შედგება 2016 წლის ” 30 ” ივნისს, 14⁰⁰ საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის
სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია 507^ა
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი: პროფესორი დ. ტაბატაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ბედიაშვილი მალხაზის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „სამოქალაქო ნაგებობათა ანტისეისმური ღონისძიებები (დაზიანებული შენობების აღდგენა-გამაგრების მაგალითები)“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი 2016 წელი

ხელმძღვანელი:

პროფესორი

ა. სოხაძე

თანახელმძღვანელი:

პროფესორი

მ. ჭანტურია

რეცენზენტი:

პროფესორი

ლ. კახიანი

რეცენზენტი:

პროფესორი

გ. ყიფიანი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2016 წელი

ავტორი: ბედიაშვილი მალხაზი

დასახელება: „სამოქალაქო ნაგებობათა ანტისეისმური ღონისძიებები
(დაზიანებული შენობების აღდგენა-გამაგრების მაგალითები)“

ფაკულტეტი : სამშენებლო

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: თარიღი 2016 წლის 30 ივნისი, 14.00 სთ

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

წარმოდგენილ სადოქტორო ნაშრომში თემაზე „სამოქალაქო ნაგებობათა ანტისეისმური ღონისძიებები (დაზიანებული შენობების აღდგენა–გამაგრების მაგალითები)“ განხილულია და რეკომენდირებულია დედამიწაზე ყველაზე კატასტროფული მოვლენის – მიწისძვრის შემამცირებელი და დამცავი ღონისძიებების გატარების ცნობილი მეთოდები.

ყველაზე მეტად კაცობრიობა, მისი კულტურული და ცივილიზირებული მონაპოვარი, ზარალდება მოულოდნელი კატასტროფული მიწისძვრისაგან.

უხსოვარი დროიდან ჩვენი წინაპრები ებრძვიან მიწისძვრას, ქმნიან ისეთ საინჟინრო მეთოდებს განსაკუთრებით საკულტო ნაგებობათა მდგრადობის ასამაღლებლად, რომლებსაც დღესაც ინტერესით ეცნობიან და ზოგიერთს იყენებენ კიდევ თანამედროვე მასიურ და ინდუსტრიალურ მშენებლობაში.

ცნობილია, რომ საანგარიშო მიწისძვრის შედეგად ნაგებობაში ჩნდება სხვადასხვა სიდიდის ბზარები. შემდგომი განმეორებითი ბიძგების დროს ბზარების რაოდენობა იზრდება, ამავდროულად შენობის სიხისტე მცირდება და შედეგად მცირდება სეისმური დატვირთვის სიდიდეც. მაგრამ, თუ ვიცით, რომ შენობის სიხისტის შემცირებით შეგვიძლია შევამციროთ მასზე მოსული სეისმური ზეგავლენაც, მაშასადამე უნდა ვიფიქროთ, როგორ შეიძლება ამ გზით გადავარჩინოთ ნაგებობა.

სწორედ ამ გარემოებამ, უბიძგა მეცნიერებს დაეწყოთ სეისმური ზემოქმედებისაგან დაცვის სისტემების ძიება.

უკანასკნელი სამი ათეული წლის განმავლობაში შეიქმნა რამოდენიმე პრაქტიკაში დანერგილი საანგარიშო მეთოდი; სეისმოიზოლაციის სისტემები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ჩვენი ქვეყნის გარეთ. ესენია აქტიური და პასიური სეისმოიზოლაციის და სეისმოდახშობის სისტემები:

გავრცელება სეისმოდაცვის სისტემებში ჰპოვა სეისმოიზოლირებულმა საძირკვლებმა, რომელიც გამოიყენება მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში.

ნაშრომში განვიხილულია სეისმოდაცვის შეკუმშვის საყრდენები, რომლებიც წარმოადგენენ რეზინალითონის და რეზინაპლასტიკურ ელემენტებს. ასეთი საყრდენები მზადდება და გამოიყენება ახალი მშენებლობის დროს, განსაკუთრებით მრავალსართულიან შენობებში.

რეზინალითონის მრავალფენიანი საყრდენების დამზადება ადვილია მათი სიმარტივის გამო. ნაგებობათა პროექტირების დროს საყრდენების პარამეტრების შერჩევა მარტივად ხდება საფენების სისქის და რაოდენობის დადგენის ხარჯზე.

ასეთი საყრდენები საგრძნობლად ზრდის რხევის ჩახშობას და ამცირებს შენობის რეაქციას სეიმური ზემოქმედებისას და რხევების ძირითად პერიოდს.

ჩვენ ქალაქებში არსებული შენობების მდგომარეობიდან გამომდინარე, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ასეთი შენობების გამაგრება- გაძლიერების საკითხი. განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ისეთ ნაგებობებს, რომლებიც გამოიწვევენ გამოუსწორებელ შედეგს, ხოლო ზოგის ნგრევა დაუშვებელია. ესენია: საავადმყოფოები, საბავშვო ბაღები, სკოლები, პოლიციის, ციხის, კავშირგაბმულობის, წყალმომარაგების და შენობები, რომლებიც უნდა ფუნქციონირებდეს გამართულად.

სომხეთში შექმნეს არსებული შენობების სეისმომედეგობის ამაღლებისათვის განსაკუთრებული მეთოდები: არსებულ შენობებს სწევენ დომკრატებით, აშიშვლებენ საძირკვლებს, მათზე განალაგებენ რეზინალითონის საყრდენებს და შემდეგ ისევ ათავსებენ შენობას ახალ საყრდენებზე. ასეთი ნაგებობები 2-4 სართულიანია.

მეორე მეთოდი, რომელიც ასევე სომეხმა სპეციალისტებმა შემოგვთავაზეს ასეთია: 9 სართულის მქონე შენობის მეათე სართულზე სეისმოდამხშობი სისტემის მოწყობაა. მე-9 სართულის ზედა სვეტებს აშიშვლებენ და მასზე ამონტაჟებენ რეზინალითონის საყრდენებს, ხოლო

მათზე აგებენ მეათე სართულის სვეტებს. შეიქმნება მეათე სართული, რომელსაც ხისტი, ლითონის ფერმებით კრავენ. ეს პროცედურა მოსახლეობის გამოუსახლებლად ხდება.

ორივე ამ მეთოდის გამოყენება თბილისში, ექსპერიმენტის სახით მიზანშეწონილად მიგვაჩნია.

საზღვარგარეთის და სამამულო ლიტერატურაში არსებულ მასალაზე დაყრდნობით, ნაშრომის მიზანია დავაზუსტოთ სეისმოიზოლირებული სისტემების გაანგარიშების მეთოდთა და შევქმნათ ქვეყანაში ამ სისტემების დანერგვის საფუძვლები. ამისათვის აღებული იქნა მშენებარე ორსართულიანი სარდაფით კარკასულ კონსტრუქციებში დაპროექტებული ბაგა-ბალი 260 ბავშვზე, ფონიჭალაში (თბილისი).

გაანგარიშებაში გამოყენებული იყო GZY700VSA ტიპის რეზინა-მეტალური საყრდენები და რამოდენიმე ტიპის აქსელეროგრამები.

მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს ნაგებობაზე მოქმედი სეისმური დატვირთვის დაახლოებით 2-დან 2,5 -მდე შემცირებას.

ამგვარად, დასახული მიზანი - საქართველოში ათვისებულ იქნას კატასტროფული მიწისძვრების თავიდან აცილების მსოფლიოში აპრობირებული მეთოდი, სეისმოიზოლაციური სისტემების გამოყენება, მიღწეულია.

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 1927by 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. Zavriv 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

შინაარსი

თავი 1. გამოყენებული ლიტერატურის ზოგადი მიმოხილვა

1.1. ანტისეისმური ღონისძიებები ანტიკური ხანიდან XIX საუკუნემდე

1.2. შენობების სეისმოდაცვის არსებული მეთოდები

1.3. ფრიქციული მოძრავი საყრდენები

თავი 2.

2.1. ნაგებობათა სეისმომდეგობის ამაღლება სეისმოიზოლაციის საშუალებათა გამოყენებით

2.2. ანტისეისმური ღონისძიებები

2.3. შენობა-ნაგებობების სეისმოგამლიერება, რეზინამეტალის სისტემის გამოყენებით

თავი 3.

3.1. არსებული შენობების რემონტი და გამლიერება სეისმომდეგობის ამაღლების მიზნით

3.2. YSOSLAB მარტივი, სწრაფი და უსაფრთხო კონსტრუქცია სეისმურ ზონაში მშენებლობისათვის

თავი 4.

4.1. ახალი ანტისეისმური სისტემები

4.2. სეისმოიზოლირებული სისტემების გაანგარიშება რეზინალითონის საყრდენებით სეისმოიზოლაციური სისტემებით აღჭურვილი შენობების გაანგარიშების მეთოდი

4.3. სეისმოსაიზოლაციო სისტემებით აღჭურვილი შენობების გაანგარიშების მეთოდიკა

ძირითადი დასკვნები

გამოყენებული ლიტერატურა

ცხრილების ნუსხა

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

ცხრილი 2. შენობებზე მოსული დატვირთვები

ცხრილი 3. სეისმური ძალისგან გამოწვეული გადაადგილებები,
სიჩქარე და აჩქარება

ნახაზების ნუსხა

- ნახ. 1. კედლის მშრალი წყობა „მერცხლის კუდის“ ჩაჭედვით
- ნახ. 2. „მერცხლის კუდის“ ჩაჭედვა წყობაში, დეტალი
- ნახ. 3. კვანძური ქვის მუშაობის სქემა „მერცხლის კუდის“ ჩაჭედვით
- ნახ. 4. ანტისეისმური წყობა კვადრებით, „ჯაჭვური სარტყელი“ დეტალი
- ნახ. 5. ანტისეისმური სარტყელი ქვის წყობით
- ნახ. 6. ნოქალაქევი. ანტიკური გვირაბი. გეგმა, ჭრილი და დეტალი
- ნახ.7. ჯიგრაშენის განივი ჭრილის სქემა
- ნახ. 8. გუმბათქვეშა დოლის ჭრილის სქემა ანტისეისმური ხის კავშირებით ჯიგრაშენზე და მრუდთარგოვანი აგურები ჯვრის ფორმით
- ნახ. 9. ბოლნისის სიონი/განმტვირთავის ხვრელიანი/წყობის მუშაობის სტატიკური სქემა
- ნახ.10. ბოლნისის სიონი. სამხრეთის კარების გამჭოლი განმტვირთავის ხვრელიქვის წყობის ზღუდარში
- ნახ.11. გამბჯენში ჩამონტაჟებული ჰიდრავლიკური დემპფერის დეტალი
- ნახ.12. ჯვარედინი გამბრჯენები
- ნახ.13. გამბრჯენი დაყენებული ჰიდრავლიკური დემპფერებით
- ნახ.14. ქანქარა საკისარი
- ნახ.15. იზოლირებული შენობის ხედი ექსპლუატაციაში შეყვანამდე
- ნახ.16. შენობის მოდელების დეფორმაციათა სეისმოიზოლაციის გარეშე (ა) და სეისმოიზოლაციით (ბ)
- ნახ.17. ქვედა ფილის არმირება
- ნახ.18. ზედა ფილის ჩასხმისათვის მომზადება
- ნახ.19. სეისმოიზოლაციურ საყრდენთა ტიპები
- ნახ.20. დასრულებული პროექტი
- ნახ. 21. სეისმოიზოლაციის მქონე შენობების წრფივი გაანგარიშების ორ მასიანი მოდელი
- ნახ. 22. წრფივი ექვივალენტური გაანგარიშების გრაფიკი
- ნახ. 23. სპიტაკის მიწისძვრის აქსელეროგრამა

- ნახ.24. ეკვადორი. კარკასული შენობა. თითქმის ყველა კვანძი კოლონა + რიგელი დარღვეულია
- ნახ.25. სეისმოიზოლატორების ტიპები
- ნახ.26. ნაგებობათა სეისმოიზოლაცია. ი.დ.ჩერეპინსკის კინემატიკური საძირკვლები
- ნახ. 27. სეისმოიზოლაცია სილიკონიანი ამორტიზატორებით
- ნახ. 28. დაწყებითი სკოლა იზოლატორებით და ამორტიზატორებით
- ნახ. 29 რკინიგზის ხიდების სეისმოიზოლაცია ქანქარა იზოლატორებით
- ნახ. 30 101 სართულიანი ცათამბჯენი ტაიბეიში, ტაივანი.
- ნახ. 31 „Transamerica Pyramid „ შენობა სან-ფრანცისკოში, კალიფორნია.
- ნახ.32 თხევადი ბლანტ-დრეკადი დემპფერი შენობაში
- ნახ. 33 ზამბარისებური დემპფერი

მიძღვნა

წინამდებარე სადოქტორო დისერტაციის შრომას ვუძღვნი ჩემს ხელმძღვანელს, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობის დეპარტამენტის ხელმძღვანელის პროფესორის, დოქტორის, აგული სოხაძის ნათელ ხსოვნას.

ის იყო მაგალითი ჩემთვის, წითელდიპლომიანი ახალგაზრდისათვის. ეს მაგალითი შემდეგ, მთელი ცხოვრების მანძილზე გამყვა.

ევროკავშირის ექსპერტი მშენებლობის დარგში,
საბჭოთა კავშირის სახელმწიფო პრემიის ორგზის ლაურეატი,
საქართველოს მთავრობის პირველი პრემიის ლაურეატი,
საქართველოს საინჟინრო აკადემიის აკადემიკოსი,
საქართველოს დამსახურებული მშენებელი

მალხაზ ბედიაშვილი

2016 წლის 15 აპრილი

შესავალი

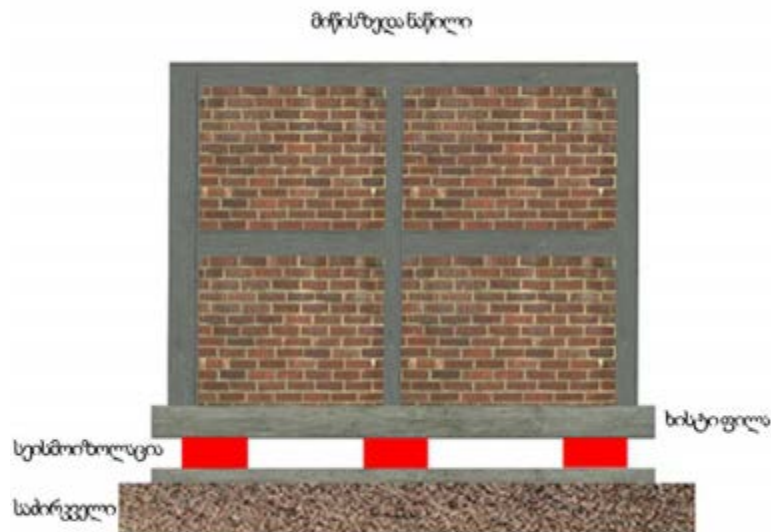
თემის აქტუალობა: მიწისძვრა – ყველაზე მრისხანე სტიქიური მოვლენა – იწყება მოულოდნელად გამაფრთხილებელი ნიშნების გარეშე და თავის მაქსიმალურ ძალას რამდენიმე წამში ავლენს. ადამიანები ვერ ასწრებენ დასანგრევად განწირული შენობის დატოვებას. არა აქვთ შესაძლებლობა გადაარჩინონ არა თუ სხვისი, არამედ საკუთარი სიცოცხლეც კი, მრავალი თაობის მიერ დაგროვილი მატერიალური თუ კულტურული ფასეულობა [44].

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 სეისმომედეგი მშენებლობის პრობლემა, რომლის ერთ-ერთი ოპტიმალური უზრუნველყოფის თანამედროვე მიმართულებასაც წარმოადგენს სეისმოიზოლაციის სისტემა. ის უზრუნველყოფს მიწისძვრისგან გამოწვეული ძალების შემცირებას 1-2 ბალით, რაც პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაშია განიკვეთის 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 [2][26].

სეისმოიზოლატორების სამირკველში განთავსების დროს ძირეულად იცვლება შენობის საანგარიშო სქემა. თუ ჩვეულებრივი მრავალსართულიანი შენობა n-ჯერ სტატიკურად ურკვევია, სეისმოიზოლატორიანი შენობის საანგარიშო სქემა არის ორჯერ სტატიკურად ურკვევი, რომლის

განგარიშებაც ბევრად უფრო მარტივია. ერთ მასას წარმოადგენს სეისმოიზოლატორი და განთავსებული ხისტი გადახურვა, რომელსაც ეყრდნობა შენობის მიწისზედა ნაწილი, ხოლო მეორე მასა არის მიწისზედა ნაწილის მთლიანი მასა. ანუ, მიწისძვრის დროს დეფორმაციას განიცდის სეისმოიზოლატორი (გრუნტის აჩქარების გამო), ხოლო მიწისზედა ნაწილი გადაადგილდება ხისტ ფილასთან ერთად, როგორც მთლიანი მასა, მყარი ტანი. ამდენად დეფორმაცია მზიდ კონსტრუქციებში არის ძვრის დეფორმაცია და ძალზე მცირეა, რომლის აღდგენაც ადვილია [17].

მართალია, სეისმოიზოლაცია მისი მოწყობის დროს 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. პრაქტიკიდან და არსებული ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ყველა ზემოთ მოყვანილი ხარჯები ბევრად აღემატება იმ ხარჯებს, რაც სეისმოიზოლაციის მოწყობითაა გამოწვეული.



ნახ. 0 სეისმოიზოლაციის განხორციელების სქემა

დისერტაციის მიზანს შეადგენს: სეისმოდამცავი სისტემების გავლენა რკინაბეტონის მაღლივი კარკასული, ასევე ბლოკური თუ პანელური

შენობების დინამიურ მახასიათებლებზე, მათი ეფექტური და უსაფრთხო გამოყენების შესწავლა, სტატიკური და დინამიური მახასიათებლების დადგენა რეალური კონსტრუქციისათვის, ღირებულების და ეკონომიურობის შეფასება კომპიუტერული ექსპერიმენტის საფუძველზე. ჩატარებული კვლევის საფუძველზე საქართველოში შეიქმნას სეისმომედეგი შენობა-ნაგებობები, რომელთა ექსპლოატაცია იქნება უსაფრთხო.[1]

ექსპერიმენტული კვლევის ამოცანა: რკინაბეტონის კარკასული შენობის, კერძოდ მშენებარე საბავშვო ბაღის შენობის, დინამიური მახასიათებლების დადგენა, საძირკველში განთავსებული სეისმოიზოლატორის გავლენით და მის გარეშე, მიღებული შედეგების ანალიზი.

მეცნიერული სიახლე: ნაშრომში განხილულია კარკასული შენობის სეისმომედეგობაზე გაანგარიშება სეისმოიზოლაციის გამოყენებით საანგარიშო სქემის შეცვლა, არსებული გაანგარიშების მეთოდების სრულყოფა ახლად ასაგები თუ უკვე აგებული შენობის სეისმომედეგობის ამადლება. დამუშავებული მეთოდიკა იძლევა 2-2,5 ბალით მიწისძვრის ინტენსივობის შემცირების შესაძლებლობას.

სეისმოსაიზოლაციო სისტემების, როგორცაა რეზინოლითონის საყრდენები, ქანქარა იზოლატორები, საქართველოსთვის ადაპტირება და მათი გამოყენება უკვე აშენებულ თუ ახალ მშენებარე საცხოვრებელ თუ საყოფაცხოვრებო დანიშნულების შენობებში.

მიღებული შედეგების პრაქტიკული ღირებულება: სადისერტაციო ნაშრომში ჩატარებული კვლევები და პრაქტიკული გამოცდილება გვაძლევს იმის საფუძველს, რომ მოცემული მეთოდიკის დანერგვა და პრაქტიკული განხორციელება მნიშვნელოვნად შეამცირებს მშენებლობის თვითღირებულებას. სეისმოიზოლაციის გამოყენება შენობებში მოსახლეობას ააცილებს ზედმეტ ხარჯებს და შეუნარჩუნებს მათ სიცოცხლეს. ამიტომ საჭიროა მოვთხოვოთ ინვესტორებს ახალ შენობებში სეისმოიზოლაციური თუ

სეისმოდამხშობი სისტემების გამოყენება. მოსახლეობა, იცხოვრებს სეისმომედეგ სახლებში, რომლებიც მიწისძვრისგან დაცული იქნება.

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 1/.
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 1/.
4. 2016 წლის 2-8 მარტი: მადრიდი, ესპანეთი. მ. ბედიაშვილის გამოსვლა ევროპის სამოქალაქო ინჟინერთა საბჭოს 63-ე გენერალურ ასამბლეაზე. გამოსვლა დართულია დანართში /დანართი 1/.
5. 2016 წლის 15 ივნისი. სამხრეთ კორეის „მიდას“-ის ფირმის სემინარზე მ. ბედიაშვილის გამოსვლა სეისმოინჟინერიის სისტემების „მიდას“-ის სისტემებით გაანგარიშების თაობაზე.(იხ. დანართში)

თავი 1. გამოყენებული ლიტერატურის ზოგადი მიმოხილვა

1.1. ანტისეისმური ღონისძიებები ანტიკური ხანიდან XIX საუკუნემდე

საქართველოს ტერიტორია მდებარეობს მაღალი სეისმური აქტივობის ზონაში. მიწისძვრის ზემოქმედებით, საუკუნეების მანძილზე, დაინგრა და ამჟამადაც ინგრევა მრავალი შენობა-ნაგებობა. ისტორიამ მრავალი ცნობა შემოგვინახა დამანგრეველი მიწისძვრების შესახებ. ამასვე მეტყველებს მეცნიერების მიერ, თანამედროვე ტექნიკის გამოყენებით შესწავლილი და გამოქვეყნებული მასალები.

ახალი გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ჩვენი ქვეყნის სამშენებლო მოედნები დაყოფილია 7, 8 და 9 ბალიანი ინტენსივობის ზონებად.

მოგვყავს ზოგიერთი ცნობა ძლიერი მიწისძვრების შესახებ საქართველოში:

ბასილ ზარზმელი VIII-IX ს.ს. წერდა, რომ მოხდა დიდი ძვრა მიწისა, რომელმაც გააკვირვა ყველა [4].

გიორგი მთაწმინდელი XI ს-ში: აღნიშნავს. რომ მიწისძვრამ გაანადგურა ყოველივე.

ცნობილია დამანგრეველი მიწისძვრა მცხეთაში 1283 (1275) წელს, [1] რომლის დროსაც ჩამოიქცა სვეტიცხოვლის გუმბათი, მნიშვნელოვანი დაზიანებაც მიიღო ტაძარმა.

ჟამთაღმწერელი 1275 წ. მიწისძვრის შესახებ საქართველოში:

"ესოდენ რისხვით მოხედნა ღმერთმან ქუეყანასა სიმრავლისათვის უსამართლობათა ჩუნთასა, რამეთუ საფუძვლითურთ შეძრა ქუეყანა და შეძრწუნდა, რომელ დაიქცეს საყრდენი და მონასტერნი, ეკლესიანი და ციხენი, სახლნი ნაშენები მოოხრდეს, მთანი და ბორცვნი დაიზულეს, კლდენი სახედ მტურისა დაიგალნეს და მიწა განიპო და შავი წყალი, მსგავსი კუპრისა, აღმოიჭრა, ხენი მაღალნი დაეცნენ და ირყეოდინ ძვრასა ქუეყანისას, რომლისათვის საყდარი

აწყურისა დაიქცა. ... მცხეთის საყდარიცა დაიქცა, სამცხეს ურიცხვი სული მოსწყდა და ყოვლად საყდარი, ეკლესია და ციხე არსად დარჩა დაუქცევარი, იქმნა გლოვა და ტირილი უზომო".

1940 წ. ძლიერმა მიწისძვრამ დააზიანა სამწვერისი (VII ს ძეგლი), რომელსაც ჩამოეშალა გუმბათი, აგრეთვე დაინგრა სამხრეთ-აღმოსავლეთი კედლის კუთხე.

პროფ. დ. მშვენირაძე აღნიშნავდა, რომ სვეტიცხოველი 7-8 ბალიან მიკროზონაში იმყოფება. ძეგლის შესწავლის პერიოდში, 1950 წლის აგვისტოში, სვეტიცხოვლის ტერიტორიაზე აღინიშნა 6-ბალიანი მიწისძვრა, რომელმაც ზოგ ადგილას გამოიწვია ადრე არსებული ბზარების გაზრდა, მაგ. გუმბათის ყელის რგოლში 0,16 მმ-ით [4].

ამიტომ, ყოველივე ამის გამო ჯერ კიდევ ჩვენს წელთაღრიცხვამდე, ჩვენი წინაპრები მიმართავდნენ ანტისეისმურ ღონისძიებებს, რათა შეენარჩუნებინათ დიდებული ტაძარ-სალოცავები. ძეგლების დასაცავად მრავალ ხერხს მიმართავდნენ.

სვეტიცხოვლის ტაძრის ფასადის კედლებში, გრუნტის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე, თითქმის ყველგან გვხვდება ჰორიზონტალურ ნაკერებში განლაგებული ნაჭედი რკინის ზოლები, რომლებიც, როგორც ჩანს, უძველეს, სუფთა ლითონებს მიეკუთვნება [4].

ეს მეტყველებს მასზე, რომ ჩვენი წინაპრები ასეთი მეთოდებით ცდილობდნენ ნაგებობის დაცვას მიწისძვრის ზემოქმედებიდან.

ეს იყო ანტისეისმური ღონისძიებები.

უფრო ზუსტი შესწავლა წყობის ლითონით არმირებისა ვერ მოხერხდა გასაგები მიზეზების გამო: ტაძრის დაშლის უფლებას, მისი შესწავლის მიზნით, არც არავინ მოითხოვდა და არც უფლებას გასცემდა ვინმე.

უფრო ადრე კი, ჩვენს წელთაღრიცხვამდე, ცნობილი იყო მთელი რიგი ანტისეისმური ღონისძიებებისა.

„მთლიანი სარტყელი" ანუ „ჯაჭვური სარტყელი", უძველესი ანტისეისმური სარტყელია, რომელიც გამოყენებულია ჯერ კიდევ IV საუკუნეში ჩვ. წელთაღრიცხვამდე ბაგინეთის ციხექალაქში (იხ. [30] ნახ. 4, 5, 6).

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.

ამ ანტისეისმურ სარტყლის ყველა ქვა ერთ კანონზომიერებას ექვემდებარება: „კბილის" ჩაჭრა, ქვის სიმაღლის 1/3-ის ტოლია, ხოლო მოტეხის, ჩამოხეთქის ფართის სიგანე ქვის სიგანის 1/4. ქვის სიმაღლე 70-80 სმ-ია, ხოლო სიგრძე 120-140 სმ-ია ანუ ქვის სიმაღლე, დაახლოებით სიგრძის ნახევარია ([4] ნახ. 5, 6).

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 ([4] ნახ. 1, 2, 3).

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 2 ვარიანტი: ან ლითონის ფირფიტის ჩადგმა, ან გაცხელებული ტყვიის ჩასხმა „მერცხლის კუდში“.

ეს წესი გამოიყენებოდა არა მარტო გრძივ, ან ერთი მიმართულების კედლებში, არამედ გრძივი და განივი კედლების გადაბმისასაც.

ნახ. 3-ზე კარგად ჩანს, როგორ იღებენ ლითონის ფირფიტები გამჭიმავ ძალებს, ხოლო როცა ნაკერი იხსნება, კედლის გრძივი ღერძის მიმართულებით-ლითონის ფირფიტა მუშაობს გაგლეჯაზე, გაწყვეტაზე. როცა ქვები, ჰორიზონტალური ძალების ზემოქმედებით, განივი მიმართულებით გადაადგილდება, იგივე ფირფიტა მუშაობს ჭრაზე თავისი ვიწრო „ყელით“.

აღნიშნავთ, რომ წყობა, როგორც წესი, მშრალი წესითაა შესრულებული.

ჩვენი წინაპრები, ტაძრების აღმშენებლები, ხუროთმოძღვრები, როგორც ჩანს კარგად იცნობდნენ დამანგრეველი მიწისძვრების ზემოქმედებას. დანგრეული და დაზიანებული ტაძრები ამის უტყუარი მაგალითი იყო. ტაძრის მშენებლები იძულებული იყვნენ ყურადღება მიექციათ, შეესწავლათ და დაეცვათ მიწისძვრებისაგან შენობა ნაგებობები ანტისეისმური საშუალებებით.

გარდა ზემოაღნიშნული მაგალითებისა, ყურადღებას იპყრობს წყობისა და განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი კონსტრუქციების გამაგრება ხის ელემენტებით, რომლითაც იქმნებოდა ჰორიზონტალურად შეკრული ანტისეისმური სარტყელი.

ასე მაგალითად, ჯიგრაშენის ტაძრის თაღში განლაგებული 6 რიგი, მუხის მასალისაგან დამზადებული ანტისეისმური კავშირებია, რომლებიც მრავალკუთხოვან ჩარჩოს ქმნიან გეგმაში.

იმის გამო, რომ გუმბათი თორმეტწახნაგა პრიზმას წარმოადგენდა, 5 რიგის ჩარჩოც თორმეტი ელემენტისაგან შედგებოდა. ხოლო მეექვსე ჩარჩო, უშუალოდ ყელის ქვეშ, ხუთკუთხა იყო, რომელიც კვეთით უფრო ძლიერ ელემენტს წარმოადგენდა. ხუთკუთხა ჩარჩოს თითოეული კოჭის სიგრძე 5 მ-ის ტოლი იყო, ხოლო დიამეტრი 30 სმ. [4](ნახ. 7,8)

დანარჩენ 5 რიგში (იარუსები) კოჭების კვეთი სწორკუთხა იყო 15X15 სმ, ხოლო სიგრძე 216 სმ.

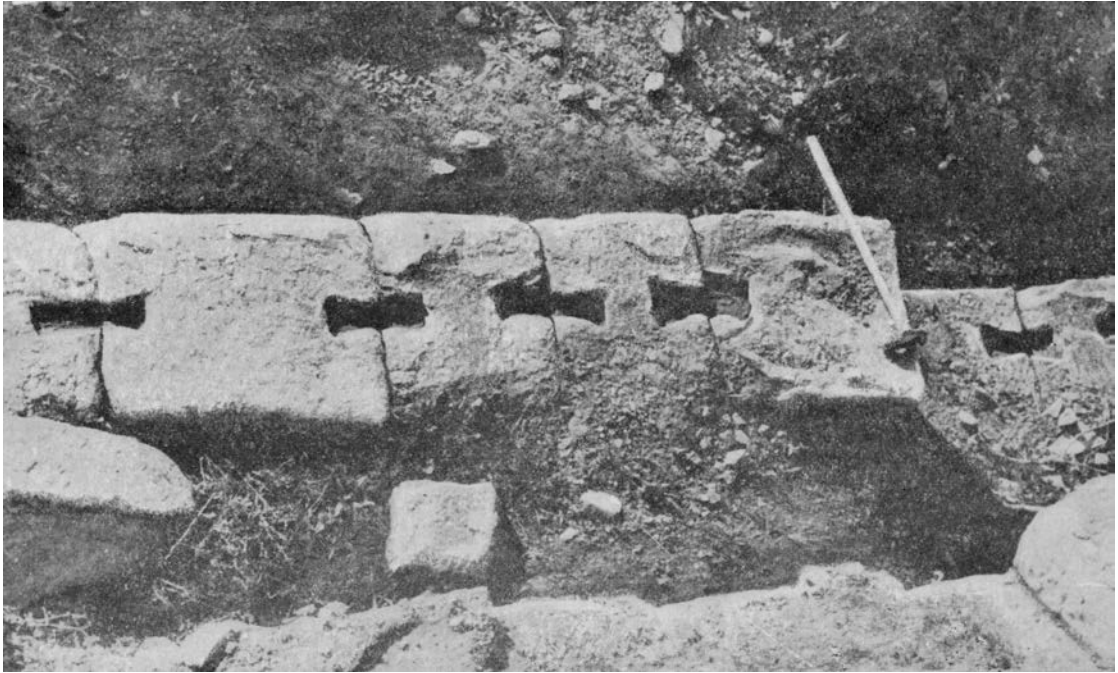
ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ კოჭები ღიობების ზღუდარების თავზე მხოლოდ ანტისეისმური დანიშნულებისაა.

ხის ანტისეისმური სარტყლები, რომლებიც ხშირად 30 სმ-მდე დიამეტრისა იყო და გამჭიმი ძაღვების მიღების დანიშნულება ჰქონდა, აღმოჩენილია წრომში, ნინოწმინდაში (საგარეჯო), სადაც 5–სართულიანი სამრეკლოს რესტავრაციისას გამოუყენებიათ XVI საუკუნეში, ხოლო თბილისში, სიონის ტაძარში, VII საუკუნეში.

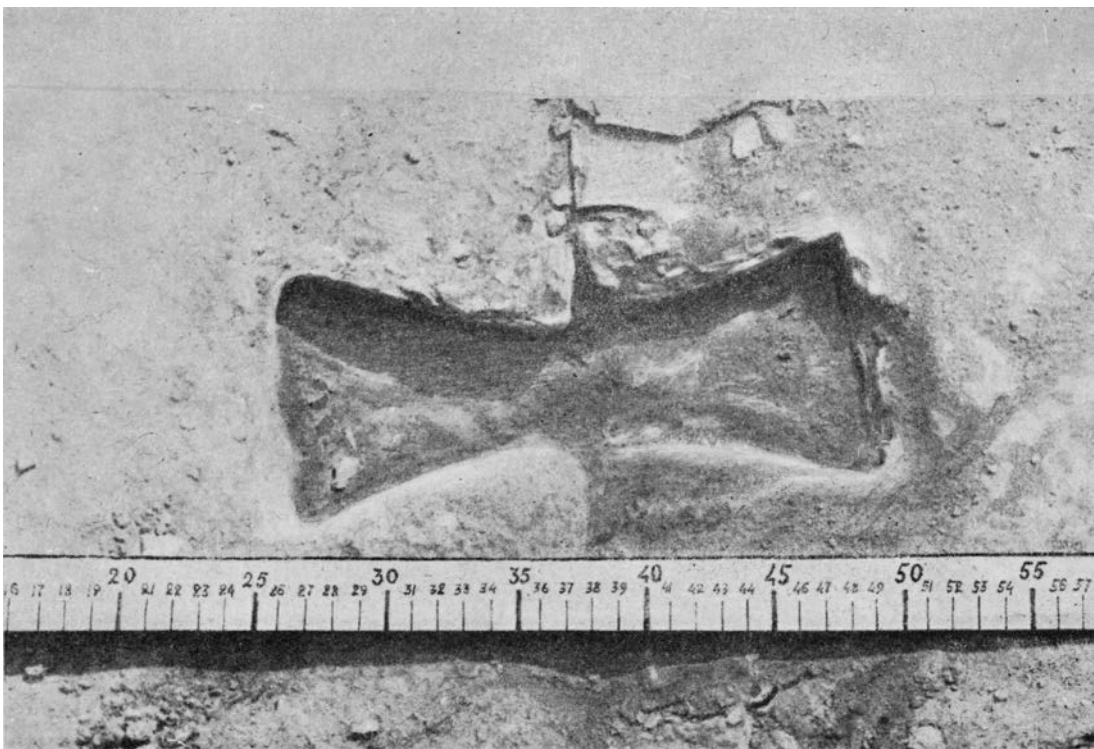
სხვათა შორის, რიყის ქვისაგან ნაგებ საცხოვრებელ სახლებშიც, ქართლსა და კახეთში იყენებდნენ ხის მასალის ანტისეისმური სარტყლებს. [4]

პირველად, ძველი ხუროთმოძღვრების ძეგლებში, წრომის ტაძრის (VII საუკუნის დასაწყისი), ცენტრალური გუმბათი გარე კედლებს კი არ ეყრდნობა, [4] არამედ ცალკე მდგომ 4 სვეტს, რომელიც კვადრატს წარმოქმნის.

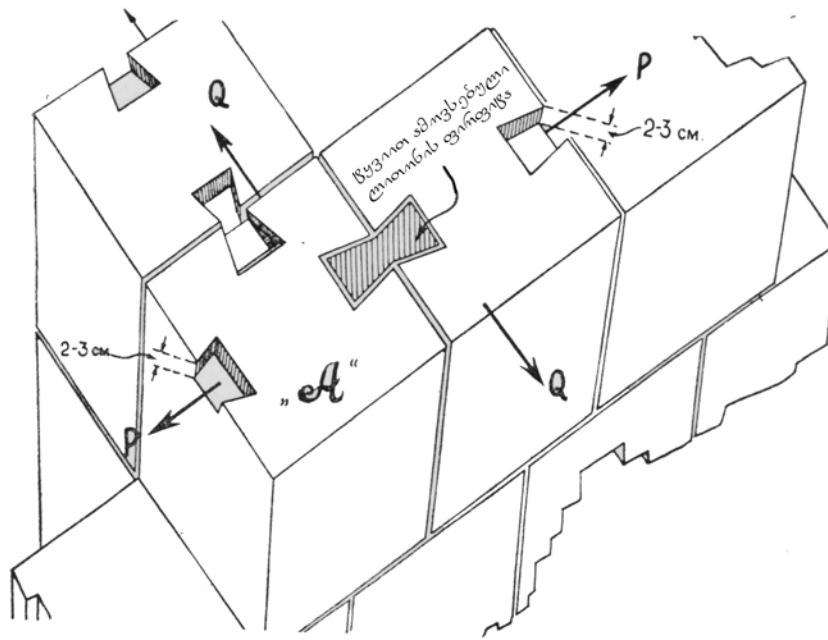
ტაძრის დეფორმაციების შესწავლის შედეგად აგებულმა დეფორმაციის მრუდეებმა გვაჩვენა, რომ სვეტები, რომლებმაც განიცადა ჯდენა, მოსცილდა კედლებს, განიცადა ჯდენა გუმბათის ნაგებობასთან ერთად. გადახურვები და თაღები მხოლოდ მიყვანილია გუმბათამდე და მასთან დაკავშირებული არ არის (არც ხისტად და არც სახსრის საშუალებით). ე.ი. თანამედროვე ტექნიკურ ენაზე, გამოიყო ანტისეისმური ნაკერებით.



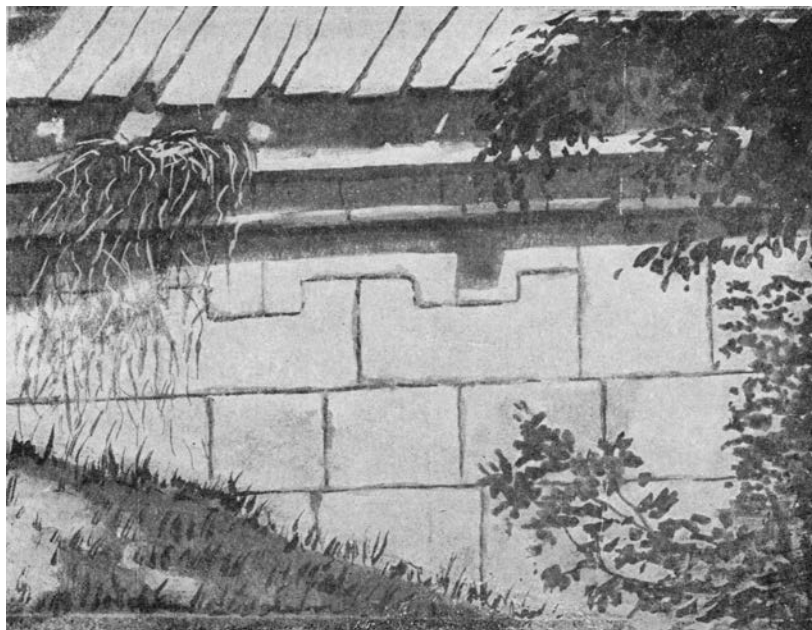
ნახ. 1. კედლის მშრალი წყობა „მერცხლის კუდის“ ჩაჭედვით



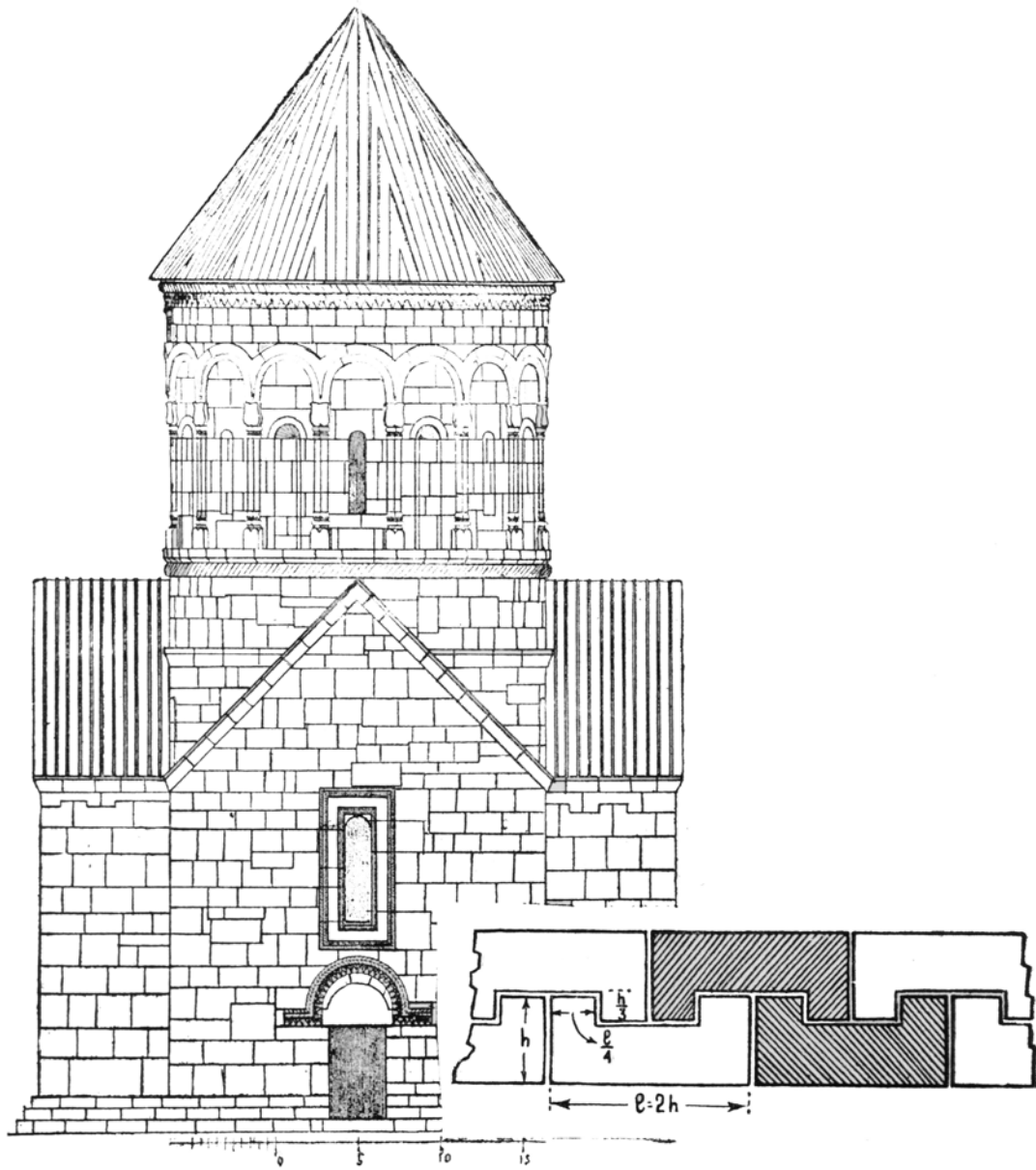
ნახ. 2. „მერცხლის კუდის“ ჩაჭედვა წყობაში, დეტალი



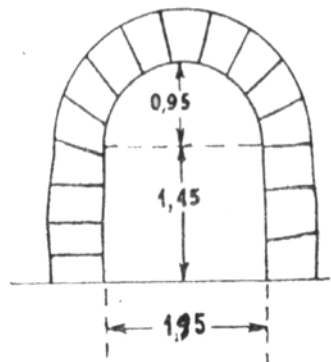
ნახ. 3. კვანძური ქვის მუშაობის სქემა „მერცხლის კუდის“ ჩაჭედვით



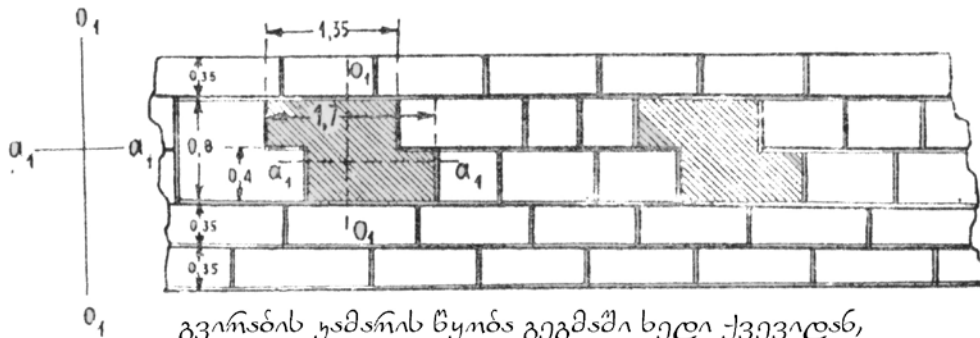
ნახ. 4. ანტისეისმური წყობა კვადრებით, „ჯაჭვური სარტყელი“ დეტალი



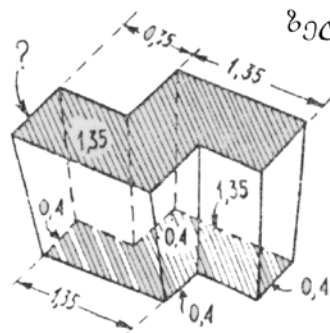
ნახ. 5. ანტისეიმური სარტყელი ქვის წყობით.



II სექცია
გვირგვინის განივი ჭრილი
s - s მ. 1:50

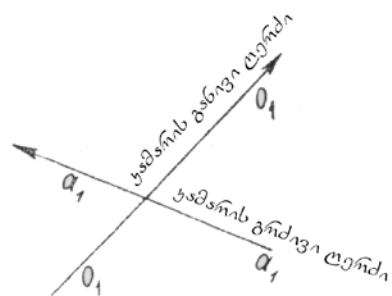


გვირგვინის უამარის სკოდა გეგმაში ხელი ქვევლადან, ქვების საფეხურითვისა მოხაზულობა უამარის გასაღებში, I სექციაში შესახვტელთის.



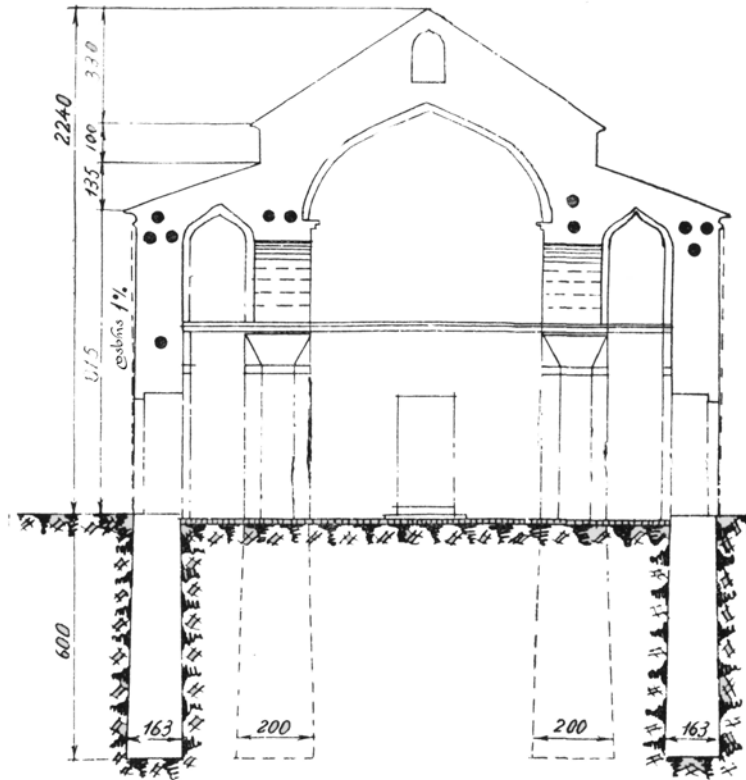
ქვების ზომები

ზედა ზომები არ არის ცნობილი

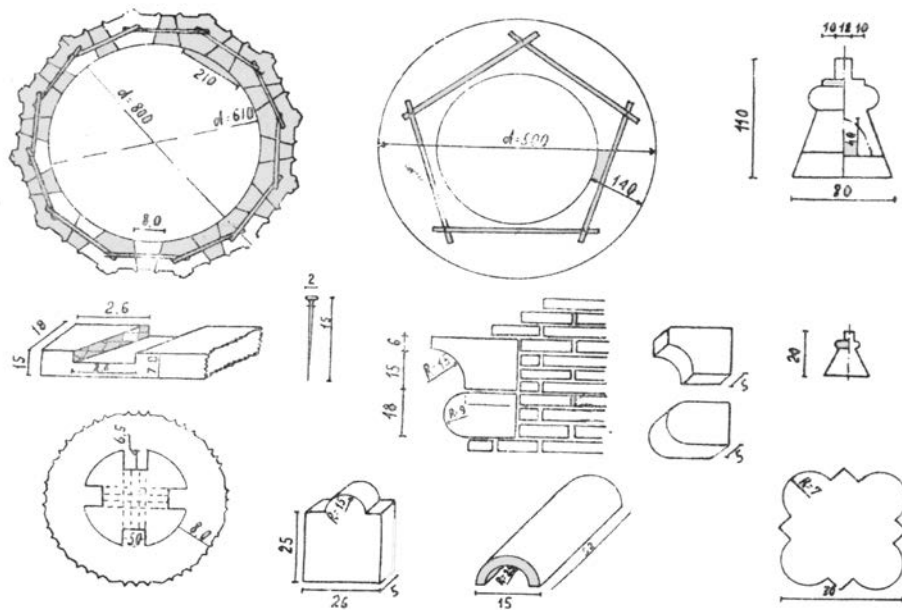


საფეხურითვისა ქვების დეფალი - სოლი გვირგვინის უამარში
ქვების სოლიური შევსწოება ქვევლადან, უამარის განივი მიმართულებით 0 - 0
უამარის გრძივი მიმართულებით ქვების სიბოები ვერცხუკატურის /უხოლი ფორმის/

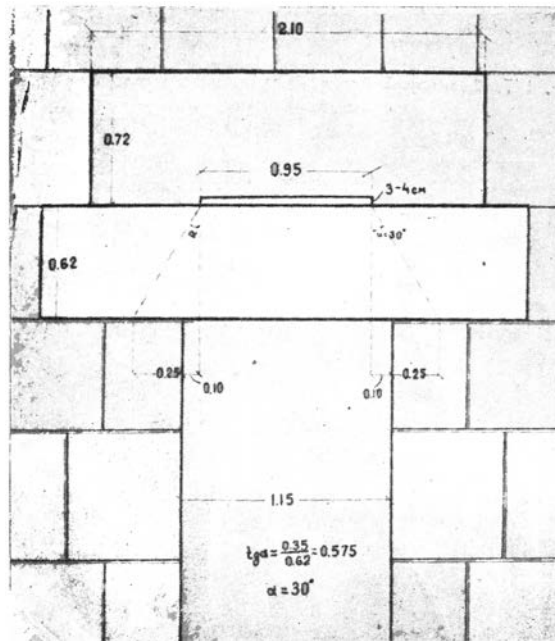
ნახ. 6. ნოქალაქევი. ანტიკური გვირგვინი. გეგმა, ჭრილი და დეტალი



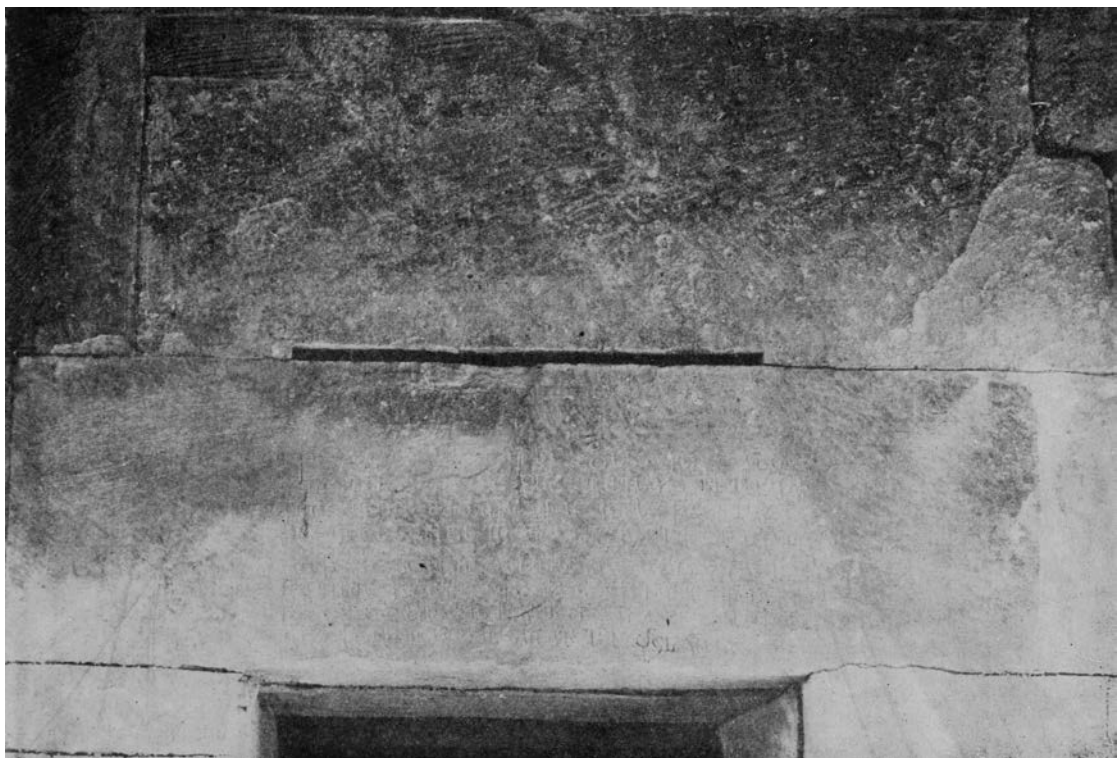
ნახ.7. ჯიგრაშენის განივი ჭრილის სქემა



ნახ. 8. გუმბათეჭემა დოლის ჭრილის სქემა ანტისეისმური ხის კავშირებით ჯიგრაშენზე და მრუდთარგოვანი აგურები ჯვრის ფორმით



ნახ. 9. ბოლნისის სიონი/განმტვირთავის ხერელიანი/წყობის მუშაობის სტატიკური სქემა



ნახ.10. ბოლნისის სიონი. სამხრეთის კარების გამჭოლი განმტვირთავის ხერელიქვის წყობის ზღუდარში

დ. მშენიერადის აზრით, წრომის ტაძარზე (VII ს) განხორციელებულმა ანტისეისმურმა ღონისძიებებმა დიდი გავლენა იქონია მთელი რიგი, უფრო გვიანდელი ნაგებობების სამშენებლო ხელოვნებასა და კონსტრუქციაზე.

ზედმეტი არ იქნება, თუ აქვე წარმოვადგენთ კიდევ რამდენიმე კონსტრუქციულ გადაწყვეტას, რომელიც მივიწყებული იყო და დღეს კი ფრიად რაციონალურად მიგვაჩნია. ეს ბოლნისის სიონის (VI) ქვის ზღუდარის განტვირთვის კონსტრუქციული გადაწყვეტაა [30]. (ნახ. 13, 14).

ცნობილია, რომ ქვის ზღუდარი ღუნვაზე ცუდად მუშაობს. ეს კარგად იცოდნენ იმ დროის კალატოზებმა (ანუ გალატოზებმა, როგორც მათ მაშინ უწოდებდნენ) ამიტომ მათ ფრიად ორიგინალური ხერხი გამოიყენეს: ღიობის ფარგლებში, მოაწყვეს ზღუდარის განტვირთვის ხვრელი, რომლის ზომებიც ღიობთან შედარებით მცირეა.

ამით ზღუდარი ღუნვისას გამოწვეული ძაბვისაგან განიტვირთა. ვერტიკალური ძაღვები კი ზღუდარის საყრდენებს გადაეცა და მხოლოდ კუმშვითი დატვირთვები გამოიწვია.

ასევე საინტერესოა, ე.წ. ღუნეტების მოწყობა_კამარის ან გუმბათის წყობაში დატოვებული სინათლის ღიობი.

ღიობის თავზე განლაგებული ქვის ზღუდარის განსატვირთავად ეწყობა სოლისებრი თაღოვანი ზღუდარი (აგურისაგან ან თლილი ქვისაგან), რომელიც ვერტიკალურ დატვირთვას გადასაცემს ზღუდარის საყრდენებს და ქვას ღუნვაზე აღარ ამუშავეს.

სივრცე ორივე ზღუდარს შორის შეიძლება შეივსოს შედარებით მსუბუქი მასალით ან დარჩეს განათებისათვის.

ზემოთ ჩამოთვლილი ანტისეისმური ღონისძიებები გვიჩვენებს, რომ ქართველ მშენებლებს, ოსტატებს, ხუროთმოძღვრებს გაუთავებელმა შემოსევებმა, დამანგრეველმა მიწისძვრებმა ასწავლეს ისეთი მეთოდები, რომ მათ შემდგომ, შთამომავლებს დახვედროდათ მათი ხელით ნაგები მარადიული ძეგლები.

1.2. შენობების სეისმოდაცვის არსებული მეთოდები

ა.ს. უშკოვი სტატიაში “ნაგებობის საძირკვლების სეისმოიზოლაციის მეთოდები” განიხილავს შემთხვევას, როდესაც დამპროექტებელი შენობის სეისმომდეგობის ამაღლების მიზნით ზრდის კონსტრუქციების კვეთებს, მასალის კლასს, რაც გაზრდის შენობის მდგრადობას, მაგრამ აუარესებს მის ეკონომიურ ეფექტიანობას [34].

აღნიშნულს მივყავართ ახალი კონსტრუქციული სისტემების მიებასთან, რომლებიც ეფექტურად იქნება და ამავე დროს მდგრადი.

პრობლემის კვლევას მივყავართ შენობის საძირკვლებამდე, რომლებიც სეისმური ზემოქმედების დროს ნაკლებად, ან საერთოდ არ ზიანდებიან.

საძირკვლები პირველები იღებენ სეისმურ ბიძგებს და გადასცემენ ნაგებობის მიწისზედა, მაღლივ ნაწილის რხევებს.

სტატიაში ავტორი იხილავს ნაგებობის საძირკვლების პასიური სეისმოდაცვის სახეებს.

პასიური სეისმოდაცვა იყოფა სეისმოიზოლაციად და სეისმოდამხშობად.

სეისმოიზოლაციის სისტემები საძირკვლიდან გადაცემულ მექანიკურ ენერგიას და რხევის სიხშირეს ამცირებს.

სეისმოიზოლაციის სისტემებიდან გამოყოფენ ადაპტირებულ და სტაციონალურ სისტემებს.

ადაპტირებულ სისტემებში ნაგებობის დინამიური მახასიათებლები მიწისძვრის პროცესში მუდმივად იცვლება, ხოლო სტაციონალურ სისტემებში დინამიური მახასიათებლები უცვლელია.

სეისმოდამხშობ სისტემებში შედიან დემპფერული და დინამიური დამხშობები, რომელიც კონსტრუქციის მექანიკურ ენერგიას გარდაქმნის სხვა სახის ენერგიად, რასაც მივყავართ რხევის დემპფირებისაკენ ანუ ენერგია გადანაწილდება დასაცავი კონსტრუქციიდან დამხშობისაკენ.

ა) განვიხილავთ სეისმოიზოლაციის სტაციონალური სისტემის რამოდენიმე მაგალითს:

ამ სისტემის ტიპიურ მაგალითს წარმოადგენს ე.წ. შენობები პირველი მოქნილი სართულით. პირველი სართული შესაძლებელია მოეწყოს კარკასის სვეტებისაგან, დრეკადი დგარების, ხიმინჯების და სხვათა საშუალებით.

კონსტრუქცია შედგება მცირე დიამეტრის ღეროების დრეკადი საყრდენებისაგან. საყრდენები განლაგებულია მიწისქვეშა და მიწისზედა ნაწილებს შორის. ლიტერატურიდან ცნობილია საზღვარგარეთ ფართოდ გავრცელებული რეზინალითონის და რეზინაპლასტიკური შეკუმშული საყრდენები. ასეთი ტიპის საყრდენები გავრცელებულია საფრანგეთში, ამერიკაში, ახალ ზელანდიაში, იტალიაში, იაპონიაში.

მათი კონსტრუქცია ხისტია ვერტიკალურ და მოქნადია ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში. დრეკადი თვისებების გამო რეზინალითონის საყრდენები ხასიათდებიან მაღალი სიმტკიცით კუმშვაზე, გაჭიმვაზე და გრეხვაზე.

მხედველობაში არის მისაღები მათი სიმტკიცე და ნაკლები ხანმედეგობა.

აღნიშნულის გათვალისწინებით შეიქმნა და ფართოდ დაინერგა კინეტიკური საყრდენები სეისმოიზოლირებული საძირკვლების მოწყობის დროს.

მიწისძვრის დროს საყრდენების სიმძიმის ცენტრი მაღლა იწევს, რის გამოც წარმოიქმნება გრავიტაციული აღმდგენი ძალა. ამასთან შენობის რხევა წარმოებს წონასწორობის მდგომარეობაში და მათი საწყისი სიხშირე და პერიოდი დამოკიდებულია გამოყენებული საყრდენების გეომეტრიულ ზომებიდან.

ასეთი საყრდენების უარყოფითი მხარეა: ის, რომ აშენებულ საძირკვლებს არ გააჩნიათ სპეციალური დემპფერული მოწყობილობა და გრძელპერიოდული ზემოქმედების დროს 8 ბალის ინტენსივობით,

შესაძლებელია შენობის საყრდენებიდან გადმოვარდნა. ამიტომ ასეთ საძირკვლებს აძლიერებენ დამატებითი დემპფერული ელემენტებით.

რაც შეეხება ა.ს. უშკოვის ნაშრომში განხილულ სხვა საიზოლაციო სისტემებს, როგორცაა საფრანგეთში „Spie Batignolle“-ის და “Electriciti de Franse“-ის ფირმების მიერ განხორციელებულს, მათი გამოყენება ეფექტურია.

საერთოდ სეისმოიზოლაციის სისტემას, მათ შორის სეისმოიზოლირებად საყრდენებს, გააჩნიათ ერთი მნიშვნელოვანი ნაკლი – ისინი ყოფენ ერთიან სისტემას „შენობა-საძირკველი“ ცალკეული ნაწილებად, რასაც მივყავართ ერთიან სისტემის შესუსტებისაკენ შენობის ცალკეული ნაწილის სეისმოიზოლაციის ამალღების საფასურად. წარმოიქმნება ურთიერთ ადგილმონაცვლეობა იზოლირებულ და არაიზოლირებულ ნაწილებთან მიმართებაში და ამის სანაცვლოდ ეწყობა დემპფერები, რომელიც განაზღვრავს სეისმური ზემოქმედების ენერგიას.

ნაშრომში წარმოდგენილია აგრეთვე მაგალითი ნაგებობისა, რომელიც საძირკველთან ერთად წარმოიქმნის ერთიან მთლიან სივრცულ მრავალკავშირიან სისტემას, რომელიც ფუძიდან მოცილების შემთხვევაშიც ინარჩუნებს ერთიან გეომეტრიულ უცვლელობას.

ამ შემთხვევაში სეისმოიზოლირებულია მთლიანი სისტემა და არა მხოლოდ მისი ერთი ნაწილი.

აქ, შენობა გაერთიანებულია მთლიან სივრცულ საძირკველის პლათფორმასთან. შენობის მასა და გასწორებულ ფუძეს შორის განთავსებულია ხახუნის შემამცირებელი მცურავი შრე.

მძლავრი სეისმური ტალღა გაცურდება პლათფორმის ქვეშ ანუ მნიშვნელოვნად შემცირდება ჰორიზონტალური ზემოქმედება, როგორც პლათფორმაზე, ისე ზედა ნაგებობაზე. შედეგად, მოსალოდნელია მცირეოდენი გადაადგილება, რომელიც გათვალისწინებული იქნება გეგმარების დროს დემპფერებით, დამბრუნებელი მოწყობილობებით და ა.შ.

ხიმინჯოვანი საძირკვლების დადებითი როლი მშენებლობაში საყოველთაოდ ცნობილია. მათი წინააღმდეგობის უნარი სეისმურ

ზემოქმედებაზე, ხიმინჯების პოზიტიური გავლენა ნაგებობის დინამიურ მახასიათებლებზე. ამიტომ ხიმინჯოვანი საძირკვლების მოწყობა წარმოადგენს სწორ, გამართლებულ საინჟინრო გადაწყვეტას.

სუსტ გრუნტებში ხიმინჯოვანი საძირკვლების ეფექტურობას სეისმურ რაიონებში შეიძლება მივაღწიოთ თუ ხიმინჯებს დავაყრდნობთ სეისმურობის I კატეგორიის გრუნტს. I კატეგორიის გრუნტებზე ხიმინჯოვანი საძირკვლების დაყრდნობის დროს, პირველ რიგში უნდა დადგინდეს მათი მზიდუნარიანობა.

„შუალედური ბალიშები“ ახალი სიტყვაა ხიმინჯოვანი საძირკვლების გამოყენების დროს სეისმურ რაიონებში.

გასული საუკუნის ბოლოს ჩილეში, რუსეთში, მოლდავეთში შემოთავაზებული იყო ხიმინჯოვანი საძირკვლები „შუალედური ბალიშები“ ინერტული მასალისაგან.

ავტორის აზრით ამ მეთოდს დადებითი შედეგები უნდა მოყვეს: ამ შემთხვევაში, როსტვერკსა და ხიმინჯს შორის არ არის ხისტი კავშირი. ხიმინჯების ზევით, რომლებიც III კატეგორიის სეისმურ თვისებების გრუნტშია ჩასობილი, ჩაყრილია და შემკვრივებულია ქვიშა-ღორღის „ბალიში“, რომელზედაც ეწყობა რკინაბეტონის კონსტრუქცია, ჩვეულებრივი როსტვერკის ტიპის და გაიანგარიშება, როგორც კოჭი დრეკად ფუძეზე.

შუალედურბალიშიანი ხიმინჯოვანი საძირკვლები მკვეთრად ამცირებს ნაგებობის ზედა ნაწილზე გადაცემულ ჰორიზონტალურ სეისმურ დატვირთვას, რომელიც გადანაწილდება ანუ განიბნევა „ბალიში“-ს მიერ.

ბ) სეისმოიზოლაციური საძირკვლები ადაპტირებული სისტემებით

სეისმოიზოლაციის სტაციონალურ სისტემებში დინამიური მახასიათებლები უცვლელია მიწისძვრის პროცესში.

ამ მეთოდთან ერთად სეისმომედეგ მშენებლობაში გავრცელება ჰპოვა ადაპტირებულმა სისტემებმა, სადაც დინამიური მახასიათებლები შეუქცევადად იცვლებიან მიწისძვრის პროცესში, „შეეგუებიან“ რა სეისმურ ზემოქმედებას.

შენობის ქვედა სართულში, მის მზიდ დგარებს შორის ეწყობა კავშირებიანი (ბმული) პანელები, რომლებიც გამოირთვებიან ინტენსიური სეისმური ზემოქმედების დროს, როცა ზემოქმედების სპექტრში ჭარბობენ პერიოდები, ტოლი ან ახლო მნიშვნელობით ნაგებობის თავისუფალი რხევის პერიოდთან. როდესაც სეისმური დარტყმის ზემოქმედებით კავშირებიანი პანელები გამოეთიშებიან, თავისუფალი რხევის სიხშირე ეცემა, რხევის პერიოდი იზრდება და ხდება სეისმური დატვირთვის შემცირება [38].

დაბალსიხშირიანი ბიძგის ზემოქმედების დროს კავშირებიანი პანელებიანი შენობის თავისუფალი რხევის პერიოდი მნიშვნელოვნად დაბალია გრუნტის მომეტებულ პერიოდთან შედარებით და ამიტომ რეზონანსული გამოვლინება სუსტია და კავშირებიანი პანელები არ ინგრევიან. ეს მეთოდი განსაკუთრებით ეფექტურია როცა ცნობილია პროგნოზი მოსალოდნელი სეისმური ზემოქმედების სიხშირისა.

უარყოფითი მხარეა ის, რომ მიწისძვრის შემდეგ გამორთვადი კავშირების დანგრევისას საჭიროა მათი აღდგენა, რაც ყოველთვის პრაქტიკულად ვერ ხერხდება.

გარდა აღნიშნულისა, ზოგიერთ შემთხვევაში მიწისძვრის პროცესში, მის დასკვნით სტადიაში, ხდება მოჭარბებული ზემოქმედების სიხშირის შემცირება. ამის შედეგად შესაძლებელია წარმოიშვას მეორადი რეზონანსი და შენობის კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის დაკარგვა. ამ შემთხვევაში საჭირო ხდება სპეციალური კონსტრუქციული ღონისძიებების გამოყენება, რაც დაკავშირებულია დამატებით ხარჯებთან და მშენებლობის გაძვირებასთან.

ა.ს. უშკოვის ნაშრომში ანალიტიკურად იყო განხილული შენობათა და ნაგებობათა საძირკვლების სეისმოიზოლაციის თანამედროვე მეთოდები. ბევრი მათგანი მოითხოვს შემდგომ კორექტირებას, თეორიულ და პრაქტიკულ გამოცდას. პროფესორის ი.მ. აიზენბერგის მიერ ჩატარებულმა გაანგარიშებებმა გვაჩვენა, რომ ამ მეთოდის გამოყენებისას შედარებით მცირდება ჰორიზონტალური გადაადგილებები [38].

პროფ. ვ.დ. კუზნეცოვის, ვ.ა. ლიადსკის სტატიაში «საზოგადოებრივი შენობების სეისმოიზოლაცია სეისმოდამცავი ფტოროპლასტის საფუძველზე», მიმოხილულია რუსეთის ფედერაციის სეისმური ზემოქმედების ქვეშ არსებული ტერიტორიის მდგომარეობა სეისმომედეგი შენობა-ნაგებობების მდგრადობის თვალსაზრისით [19]. ამ საზოგადოებრივი, თუ სამრეწველო დანიშნულების ნაგებობების დიდი ნაწილი საერთოდ ყოველგვარი სეისმოდამცავი ღონისძიებების გარეშეა აგებული და არ აკმაყოფილებენ მათდამი წაყენებულ მოთხოვნებს.

ბოლო წლებში სეისმური აქტივობა გაიზარდა მთიან რაიონებში, რომელმაც აუცილებელი გახადა სეისმოიზოლაციის სისტემის გამოყენება. შეიქმნა სეისმოიზოლაციის სისტემები (სის-სეისმოიზოლაციის სისტემები). რეზინამეტალის საყრდენების სახით (რმს-რეზინამეტალის საყრდენები).

ცნობილია სხვადასხვა ქვეყნების ფირმების მიერ დამზადებული რმს, სხვადასხვა ნომენკლატურის და მაღალი ხარისხის.

ამ მხრივ ლიდერობენ შემდეგი ფირმები „Fip Industriale“, „Maurer Sohne“, „Robinson Seismic“, „Earthquake Protection Systems“, „Dynamic Isolation Systems“, „Scougal Rubber“ და ა.შ. მათი უმრავლესობა გვთავაზობს კომბინაციას რეზინამეტალის საყრდენების (რმს) სხვადასხვა ტიპის ლითონის დემპფერულ ელემენტებთან.

რმს გააჩნიათ უარყოფითი თვისებები, როგორცაა :

- რმს მგრძნობიარეა დაბალი ტემპერატურისადმი;
- რმს რეზინის კომპონენტების ცოცვალობა;
- რმს-ის მგრძნობიარობა გარე ზემოქმედებაზე (ქარზე);
- დიდი ღირებულება.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერები აწარმოებენ ძიებას მეტად ეფექტური დემპფერული ელემენტების შესაქმნელად, რომლებიც იმუშავებენ პარალელურად დრეკად დემპფერებთან ერთად.

ი.ლ. რუტინის ხელმძღვანელობით დამუშავებულია სივრცული პლასტიკური დემპფერები (სპდ). ისინი კომპაქტურია, საიმედოა, მარტივი

დამზადების თვალსაზრისით, პლასტიკური დემპფერებია და უზრუნველყოფენ ნაგებობის სივრცულ დაცვას.

ნაშრომში შემოთავაზებულია სფერული ფორმის რკინაბეტონის დგარები და ჭიქები. მათი გამოყენებით მცირდება სეისმური დატვირთვები. ასეთი ფორმის დგარები ეწყობა შენობის პირველი სართულის ქვეშ და საძირკვლებს შორის.

შემოთავაზებულია სეისმოიზოლაციის მოწყობა შემდეგი მეთოდით: საძირკვლის ფილა მზადდება “გობისებური ფორმის”: შემომზლუდავი კედელი ეწყობა ისე, რომ შენობის ქვედა ფილასა და შემომზლუდავ კედელს შორის რჩება ღრეზო 60 მმ სიდიდის, რაც შენობას აძლევს საშუალებას გადაადგილდეს ყველა მიმართულებით საძირკვლის გადაადგილების სიდიდეზე.

საძირკვლის ფილის ზედაპირზე ლაგდება 3 ფენა ფტოროპლასტის აფსკი ($b = 0,5 - 1$ მმ). ამ ფენაზე დაბეტონდება შენობის ქვედა რკინაბეტონის ფილა, მასზე კი აიგება თვითონ შენობა. მიწისძვრის დროს საძირკვლის ფილა გადაადგილდება შემომზლუდავთან 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 ($K_{b,b} = 0.13$). შენობის კონსტრუქცია იქნება შედარებით წყნარ მდგომარეობაში, რადგან იგი გადაადგილდება როგორც მყარი ტანი. აღწერილი მოწყობილობა, ხახუნის კოეფიციენტით $K_{b,b} = 0.13$, შესაძლებელს ხდის შეამციროს შენობაზე სეისმური დატვირთვისაგან გამოწვეული დეფორმაცია და სეისმური ძალის ინტენსივობა, განსაკუთრებით მიწისძვრის დასაწყისში, როცა გამოიხატება საძირკვლის მაღალსიხშირიანი რხევა მაქსიმალური ინტენსივობით.

სეისმოიზოლაციის სისტემა კონსტრუქციულად შესრულებულია ზედა და ქვედა საყრდენი ელემენტებისაგან, რომელთა შორის განლაგებულია საიზოლაციო ფენა ფრიქციული მასალისაგან. კონსტრუქციის

დასაბრუნებლად, რომელიც გადაადგილდა სეისმური ბიძგის შედეგად, თავდაპირველ მდგრად წონასწორობის მდგომარეობაში, საყრდენი ელემენტები საჭიროა შესრულდეს ამობურცული ჩალუნულ პირამიდალური სიბრტყეებით, იმისათვის, რომ წარმოიქმნას გრავიტაციული აღმდგენითი ძალა. სეიმოიზოლაციის მექანიზმის მიღებული კონსტრუქციული სქემის მიხედვით შექნილი იყო ორი კონსტრუქციულ-ექსპერიმენტალური მოდელის (კემ) შენობა: ერთი სეიმოიზოლაციის მექანიზმით, ხოლო მეორე მექანიზმის გარეშე.

სეიმოიზოლაციანი შენობის გაანგარიშების შედეგის შედარება არასეიმოიზოლაციის შენობის შედეგებთან ნათლად გვიჩვენებს პირველის უპირატესობას. სეიმოიზოლაციის მოწყობისას საძირკვლების ქვეშ, ნორმალური ძაბვა კონსტრუქციის ვერტიკალურ ელემენტებში ეცემა საშუალოდ 80%-ით.

მიღებული ძაბვის ანალიზის შედეგად გამოვლენილია კედლის მონაკვეთი მომეტებული დაძაბვით. იმისათვის, რომ შევაფასოთ არასეიმოიზოლაციანი კონსტრუქციის რღვევა, ვუშვებთ, რომ შუაკედლისი, რომელშიაც ძაბვა მაქსიმალურია, დაინგრევა. ვინაიდან იგივე დატვირთვის დროს ძაბვა სეიმოიზოლირებულ შენობაში რამდენჯერმე ნაკლებია, სეიმოიზოლირებული შენობის შუაკედლისი არ დაინგრევა. სტატიში მოყვანილი კვლევის შედეგების მიხედვით შეიძლება აღვნიშნოთ შემდეგი: საძირკვლების კონსტრუქციებში სეიმოიზოლაციის მექანიზმის განთავსებამ საშუალება მოგვცა შეგვემცირებინა კონსტრუქციებში ძაბვა და დეფორმაცია.

ნ. კანანოვას ნაშრომი „მინიმალური ზარალი მიწისძვრისაგან შესაძლებელია ნაგებობის სეისმომდეგობის ამაღლების გზით“ ეხება მიწისძვრისაგან გამოწვეული ზარალის მინიმალიზაციას სეისმომდეგობის ამაღლების გზით. მიწისძვრა სომხეთში მუდამ იყო. ვერ გადავურჩებით მას მომავალშიც, რადგან სომხეთი არის სეისმოაქტიურ ტექტონიკურ ზონაში.[20]

სანამ სეისმოლოგები ვერ შეძლებენ მიწისძვრების პროგნოზირებას, მთელი პასუხისმგებლობა მის შედეგებზე ინჟინრებზე და მშენებლებზეა.

რა მოთხოვნები უნდა წარვუდგინოთ დასაპროექტებელ შენობებს სეისმურად საშიშ ზონებში? როგორი უნდა იყოს ოპტიმალური სეისმოდაცვა ამ ზონებში მყოფ ქალაქებისათვის? რა ნორმატიული დოკუმენტები გვაქვს ჩვენ დღეს? რამდენად პასუხობენ ისინი უსაფრთხოების მოთხოვნებს? როგორ მივაღწიოთ მინიმალურ ზარალს?

მიწისძვრის შედეგად ყოველ 10 წელიწადში იღუპება 200 000 ადამიანი.

პრობლემა იმაშია, რომ ყველა ქალაქში ძალზედ დიდი რაოდენობის სახლებია, რომლებიც აშენდა ძველი, საბჭოთა ნორმებით.

თუ ასეთი სახლები არ გაძლიერდა საანგარიშო მიწისძვრის ზემოქმედებისას მათი გადარჩენა შეუძლებელი იქნება. ერთადერთი გზა – მათი სეისმომდგრადობის გაზრდაა.

დავალება აქ რთულია. ისეთი მდიდარი ქვეყანა, როგორცაა იაპონია, ვერ უზრუნველყოფს ამ ამოცანის გადაჭრას.

თითქმის ყველა ქვეყანაში თანხები გამოიყოფა მხოლოდ მიწისძვრის შედეგების ლიკვიდაციისათვის.

თანხები უნდა გამოიყოს სეისმოდაცვის ახალი სისტემების შექმნისათვის.

სომხეთში ამ მიმართულებით მუშაობენ: შექმნილი და ათვისებულია ახალი დინამიური რხევების ჩამხშობები და სეისმოიზოლაცია, რომლებიც მაღალ საიმედოობას ქმნიან. ათვისებულია და მუშაობენ რეზინალითონის დგარების ქარხნები დამამზადებელი საწარმოები.[21]

სომხეთში ამ საქმის ინიციატორი მიკაელ მელკუმიაჩია. მისი მეთოდით გაძლიერებულია საცხოვრებელი სახლები ვანაძორში, ბანკის შენობა ირკუტსკში, ახლა ეს ტექნოლოგია გამოიყენება რუმინეთში.

ამ მეთოდით სეისმოიზოლირებულ შენობაში საძირკველსა და შენობათა მიწის ზედა ნაწილს შორის იდგმება სეისმოიზოლატორები,

ძალზედ მოქნილი ფენოვანი ლითონ-რეზინის საყრდენები, რომელიც იცავს შენობას სეისმური ზემოქმედებისაგან. დეფორმაციას განიცდის სეისმოიზოლაცია, ხოლო შენობა გადაადგილდება, როგორც მყარი სხეული.

ამ ტექნოლოგიით შენობის გაძლიერება 2,5-ჯერ უფრო იაფი ჯდება, ტრადიციულ გაძლიერებასთან შედარებით, როცა სვეტები და კედლები ძლიერდება.

მეორე მეთოდი სეისმომდეგობის ამაღლებისა – ე.წ. დინამიური რხევის დამხშობია.

შენობაზე დამონტაჟდება ერთი, დამატებითი საცხოვრებელი სართული, რომლის კონსტრუქცია ახშობს შენობის რხევებს, ამცირებს სეისმურ ძალებს და სართულის გადახრას.

შემუშავებულია ორი მეთოდი არსებული შენობების სეისმომდეგობის ამაღლების ღონისძიებების გასატარებლად:

1. სეისმოიზოლატორების მოწყობით საძირკველსა და მიწისზედა ნაწილებს შორის;
2. არსებულ მრავალსართულიან შენობებზე ერთი სართულის დაშენებით და სპეციალური დამხშობის მოწყობით.

ნ. კანანოვას სტატიაში „ახალი ტექნოლოგია გადაარჩენს შენობას, ერთდროულად გაზრდის სასარგებლო ფართს“ და „მინიმალური ზარალი მიწისძვრისაგან შესაძლებელია ნაგებობის სეისმომდეგობის ამაღლების გზით“ [21].

ნათქვამია: იაპონიაშია უძლიერესი მიწისძვრის დროს ყველა მაღლივმა შენობამ გაუძლო მიწისძვრას. არც ერთი კაპიტალური ნაგებობა, რომელიც აკმაყოფილებდა იაპონურ ნორმებს არ დანგრეულა, რომელიც მეტყველებს შენობების სწორ დაპროექტება და კონსტრუქციაზე.

საყურადღებოა ის, რომ ყველა ძველი ნორმებით აშენებული შენობა დაინგრევა თუ დროულად არ იქნება გაძლიერებული. საჭიროა ჩატარებული იქნას არსებული შენობების პასპორტიზაცია; საინტერესოა გ. მელკუმანის მიერ შემოთავაზებული მეთოდი სართულის დაშენების

თაობაზე, რომელიც ზრდის შენობის სეისმომდეგობას 1,8-ჯერ. ავტორის მიერ ჩატარებულია ნატურალური ექსპერიმენტი ორ შენობაზე ვანაძორში.

ზედა სართულზე მოწყობილი იზოლირებული სართული, საგრძნობლად ზრდის შენობის სეისმომდეგობას და საიმედო ექსპლოატაციას. შენობას მომქმედი ჰორიზონტალური ინერციული სეისმური ძალები უზრუნველყოფილია სეისმოიზოლატორების და მათ ზემოთ და ქვემოთ განლაგებული ხისტი კონსტრუქციული ელემენტებით.

ცხადია, სეისმომდეგობა უნდა სანდო იყოს, ხოლო სეისმოიზოლაცია მარტივი, ხელმისაწვდომი მასიურია მშენებლობისათვის.

სეისმომდეგი შენობების და დაპროექტების პროექტი შექმნილია ЦНИИСК им Кучеренко-ს მიერ 2013 წელს. ავტორების განმარტებით აუცილებელია ავაგოთ შენობები რეზინალიტონის საყრდენების, სრიალა საყრდენების და სხვა სეისმოდაცვის სისტემების გამოყენებით. აღინიშნება, რომ სეისმოიზოლაციის სისტემის გამოყენება საშუალებას მოგვცემს შევქმნათ სეისმომდეგი შენობა-ნაგებობები.

ავტორი აღნიშნავს, რომ სტატიებში განხილულია მხოლოდ 2 ტიპის სეისმოიზოლირებული სისტემა, არსებობს ასევე ქანქარა ტიპის საყრდენები.

წარმოდგენილი ვარიანტებისათვის ტექნიკური გადაწყვეტის პრინციპები, თვისებები და უპირატესობები, საერთოდ განხილული არ არის. არ არის დადგენილი ამ ვარიანტების უარყოფითი და დადებითი თვისებები, რა სართულიანობისათვის არის მათი გამოყენება პრიორიტეტული.

უნდა აღინიშნოს, რომ „სეისმოიზოლატორები” და ქანქარის ტიპის საყრდენების გამოყენება პროექტირების დროს შეზღუდულია მათი ტექნიკური გადაწყვეტის სპეციფიკიდან გამომდინარე. ისინი განთავსებულია საძირკველსა და შენობის მიწისქვეშა ნაწილს შორის, ან მიწისქვეშა და მიწისზედა ნაწილებს შორის (იხილე ნახ. 0). რომელზედაც სეისმოიზოლაციაა განთავსებულია. ეს გადაწყვეტა მიგვაჩნია უფრო მიზანშეწონილად. ამ გადაწყვეტაში სარდაფის პერიმეტრზე განლაგებული კედლები კონსტრუქციულად საშუალებას იძლევა დამატებითი საყრდენების (საბჯენების) მოსაწყობად, ჰორიზონტალური და შესაძლო

ვერტიკალური სეისმური დატვირთვის ასატანად. ეს უზრუნველყოფს სეისმური დატვირთვის შემცირებას, ობიექტის მზიდუნარიანობის ამაღლებას, მდგრადობას და საიმედოობას ხანგრძლივი ექსპლუატაციის დროს.

1.3. ფრიქციული მოძრავი საყრდენები

საერთო სქემა და ხედი ორქანობიანი სრიალა საყრდენისა ნაჩვენებია ნახაზზე.

ორქანობიანი სრიალა საყრდენების მუშაობა (ქცევა) დამოკიდებულია ზედა და ქვედა სფერული ზედაპირის რადიუსებზე, სრიალის ზედაპირზე ცოციას (ползушок) ხახუნის კოეფიციენტებზე μ_1 და μ_2 . ორქანობიანი სრიალა საყრდენებში სფერულად შექმნილი ზედაპირების რადიუსები და ხახუნის კოეფიციენტები შეიძლება ერთნაირი იყოს ან განსხვავდებოდნენ.

ორქანობიანი სრიალა საყრდენების მნიშვნელოვანი ღირსებაა – მათი უფრო კომპაქტური ზომები, ვიდრე ერთქანობიანი სრიალა საყრდენებისა. ორქანობიან სრიალა საყრდენებში რეალიზებულია ორი ქანქარის მექანიზმი, რომელთაგან მეორე ჩაერთვება სპექტრალური შემადგენლობისა და სეისმური ზემოქმედების ინტენსივობის გაზრდისას.

ორქანობიან სრიალა საყრდენებში სახსროვანი ცოციები მოძრაობენ, როგორც ზედა, ისე ქვედა სფერულ ზედაპირებზე. ამიტომ, ურთიერთ გადაადგილება ორქანობიანი სრიალა საყრდენებისა შეიძლება ორჯერ უფრო მეტი იყოს, ვიდრე ერთქანობიანი სრიალა საყრდენებისა თუნდაც ერთიდაიგივე გაბარიტები ჰქონდეთ.

თუ გამოვიყენებთ სხვადასხვა სიმრუდის ზედა და ქვედა სფერულ ზედაპირებს და სხვადასხვა ხახუნის კოეფიციენტებს ორქანობიანი სრიალა საყრდენების დროს, ამაღლებს საყრდენების სეისმოსაიზოლაციო თვისებებს.

სფერული ზედაპირების სიმრუდის რადიუსების და ხახუნის სრიალის კოეფიციენტების კომბინაციით, შეიძლება დავაპროექტოთ სამქანქარიანი სრიალა საყრდენები, რომლებსაც შეუძლიათ ეფექტურად

დასწიონ სეისმური დატვირთვები სუპერსტრუქტურაზე, როცა მიწისძვრა მაღალი ინტენსივობისაა და რთული სპექტრული შემადგენლობის.

მოსალოდნელი სეისმური ქცევისას ვერიფიკაცია (სინამდვილის დადგენა) განხილული სისტემების, შესაძლებელია ექსპერიმენტალური ან ანალიტიკური კვლევების ჩატარების ანალიზის შედეგად.

განსაკუთრებით არასაიმედოდ მიგვაჩნია სეისმოიზოლაციის განლაგების გამო ღრეჭოს გაჩენა ზედა და ქვედა ნაწილებს შორის, ძლიერი ვერტიკალური ბიძგების დროს. ამიტომ ნახატზე 1, სქემა ბ) ამოღებული უნდა იქნას.

ასევე არასაიმედოდ მიგვაჩნია ქანქარიანი საყრდენების ის თვისება, რომელიც მის მუშაობაში ჩართვის შესაძლებელ პროცესს წარმოადგენს, რამაც შეიძლება შენობის გადაყირავება გამოიწვიოს. იგივე შეიძლება მოხდეს ცოციას (ползунок) გაჭედვის, სახსარის მობრუნების შეყოვნების, ხანძრის ან კოროზიის დროს.

გაუგებარია, როგორ ხდება ვერტიკალური სეისმური ბიძგების დემპფირება ქანქარიანი სეისმოიზოლატორების გამოყენებისას, როცა ქვედა მიწისქვეშა ნაწილს (სუბსტრუქტურა) არა აქვს არავითარი სეისმოდამცავი (ნახ. 1 ბ) და გ) სქემა.

აღნიშნულიდან ადვილად გასაგებია, რომ ბატონი ი.ა. შიშკოვი უარყოფითად მიიჩნევს ერთქანქარიან, ორქანქარიან და სამქანქარიან სრიალა საყრდენებს.[65]

აღნიშნულის გარდა სტატიაში განხილულია ახალი წინადადება, როდესაც საძირკვლის ფილა ეყრდნობა სფერულ საგორავებიან საყრდენებს (катковые шаровые опоры). აქ შეიძლება გამოყენებული იქნას ბუნებრივი ქვები მოსწორებული ზედაპირებით, ან ორი სხვადასხვა სიმტკიცის ფენისაგან; ქვედა შრე დაბალი მარკის ბეტონისაგან, ხოლო ზედა შრე უფრო მაღალი მარკის დაარმირებული ბეტონისაგან.

შეიძლება მოეწყოს საყრდენები, რომელიც ეყრდნობა უშუალოდ გრუნტს ჭადრაკულად; მათ შორის იდგმება დამატებითი საყრდენები,

რომლის ვერტიკალური ზომები ნაკლებია. ზემოდან ეფინება დრეკადი საფენები, 4-6 ფენა რუბეროიდი ბიტუმზე. საყრდენებს შორის სივრცე ივსება ფხვიერი მასალით (შლაკი, ქვიშა).

ასეთი კონსტრუქცია, ჩვენის აზრით შეამცირებს სეისმურ ზემოქმედებას. ასეთი საძირკვლით აგებულია რამოდენიმე შენობა ალმაატაში, ტაშკენტში და სხვა.

ეს მეთოდი უფრო პრიმიტიულს წააგავს და იშვიათად გამოიყენება.

უფრო საინტერესოა ელასტომერულ (რუბინოლითონის) საყრდენების გამოყენება.

ასეთმა საყრდენებმა თანამედროვე მშენებლობაში მასიური ხასიათი მიიღეს, როგორც რუსეთში ისე საზღვარგარეთ.

ამ მეთოდის დადებითი და უარყოფითი მხარეები კარგადაა ცნობილი და ლიტერატურაშია ასახული.

მათ ახასიათებთ შეზღუდული ხანმედეგობა, რეზინის შუასადებების გამო, დაბალი ხანძარმედეგობა, აგრეთვე საწყის მდგომარეობაში დაბრუნება სეისმური ზემოქმედების შემდეგ.

ცნობილია რა ამის შესახებ, შეიძლება დამატებითი ღონისძიებების გამოყენება. მაგალითად, რეზინის ფურცლების მაგიერ შესაძლებელია უფრო მეტად ხანმედეგი პოლიმერული ფურცლების (არა პოლიეთილენის აკკის) გამოყენება, რომელიც უფრო ოპტიმალურია ხანმედეგობის და ხანძარმედეგობის თვალსაზრისით, რადგან პოლიეთილენის ფურცლები დაცული იქნებიან გრუნტით და არ იქნებიან შენობაში.

2004-2005 წ.წ. ალტაიში გამოიყენეს საჭირო სისქის ბრტყელი და საანკერო პოლიმერული ფურცლები, (გრძივი გოფრებით პროფენილის მსგავსად), რომლებიც ლაგდებოდა გრუნტსა და საძირკველს შორის.

ასე, რომ ელასტომერული საყრდენები კარგია, მაგრამ საჭიროებს გაუმჯობესებას.

იაპონიაში 1987 წელს ამ საკითხზე დაიწყო მუშაობა, სამეცნიერო-საკვლევო სამუშაოები. ასეთი სამუშაოები მიმდინარეობს სომხეთში, რუსეთში, შუა აზიაში.

ნ.ვ.მარტინოვი თავის ნაშრომში [50] მიმოიხილავს „რეზინალითონის და რეზინაპლასტიკური საყრდენების ბაზაზე შექმნილი აქტიური სეისმოდამცავი სისტემების და ელემენტების“- რეზინალითონის და რეზინაპლასტიკური საყრდენების გამოყენებას. სეისმოდამცვის ელემენტების დამოუკიდებელი განხილვის აუცილებლობა დაკავშირებულია მათი კონსტრუქციული თავისებურებებიდან, მათ გამოყენებიდან მზიდ კონსტრუქციებში.

დღესდღეობით პრაქტიკაში გამოიყენება რამოდენიმე ტიპის რეზინალითონის საყრდენები: ფრანგული, ახალზელანდიური, ამერიკული და იტალიური საყრდენების ვარიანტები.

მიუხედავად ზოგიერთი კონსტრუქციული განსხვავებისა, საყრდენი მოქცეულია ლითონის გარსაკრავებში, რომლებსაც აქვს ნახვრეტები, ნაგებობის კონსტრუქციასთან სპეციალური ანკერებით მისამაგრებლად.

რეზინის თვისებების გათვალისწინებით, რეზინალითონის საყრდენებს გააჩნიათ მაღალი სიმტკიცე კუმშვაზე, გაჭიმვაზე და გრეხვაზე. ამიტომაც მათი დამზადებისათვის საჭიროა მაღალი ხარისხის რეზინა.

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ დაბალი ტემპერატურის შემთხვევაში რეზინის გამყარების თვისებების გამო, რეზინალითონის საყრდენები იცვლიან თავის ფიზიკურ-მექანიკურ (დრეკად) თვისებებს. რეზინალითონის საყრდენების გარანტირებული მუშაობის ვადა, სხვადასხვა მონაცემებით იცვლება 20 დან 50-მდე წლით, რაც მრავალი ობიექტისათვის არ არის საკმარისი.

იმის გამო, რომ სეისმურ ზემოქმედებას ახლავს შენობის გრეხა და ღუნვა ნაგებობის ღერძის გარშემო, განაპირა სეიმოიზოლაციის რეზინის საყრდენები აღმოჩნდებიან მომეტებულად დატვირთულები (გადატვირთულები). რაც მოითხოვს სამშენებლო ობიექტების სპეციალურ კონსტრუქციულ საკომპენსაციო დამცველი ღონისძიებების გატარების აუცილებლობას.

სეიმოდაცვას ახასიათებს მომეტებული მგრძობიარობა გარე ზემოქმედების ფაქტორებთან: ქარის და დინამიურ ზემოქმედებასთან, რაც, ერთი მხრივ გამოიწვევს მოქალაქეთა დისკომფორტს და მეორე მხრივ შეამცირებს სამშენებლო ობიექტის საექსპლუატაციო ვადებს, აგრეთვე გამოიწვევს ვიბრაციულ დატვირთვებს საინჟინრო კომუნიკაციებზე და ქსელებზე.

რეზინალიტონის საყრდენების დადებით თვისებად მიღებულია მისი მრავალფენოვანი რეზინალიტონის იზოლატორების, ადვილად დამზადება, სიმარტივე, იზოლატორების დაპროექტების დროს საჭირო საყრდენების პარამეტრების შერჩევა საფენების (ფირფიტების) რაოდენობის და სისქის მიხედვით.

რეზინალიტონის საყრდენების გამოყენებით მნიშვნელოვნად იზრდება რხევების დახშობა და თითქმის 2-ჯერ მცირდება შენობის სეისმური ზემოქმედების რეაქცია, 2-3 ჯერ მცირდება საკუთარი რხევის ძირითადი პერიოდი.

თავდაპირველად ასეთი საყრდენები გამოყენებული იყო ხიდების საყრდენებისათვის, ხოლო შემდგომ ახალი ზელანდიის, აშშ, იაპონიის და იტალიის სპეციალიტების მიერ რეზინალიტონის საყრდენების კონსტრუქცია გაუმჯობესებული იქნა და დაიწყო მათი ფართო გამოყენება შენობა-ნაგებობების მშენებლობისას.

ითვლება, რომ ასეთი საყრდენების გამოყენება ძალზედ ეფექტურია, ეკონომიურია და მიზანშეწონილია არა მარტო მშენებარე ობიექტებში, არამედ არსებული შენობების სეისმომდეგობის ამაღლების მიზნით გამოყენებისას. განსაკუთრებით არქიტექტურული და ისტორიული ფასეულობების მქონე შენობებისათვის, რომელთა რეკონსტრუქციისას სხვა ანტისეისმური ღონისძიებების გატარება არამიზანშეწონილია.

რეზინალიტონის საყრდენების გამოყენება სეისმოდაცვის უზრუნველსაყოფად, არ მოითხოვს სპეციალური კონსტრუქციების

გამოყენებას შენობებში, მაგრამ უნდა გათვალისწინებული იქნას ზოგიერთი წესების შესრულება:

1. საყრდენები ეწყობა სვეტების ქვეშ ან მზიდი კედლების გადაკვეთის ადგილებში;
2. როცა არ არის მიწისქვეშა სათავსოები, რეზინალითონის საყრდენები ეწყობა ცალკე მდგომ საძირკველის ფილებზე, რომელთა შორის მუდმივი მანძილები უზრუნველყოფილია საკმაოდ ხისტი შემაერთებელი ბლოკებით;
3. როცა არის მიწისქვეშა სართული (სარდაფი) სადგარები განლაგდებიან მიწისქვეშა სვეტების კაპიტელებზე და ასევე მათ შორის ეწყობა შემაერთებელი ხისტი საძირკველის ბლოკები.

ს. ტიგრანიანის სტატია „ბიზნესის ინტერესები სეისმურ უსაფრთხოებაზე მაღლა დგას“ ეძღვნება 1988 წლის 7 დეკემბერს სპიტაკის მიწისძვრის 25 წლისთავს, სადაც გაკეთებულია კრიტიკული ანალიზი; მიწისძვრის სიმძლავრე 7,2 ბალი იყო რიხტერის შკალით ზოგან 6,9, ზოგან 8,0 ბალი. ეპიცენტრი სპიტაკიდან 6-7 კმ-ზე მდებარეობდა სპიტაკის ჩრდილო-აღმოსავლეთით. ეს ყველაზე მძლავრი მიწისძვრა იყო ამიერკავკასიის ქვეყნების ისტორიის მანძილზე და ყველაზე დამანგრეველი 1948 წლის აშხაბადის მიწისძვრის შემდეგ.[32]

გახშირებული, შედარებით სუსტი მიწისძვრები შეიმჩნევა სომხეთში, თურქეთში. პროვინცია ვანში 2011 წლის 23 ოქტომბერს მომხდარი მიწისძვრის ანალიზით დადგენილია, რომ მიწისძვრის ბიძგები ვრცელდება არარატ-ერევან-სევანის მიმართულებით. სომეხი მეცნიერების აზრით, მოსალოდნელია ახლო მომავალში მძლავრ მიწისძვრა.

სომეხი მეცნიერები სომხეთის ტერიტორიას 3 ზონად განიხილავენ, ერევანი მოქცეულია 9 ბალიან ზონაში.

სპიტაკის მიწისძვრისას შენობა-ნაგებობათა ნგრევა გამოწვეული იყო შენობების და ნაგებობების დაბალი სეისმომდეგობით, უხარისხო მშენებლობით, არასაკმარისი ყურადღებით სპეციალურ და მნიშვნელოვანი

დანიშნულების შენობების მშენებლობისას, მოსახლეობის დაბალ ინფორმირებულობასთან და სხვა ფაქტორებთან.

აღსანიშნავია, რომ დღეისათვის ყველაზე საშიშ მდგომარეობაშია ქვეყნის მთავრობის და პარლამენტის შენობები. ერევანში სეისმოლოგთა და მეცნიერთა აზრით ბევრი შენობა მოითხოვს გაძლიერებას. გაძლიერება, ამასთან საჭიროებს არა მარტო საბჭოთა პერიოდში აგებულ შენობებს, არამედ დამოუკიდებლობის პერიოდის შენობა-ნაგებობებსაც.

სომხეთის სეისმომედეგი მშენებლობის ასოციაციის თავჯდომარის მ. მელქუმიანის აზრით სპიტაკის მიწისძვრის ტოლი მაგნიტუდის მიწისძვრის შემთხვევაში ახალი ერევანში 80% შენობა დაინგრევა და დაიღუპება 300 000 მცხოვრები.[52]

რაც შეეხება არსებულ საცხოვრებელ და სამოქალაქო ნაგებობებს, საჭიროა გაკეთდეს პასპორტიზაცია, დადგინდეს დაზიანების ხარისხი და მოხდეს შენობა-ნაგებობების გაძლიერება. ანალოგიური მდგომარეობაა თბილისშიც.

ბევრ ახალ შენობებს უკვე აქვთ ბზარები. ზოგი ორგანიზაცია პატიოსნად აშენებს, მაგრამ ზოგს არა აქვს სათანადო კვალიფიკაცია. ამდენად შენობა-ნაგებობები არ არის სეისმომედეგი, ჟამგამძლე და ექსპლუატაციისათვის გამოსადეგი.

მართალია, სამშენებლო მასალები ეხლა უფრო მაღალი ხარისხის არის, ვიდრე საბჭოთა პერიოდში, მაგრამ მშენებლობა არის უხარისხო.

დანაშაულია, როცა დამტკიცებული 5 სართულიანი შენობა უცებ კიდევ ორ სართულს მოიმატებს. 5 სართულიანი უცებ 10 სართულიანი გახდება, ყოველგვარი გადაანგარიშების გარეშე. თბილისში 9 სართულიანი შენობები 16 სართულიანი ხდებიან. ძალზედ ხშირია სახურავის მანსარდებად გადაკეთება და ა.შ.

ფ.დ. ზელენკოვის ნაშრომში „სახლი სეისმომორტიზატორებზე“, ავტორი მიმოიხილავს წარსულში მიწისძვრების ისტორიას.[43]

მისი გამოგონება ერთერთი პირველი განხორციელებული ღონისძიებაა სეისმოიზოლირებულ მშენებლობაში. იგი შექმნილია აგურისაგან ნაგები სახლებისათვის, მათი კედლების, თუ სხვა მზიდი კონსტრუქციების გაუმდიერებლად.

სპეციალური საძირკველი მოცილებულია შენობას საჰაერო დრეწოთი, რომელშიაც განთავსებულია ტექნიკაში ცნობილი ამორტიზატორი, რომელიც შთანთქავს შენობის დამანგრეველ დეფორმაციებს.

ასეთი საძირკვლები - ამორტიზატორები უზრუნველყოფს გრუნტის თავისუფალ გადაადგილებას, რომელიც მის სეისმურ რხევის ამპლიტუდას აჭარბებს დამანგრეველი მიწისძვრების დროს. ამიტომ გრუნტის სეისმური რხევები ვერ გამოიწვევს ძაღვების გადაცემას კედლებზე და მთელ შენობაზე.

ავტორის სიტყვებით, მსოფლიოში პირველი სეისმოიზოლირებული სახლი საძირკვლებზე - ამორტიზატორებზე აშენდა თურქმენეთში, ქალაქ აშხაბადში და გათვლილი იყო 9 და მეტ ბალის ზემოქმედებაზე.

ნახევარი საუკუნის განმავლობაში, რაც ამ ექსპერიმენტალური მშენებლობის შემდეგ გავიდა, მეცნიერებამ გიგანტური ნაბიჯები გადადგა სეისმოიზოლაციის, ან როგორც ავტორი უწოდებს, სეისმომორტიზატორების, დანერგვის შემდეგ და ეს მცირე, მაგრამ წარმატებული ცდები შენობათა დაცვაში, მნიშვნელოვანი იყო იმ პერიოდისათვის.

საძირკველი, რომელსაც გააჩნია დიდი სიხისტე, წარმოადგენს მექანიკური (კინეტიკური) ენერჯის კარგ გამტარს. მისი შეერთებით შენობის კედლებთან ხდება სეისმური რხევის ზემოქმედებით გამოწვეული დარტყმები, რომლებიც ისეთი ძლიერია, რომ არაპლასტიური აგურის კედლები ვერ უძლებენ ამ რხევებს. ეს ნგრევა გარდაუვალია იმის გამოც, რომ კედლების რხევა ჩამორჩება დროში და სივრცეში გრუნტის რხევას და შესაბამისად საძირკვლების რხევას. ამიტომ პირველი ბიძგის შედეგად გადაადგილებული კედლები განიცდიან მეორე დარტყმას ისე, რომ ვერ ასწრებენ თავის პირვანდელ მდგომარეობაში დაბრუნებას. ეს გარემოება ზრდის, როგორც კედლების რხევის ამპლიტუდას, ისე ნგრევის ხარისხს.

მიღებული დარტყმებისაგან კედლებში წარმოიქმნება დიდი მლუნავი მომენტები, რომლებიც იწვევენ გამჭიმავ და გადამჭრელ ძაბვებს.

ამ ზემოქმედებას კი აგურის კედლები სუსტად ეწინააღმდეგებიან და ამიტომაც განიცდიან რღვევას.

ზემოთქმულიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ უშუალო მიზეზი აგურით ნაშენი შენობების რღვევისა მიწისძვრის დროს, ხისტი საძირკვლებია, რომელთაგანაც კედლებს გადაეცემა სეისმური ტალღებისაგან დამანგრეველი ძალა.

ამიტომ შენობების დასაცავად ამ დამანგრეველი ზემოქმედებისაგან, საჭიროა ხისტი საძირკვლების შეცვლა დამყოლი საძირკვლებით (არახისტი), ანუ ისეთი საძირკვლების შექმნა, რომლებიც არ გადასცემენ ამ ენერგიას კედლებს ანუ ახდენენ შენობათა იზოლაციას დამანგრეველი ძალებისაგან.

თავი 2.

2.1. წაგებობათა სეისმომედეგობის ამაღლება სეისმოიზოლაციის საშუალებათა გამოყენებით

ჩვენი ქვეყნის დიდი ტერიტორია მოცულია სტიქიური მოვლენებით, როგორცაა მეწყერები, ღვარცოფები, წყლადიდობები, ზვავები და ა.შ.

მაგრამ ყველაზე ტრაგიკული და დაუნდობელი მოვლენა დედამიწის ზურგზე მაინც კატასტროფული მიწისძვრაა, როცა რამოდენიმე წამში ისპობა ის, რასაც ადამიანი წლების განმავლობაში ქმნის, რასაც მისი წინაპრები ათობით და ასობით წლების მანძილზე აშენებენ, რუდუნებით ინახავენ და აგროვებენ შთამომავლობისათვის და იმედით უტოვებენ მათ.

საქართველო მაღალი სეისმური რისკის ზონაშია, მისი მთელი ტერიტორია 8-9 ბალიანი მიწისძვრის ზემოქმედებას განიცდის.

ბოლო პერიოდში საქართველოში მიწისძვრებმა, მართალია დაბალი ინტენსივობით, მაგრამ გახშირებულმა, შეგვახსენა თავი. ჩემი აზრით, ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების პირობებში, როცა აშენდება 20-50 სართულიანი შენობები, როცა მიწისქვეშა წიაღისეულის მოპოვება შეცვლის იქ არსებულ მდგომარეობას (მაგალითად გაზლი) და ა.შ., მიწისძვრათა ინტენსივობა და სიხშირე მოიმატებს.

მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის მდგომარეობაც ამ მხრივ ჩვენთვის გამაფრთხილებელი სიგნალი უნდა იყოს. უნდა გავითვალისწინოთ მეზობელი ქვეყნების მაგალითები: სომხეთის, თურქეთის, ირანის თუ შუა აზიის ქვეყნების მიწისძვრათა ისტორია.

სულ ახლახან ძლიერი, დამანგრეველი მიწისძვრა იყო ნეპალში და ტაივანზე.

1988 წლის 07 დეკემბერს 6,9 მაგნიტუდის სიმძლავრის სპიტაკის (სომხეთის) მეტად ტრაგიკულმა მიწისძვრამ, იმსხვერპლა 25 ათასამდე ადამიანი, დაშავდა უფრო მეტი. მატერიალური ზარალი კოლოსალური იყო.

1989 წლის 17 ოქტომბრის კალიფორნიის (ლომა პრიტა – აშშ) მიწისძვრამ, რომელიც იმავე სიმძლავრის იყო, იმსხვერპლა მხოლოდ 62 ადამიანი და ზარალიც შედარებით მცირე იყო.[1]

ეს მაგალითი მეტყველებს, რომ იქ სადაც შენობა-ნაგებობების დაპროექტებაზე, მეცნიერული კვლევის შედეგების გამოყენებაზე, მათ პრაქტიკაში დანერგვაზე, აგრეთვე მშენებლობის დროს სამშენებლო ნორმების და წესების დაცვა, ხარისხის კონტროლს დიდი ყურადღება ექცევა, დამანგრეველი მიწისძვრის შედეგები საგრძნობლად მცირდება.

სეისმომედეგი ნაგებობის უახლესი, მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდებით მშენებლობას, სიმტკიცეს, მდგარდობას და საიმედოობას განსაკუთრებული მნიშვნელობა უნდა მიექცეს, რადგან ამაში დაინტერესებულია არა მარტო სამოქალაქო, არამედ სახალხო მეურნეობის ყველა დარგი: ქიმიური, ელექტრომოწყობილობის, მანქანათმშენებლობის, სოფლის მეურნეობის და სხვა დარგები.

ამიტომ, ინჟინრები, მეცნიერები, დამპროექტებლები, მშენებლები, ამ დარგის ყველა მშრომელი, რიგითიდან ხელმძღვანელამდე, ყურადღებით უნდა შევისწავლოთ საზღვარგარეთის, განვითარებული ქვეყნების გამოცდილება. შევისწავლოთ ახალი სამშენებლო სისტემები, რომლებმაც გამოცდა გაიარეს მათ ქვეყნებში მშენებლობის დროს, გადაიტანეს კატასტროფული მიწისძვრები და კვლავ რჩებიან ექსპლუატაციაში.

რეზონანსული-რხევით თეორიას, დიდი მნიშვნელობა აქვს მიწისძვრის ზემოქმედების შესწავლის დარგში.

რეზონანსული-რხევით თეორია, წამოაყენა იაპონელმა მეცნიერმა ნ. მონონობემ 1920 წელს, რითაც საფუძველი ჩაუყარა რეზონანსულ მოვლენას. გრუნტის რხევის სიხშირის დამთხვევისას ნაგებობის საკუთარი რხევების სიხშირესთან, წარმოიქმნება რეზონანსი. სწორედ ეს რხევების სიხშირეები წარმოადგენენ განსაკუთრებულ საშიშროებას.[44]

სწორედ ეს თეორია განავრცო 1927 წელს კ. ს. ზავრიევმა. ამას მოყვა საქართველოში სეისმური მოვლენების და სეისმომდეგობის მეცნიერული შესწავლის სპეციალისტთა მთელი არმიის ჩამოყალიბება.

ცნობილია, რომ საანგარიშო სეისმური ზემოქმედების დროს, ამ ძალებზე გათვლილ ნაგებობებში, ყოველთვის ჩნდება ამა თუ იმ სიდიდის დაზიანებები, რომლებიც ამცირებენ შენობის სიხისტეს და სიმტკიცეს.

ამავე დროს ისიც ცნობილია, რომ საანგარიშოზე შედარებით ნაკლები ინტენსივობის მიწისძვრის ზემოქმედებისას, რომელთა განმეორებადობა შედარებით ხშირია, დაზიანებები გროვდება, რაც ამცირებს შენობის საანგარიშო სეისმომდეგობას და ქმნის მას უუნაროს შეეწინააღმდეგოს საანგარიშო მიწისძვრით გამოწვეულ ძალებს. დაზიანებულ ნაგებობებზე, რომლებიც განლაგებული არიან არაძლიერი მიწისძვრების ზონაში, ასეთ მდგომარეობაში მყოფ შენობებზე მოქმედებს ტექნოგენური რყევებიც.

ნორმატიული დოკუმენტებით გაანგარიშებული და დაკონსტრუირებული ნაგებობა, გამიზნულია მხოლოდ საანგარიშო მიწისძვრის აღქმისათვის, რის შემდეგაც შენობის დაზიანებები უნდა გავაძლიეროთ კონსტრუქციული ღონისძიებებით.

სწორედ ამ გარემოებებმა უბიძგეს მეცნიერებს დაეწყოთ სეისმური ზემოქმედიდან დაცვის ახალი სისტემების ძიება. უკანასკნელი 20-30 წლის განმავლობაში შეიქმნა რამოდენიმე, პრაქტიკაში დანერგილი მეთოდი-სეისმოიზოლაციის სისტემების, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ჩვენი ქვეყნის გარეთ.

ზემოთ აღნიშნული გარემოებების გათვალისწინებით მეცნიერთა ძიების შედეგად ჩვენი ქვეყნის გარეთ შეიქმნა 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 სეისმოდახშობას.

2.2. ანტისეისმური ღონისძიებები

ბაზარზე გამოტანილი სეისმოიზოლატორების უმეტესობა ხაზობრივი მოქმედებისაა, რომლებიც უზრუნველყოფენ სისტემების დემფრირებას.

ელასტომერული იზოლატორები (დრეკადი ხასიათის იზოლატორების)
მახასიათებლები უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

- ორ ორთოგონალურ სიმეტრიის ღერძებში გაჭიმვა უნდა ხორციელდებოდეს რაც შეიძლება დამოუკიდებლად ჰორიზონტალური მიმართულების მოქმედებისაგან;

- ლითონის ფირფიტებს უნდა ჰქონდეთ:

ა) შიდა ფირფიტებისათვის მინიმალური სისქე 2 მმ;

ბ) გარე ფირფიტებისათვის მინიმალური სისქე 20 მმ-ის ტოლი;

გ) მინიმალური წაგრძელება 18%;

- S_1 ძირითადი ფორმა-ფაქტორი, ერთი ელასტომერის ზედაპირის (A^1) ფართის შეფარდება ამ ზედაპირზე არსებული ლითონის ხვრელებთან ($S_1 = A^1/1$);

- S_2 მეორადი ფორმა-ფაქტორი, ერთიანი ლითონის ფირფიტის განზომილების D შეფარდება ელასტომერის საერთო შრეების სისქესთან T_H აქ $S_2 = D/T_H$;.

- ვერტიკალური სიხისტე V წარმოადგენს პროექტში ვერტიკალური ძალის შეფარდებას ვერტიკალურ გადაადგილებასთან. [69]

გასაშლელმა იზოლატორებმა უნდა გაუძლონ არა ნაკლებ 10 ციკლს-„დატვირთვა-განტვირთვის“. პირობა დაცული იქნება, როცა ხახუნის კოეფიციენტი, შემდგომი ციკლების დროს, არ შეიცვლება 25%-ზე მეტად. მესამე ციკლთან შედარებით და ყველა შემთხვევაში არ უნდა იყოს პროექტში ნაჩვენებ საიდიდეზე ნაკლები. (ნახ.32)

ჰისტერიზისული დემპფერი გათვალისწინებულია შენობათა დატვირთვის დროს, სეისმური ენერჯის დისიპაციის მეშვეობით, როცა ეს ენერჯია შეაღწევს ამ შენობა-ნაგებობაში.

ცნობილია ძირითადი ოთხი ჯგუფი ჰისტერიზისული დემპფერებისა:

- 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.

ინერციულ დემპფერს უწოდებენ აგრეთვე ინერციულ ჩამხშობს, რომელიც ვიბრაციული კონტროლის მოწყობილობაა. იგი წარმოადგენს მასიურ ბეტონის ბლოკს, რომელსაც განლაგებენ მალევე შენობაზე, რომელიც ირხევა სეისმური დატვირთვის ზემოქმედების დროს განსახილველი შენობის რეზონანსული სიხშირით, სპეციალური ზამბარისებრი მექანიზმის საშუალებით.

ამ მიზნით ტაიბეი101-ის ინერციულ დემპფერზე მოწყობილია ორი კიდული ქანქარა 92-ე და 88-ე სართულებზე თვითეული 660 ტ. (ნახ.30)

ნაგებობების ვერტიკალური დემპფირება განსაკუთრებულია სეისმური დატვირთვის ქვეშ მყოფ შენობათა და ნაგებობათა მუშაობის გასაუმჯობესებლად, რეზონანსული რხევების გაუვნებელობის მიზნით. ამ ნაგებობებში შეღწეული სეისმური ენერჯის დისპერსიის საშუალებით.

ჩატარდა გამოცდები დემპფირებული სხვადასხვა ფორმის ვერტიკალური შენობისათვის.

დადგინდა, რომ კონუსისებრი და პრიზმული ფორმის მალევე შენობებში დემპფირება ერთნაირად შეიძლება იქნეს გამოყენებული.

მრავალსიხშირული რხევის დამამშვიდებელი არის ვიბრაციული კონტროლის მოწყობილობათაგანი, რომელიც ეწყობა მალევე შენობაზე,

ირხევა განსახილველი შენობის სეისმური დატვირთვით გამოწვეული რეზონანსული სიხშირით.

თითოეული მრავალსიხშირული რხევის დამამშვიდებელი აერთიანებს რამოდენიმე სართულშორის დიაფრაგმას, რომლებიც მოჩარჩობულია კონსოლით, რომელთაც სხვადასხვა საკუთარი რხევის პერიოდები გააჩნიათ და რომლებიც მუშაობენ, როგორც ინერციული დემპფერი.

შენობის აწეული საძირკველი არის სეისმომედეგ მშენებლობაში ვიბრაციული კონტროლის ინსტრუმენტი, რომელსაც შეუძლია შენობათა და ნაგებობათა მუშაობის გაუმჯობესება სეისმური ზემოქმედების დროს. ასეთი მეთოდის ეფექტურობა ეფუძნება შემდეგს: სეისმური ტალღების მრავალრიცხოვანი არეკვლის, დიფრაქციის და დისიპაციის შედეგად, შენობის აწეულ საძირკველში, სეისმური ენერჯის ზედნაშენისათვის გადაცემა (ზედა შენობის ნაწილში) აღმოჩნდება ძალზედ შესუსტებული.

ეს მიზანი მიიღწევა შესაბამისი სამშენებლო მასალების, კონსტრუქციული ზომების შერჩევით, აგრეთვე აწეული საძირკვლების კონფიგურაციის შერჩევით კონკრეტული სამშენებლო მოედნისათვის.

შენობის აწეული საძირკველი არის სეისმომედეგ მშენებლობაში ვიბრაციული კონსტროლის ინსტრუმენტი, რომელიც აუმჯობესებს შენობა-ნაგებობის მუშაობას სეისმური ზემოქმედების დროს.

ტყვია-რეზინის საყრდენი ანუ ლითონ-რეზინის საყრდენები სეისმური იზოლაციაა, რომელიც გამიზნულია შენობა-ნაგებობის მუშაობის გასაუმჯობესებლად; სეისმური ზემოქმედების დროს სეისმური ენერჯის ინტენსიური დემპფირების ხარჯზე. მაგრამ, მექანიკურად დამყოლი სისტემები, როგორც არიან იზოლირებული ნაგებობები შედარებით დაბალი ჰორიზონტალური სიხისტით, მაგრამ მნიშვნელოვანი ე.წ. დემპფირებული ძალით, შეიძლება განიცდიდნენ მნიშვნელოვან გადატვირთვებს, რომლებიც გამოწვეულია მიწისძვრის დროს სწორედ ამ ძალებით.

ზამზარისებრი დემპფერები არიან იზოლაციური მოწყობილობები, რომლებიც თავისი მახასიათებლებით წააგავს ტყვია-რეზინის საყრდენებს. ორი საშუალო ზომის სამსართულიანი სახლი ასეთი მოწყობილობით სანტა-მონიკაში (კალიფორნია), იყო გამოცდილი ბუნების მიერ ნოტრიჟის მიწისძვრის დროს 1994 წელს.(ნახ.33)

ქანქარა-ფრიქციული საყრდენი - ეს სეისმური იზოლაცია წარმოადგენს ვიბრაციული კონტროლის ინსტრუმენტს სეისმომედეგი მშენებლობის დროს, რომელსაც შეუძლია გააუმჯობესოს შენობა-ნაგებობის მუშაობა სეისმური ზემოქმედების დროს. ქანქარა-ფრიქციული საყრდენების ძირითადი ელემენტებია:

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

საქართველოშიც ბევრს მუშაობდნენ მეცნიერები შეექმნათ სეისმომედეგი ნაგებობები. ასეთი ნაგებობა შექმნა თბილზნიეპის კოლექტივმა ИИС-04-ის სახით, რომელიც მრავალ ქვეყანაში იქნა დანერგილი. [7] [8]

ასევე წარმატებით იქნას შექმნილი სეისმომედეგი შენობა-ნაგებობები სასოფლო მშენებლობისათვის, ქართველი დამპროექტებელ-მკვლევარების მიერ. ორივე სახის შენობა-ნაგებობები ფართოდ იქნა დანერგილი, რომელიც აღნიშნული იყო არა ერთი სახელმწიფო პრემიით და დიპლომებით.

2.3. შენობა-ნაგებობების სეისმოგაძლიერება, რეზინამეტალის სისტემის გამოყენებით

საცხოვრებლის, საზოგადოებრივი და სამრეწველო შენობების და უნიკლური ნაგებობების ტრადიციული მეთოდებით გაძლიერებასთან ერთად (არმირებული ბეტონით მოჯავშნა, ტორკრეტბეტონით გაძლიერება,

დამატებითი რკინაბეტონის ახალი ჩარჩოების შეყვანა, გარსაკვრების მოწყობა და ა.შ.) სამეცნიერო საზოგადოება „CC“ აქტიურ მუშაობას ეწევა ახალი სეიმოდამცავი მეთოდების შესწავლასა და ათვისებაში. [29]

ერთერთი ასეთი ათვისებული მეთოდია ნაგებობათა სეისმოგამლიერება სეისმოიზოლაციის სისტემების გამოყენებით.

დამუშავებული კონსტრუქციები განსხვავდებიან უბრალო ფორმებით, მონტაჟის ტექნოლოგიური სიმარტივით, შედარებით დაბალი ღირებულებით და მაღალი საიმედოობით. სეისმოიზოლაციის გამოყენება რეგიონში, სადაც ტერიტორია 7, 8 და 9 ბალის ინტენსივობისაა, საშუალებას მოგვცემს შევამციროთ სეიმური დატვირთვა 1,5–4-ჯერ, იმის და მიხედვით, თუ რა მოედანზე ვაშენებთ და რა კონსტრუქციული სისტემა გააჩნია შენობას. ეს კი საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ პროექტები, რომლებიც განკუთვნილი არ არიან სეისმური რაიონებისათვის, ან ავწიოთ სეისმომდეგობა არსებული შენობისა 1-2 ბალით.

რეზინა-მეტალის დგარებიანი სეისმოიზოლირებული შენობები გამოირჩევიან შემდეგი უპირატესობით ჩვეულებრივ ანტისეისმურ ღონისძიებებთან შედარებით.

1. საიმედოობის და უსაფრთხოების გაზრდა – სეისმური რეაქციის შემცირება მიწისძვრის დროს, დაზიანების ან ჩამონგრევის თავიდან აცილება სეისმოიზოლირებულ შენობებში, ადამიანთა, მატერიალური ფასეულობის და მოწყობილობის დაცვა.

2. სასიცოცხლოდ აუცილებელი შენობა-ნაგებობების სისტემების უწყვეტი მუშაობის უზრუნველყოფა – ელექტროენერჯის მოწოდება, წყალსადენის ქსელების ფუნქციონირება, ხანძარსაქრობი სისტემების და სხვა საინჟინრო კომუნიკაციების და ნაგებობების შენარჩუნება.

3. შენობათა ღირებულების შემცირება – ტრადიციულ ანტისეისმურ ღონისძიებებთან შედარებით, რომელთა გატარებაც აუცილებელია, მთლიანი ღირებულება მცირდება 5-20%-ით, დამოკიდებულია სეისმური რაიონის

ბალიანობაზე, სართულების რაოდენობაზე, შენობის ფუნქციონალურ დანიშნულებაზე და სხვა მაჩვენებლებზე.

4. მცირდება შენობის ექსპლუატაციის ღირებულება – რეზინალითონის საყრდენების ექსპლუატაციის ვადა 60 წელზე ნაკლები არ არის, ეს კი ერთადერთი ელემენტია სეისმოდაცვის, რომელიც პასუხს აგებს შენობის სეისმომდეგობაზე.

5. არქიტექტორებს ეძლევათ თავისუფლება შენობის გეგმარების შერჩევაში, ინჟინრებს კონსტრუქციული სისტემას დაზუსტებაში.

6. საშუალება არსებულმა შენობებმა შეინარჩუნონ, მათი გამლიერების შემდეგ არქიტექტურული იერსახე.

უკანასკნელი 7 წლის განმავლობაში ჩატარებულია რეკონსტრუქცია სხვადასხვა ტიპის მქონე შენობებზე, სადაც გამოყენებულია სეისმოზოლოგიის სისტემები: ცენტრობანკის ფილიალის შენობა და მიხაილო-არხანგელსკის ეკლესია ქალაქ ირკუტსკში, დრამატული თეატრის შენობა ქალაქ გორნო-ალტაიში, სკოლა ალექსანდროვსკ-სახალინსკში და სხვა.

თავი 3.

3.1. არსებული შენობების რემონტი და გაძლიერება სეისმომდეგობის ამაღლების მიზნით

FREYSSINET-ის ფირმის სარეკლამო მასალებში (2013 წლის თებერვლის მასალა – www.Freyssinet.com) მოყვანილია არსებული შენობა-ნაგებობების რემონტის და გაძლიერების მეთოდები მათი სეისმომდეგობის ამაღლების მიზნით. [37]

ანალიტიკური გაანგარიშების საფუძველზე დადგენილია, რომ ძალიან მაღალი რკინაბეტონის პორტალურ ჩარჩოიანი ნაგებობები, სეისმური ზემოქმედების დროს, შედარებით მოქნილია და მუშაობენ ღუნვაზე, ხოლო დაბალი, ბეტონის კედლიანი ნაგებობები, ძირითადად მუშაობენ ძვრაზე.

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

გაძლიერების გადაწყვეტილებებს ხშირად თან სდევს არსებული ნაგებობების წონის, გაბარიტების და სიხისტის ზრდა და შესაბამისად, იზრდება სეისმური ძალები, რომლებსაც ამ გაზრდილმა კვეთებმა უნდა გაუძლონ. თუმცა, სიხისტის გაზრდა ვერ ეხმარება, არამზიდ ელემენტებს, რომლებიც ვერ უძლებენ შენობის მნიშვნელოვან დეფორმაციებს.

მოქნილი ნაგებობები შეიძლება გაძლიერდეს მათი სიმტკიცის გაზრდით. განსაკუთრებით ეფექტურია ჯვარედინი განმბრჯენების გამოყენება. ასევე მისაღებია პლასტიკური სახსრების შემოღება. გაზრდილი

პლასტიკურობა ანიჭებს შენობას რღვევამდე მეტ დეფორმირებას სეისმური ძალების გაზრდის გარეშე.

როდესაც ჩნდება პლასტიკური სახსრები, იზრდება შენობა-ნაგებობის დისიპაციური შესაძლებლობა.

ხისტი ან მოქნილი ნაგებობები აღჭურვილი დემპფერების მოწყობილობით, განაბნევენ (მოახდინონ დისიპაცია) მასზე გადაცემული სეისმური ენერჯის მნიშვნელოვან ნაწილს.

სეისმური ზემოქმედება შენობაში იწვევს ძაბვებს, რომლის შემცირება შესაძლებელია ნაგებობის საძირკვლისაგან იზოლაციით მადემფირებელი მოწყობილობის გამოყენებით.

ავტორთა ხატოვანი გამოთქმით, ეს ნიშნავს „ფილტრი“-ს მოთავსებას ნიადაგსა და შენობას შორის, რომელიც გაატარებს სეისმური ზემოქმედებით ენერჯის მხოლოდ ნაწილს. დინამური იზოლატორები ახდენენ ნაგებობის სიხშირის კომპენსირებას, რომელიც მუშაობს ჰორიზონტალური მიმართულებით, როგორც შედარებით დაბალი სიხშირის გენერატორი.

ასეთი ტიპის ნაგებობები რჩება ექსპლუატაციაში ინტენსიური მიწისძვრის შემდეგაც. მასზე აღინიშნება არასტრუქტურული ელემენტების და აღჭურვილობის მხოლოდ მცირე ზიანი ან საერთოდ არ დაზიანდებიან, რაც მნიშვნელოვანია, საავადმყოფოების შემთხვევაში დაზიანებული შენობების აღსადგენად.

მოყვანილია ტორკრეტირების დადებითი მხარეები. მას იყენებენ შიდა სამუშაოებისათვის კედლების, სვეტების, რიგელების და ა.შ. გასაძლიერებლად.

კომპოზიტური რულონური მასალები სვეტების, კოჭების, ბრტყელი ელემენტების გაძლიერებისათვის გამოიყენება, ასევე იყენებენ ნახშირბადის ბოჭკოვან ქსოვილებს – Foreva WFC100 და Foreva WFC300.

შენობა-ნაგებობების გაძლიერებისათვის Freyssinet-ის ფირმის მიერ წარმოდგენილია წინასწარდაძაბული დიაფრაგმები (კედლების) გამოყენება,

ასევე იყენებენ რკინაბეტონის კონტროლსებით შენობიდან სეისმური დატვირთვების საძირკვლებზე გადაცემას და ა.შ.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ჯვარედინი განმბრჯენების მოწყობას ექსპლუატაციაში მყოფ შენობებზე. ასეთი განმბრჯენები ეწყობა შენობის ყველა სართულზე. ძირითადად გარე კონტურზე. მათ უნდა გაუძღონ ჰორიზონტალურ ძალებს შენობის თვითოეულ სართულზე და გადასცენ დინამიკური დატვირთვები საძირკვლებს. სხვათა შორის, ასეთი განმბრჯენები ვნახე ჩემი მოგზაურობისას იაპონიაში 2007 წელს. იქ მათ ასრულებენ როგორც ლითონისაგან, ისე რკინაბეტონისაგან და აფორმებენ, როგორც არქიტექტურულ ელემენტს.

ყურადღებას იპყრობს გაძლიერება განმბრჯენებით ენერჯის განხვევი მოწყობილობით. Freyssinet-ის ფირმის მიერ შექმნილა განმბრჯენები Transpec™ FVD ანტისეისმური მოწყობილობებით. აქ გამოიყენება ბლანტი სითხის ენერჯის გახვევის მოწყობილობა, რომელსაც აქვს ძალიან მაღალი ჩახშობის სიმძლავრე და განსაკუთრებით ეფექტურია ძალიან მოკლე ბიძგებისას. ეფექტურობა გამოიკვეთება იმითაც, რომ მათი ჩახშობის სიმძლავრე აწონასწორებს დამატებითი განმბრჯენებით გამოწვეულ გაზრდილ სიხისტეს. გამოიყენება აგრეთვე განმბრჯენები ჰიდრაულიკური დემპფერებით.



ნახ.11. გამბჯენში ჩამონტაჟებული ჰიდრაულიკური დემპფერის დეტალი

ასევე ცნობილია ჰისტორიული ჩამხშობი მოწყობილობით აღჭურვილი გაძლიერების განმბრჯენები. განმბრჯენები განლაგებულია შენობის მთელ სიმაღლეზე.

Freyssinet-ი აწარმოებს განმბრჯენებს აღჭურვილს ჰისტორიული ჩამხშობი მოწყობილობებით, პროგრესული პოსტ-ელასტიური სისტემით, მათი გახისტებით საექსპლუატაციო ინტერვალში, შესაძლებელია გათანაბრდეს ძალები განმბრჯენში.



ნახ.12. ჯვარედინი განმბრჯენები



ნახ.13. განმბრჯენი დაყენებული ჰიდრაულიკური დემპფერებით

განსაკუთრებული ადგილი უკავია წარმოდგენილ ბუკლეტში ნაგებობების იზოლაციას შენობის საძირკვლისაგან.

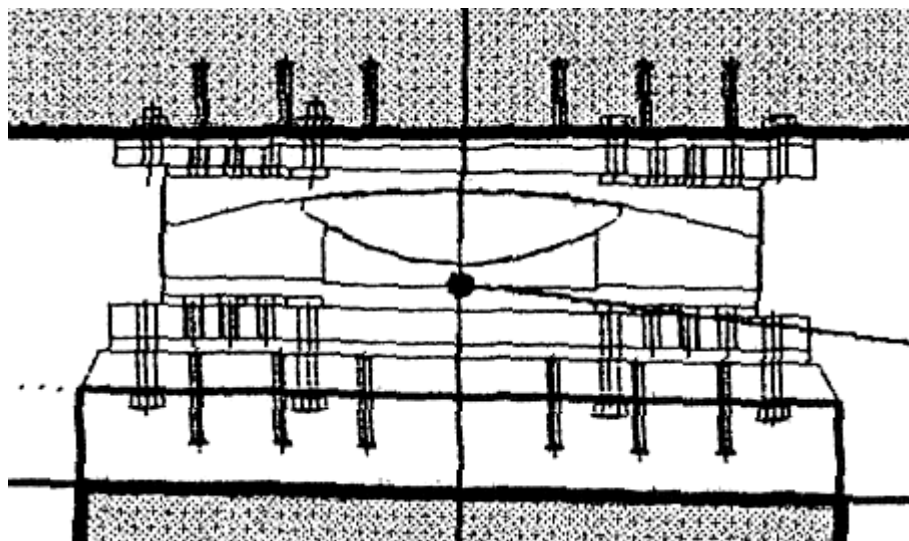
გამოიყენება ბანდაჟირებული ელასტომერული საკისრები. მათი ჰორიზონტალური მოქნილობა და მათი მაღალი განბნევის შესაძლებლობები ვერტიკალური დატვირთვის ქვეშ, შესაძლებელს ხდის ნაგებობის იზოლირებას მისი საძირკვლის მოძრაობისაგან. მათი ელასტიურობის გამო ეს საკისრები აცენტრებენ ნაგებობას მიწისძვრის შემდეგ, ანუ უბრუნებენ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

აღნიშნულის გარდა დინამიურ იზოლატორებს ასევე გააჩნიათ საამორტიზაციო ფუნქციაც, რომ განაზღვიონ სეისმური ენერგიის ნაწილი. ამ შემთხვევაში ისინი მზადდებიან მასალისაგან მაღალი ხარისხის შიდა დემპფერებით (HDRB ტიპის) ან ალიჭურვებიან ტყვიის ჩანართით (LRB ტიპის), რომელიც დეფორმირდება. ამ ტიპის საკისრები არ საჭიროებენ ტექნიკურ მომსახურებას-ისინი უნდა შემოწმდნენ მხოლოდ ძლიერი მიწისძვრის შემდეგ.

იმისათვის, რომ გაიზარდოს ენერგიის განხვევა ნაგებობის საძირკველთან შეერთებისას, დინამიური იზოლაცია ასევე შეიძლება გაერთიანდეს Transper™ FVD ბლანტი სითხის ამორტიზატორებთან, რაც ქმნის შესაძლებლობას მიღწეული იქნას შიდა დემპფერების გამოყენების კოეფიციენტის გაზრდა 50%-მდე.

ქანქარა საყრდენები საშუალებას აძლევს ნაგებობას გადაადგილდეს საძირკვლის მიმართ სფერული ზედაპირის გასწვრივ, რომლის რადიუსი განსაზღვრავს იზოლირებული ნაგებობის საკუთარ სიხშირეს. მისწიძვრის შემდეგ, საკისრების საშუალებით ნაგებობა, უბრუნდება ადრინდელ მდგომარეობას.

გარდა ამისა, ხახუნი მზიდ დისკსა და მოსრიალე ზედაპირს შორის ასუსტებს სეისმურ ენერგიას.



ნახ.14. ქანქარა საკისარი

წარმოდგენილ მასალაში განიხილება აგრეთვე დინამიკური იზოლატორების განთავსების საკითხიც. იზოლატორების განსათავსებლად შენობის იატაკის ქვეშ, საჭიროა სპეციალური ღონისძიებების გატარება:

- შეიქმნას ჩაჭრები კედლებსა და იატაკების გადახურვებს შორის;
- მოხდეს სვეტების ჩამოჭრა და იზოლატორების დამონტაჟება.

Freyssinet აყენებს დროებით კონსტრუქციებს, რათა განტვირთოს დასამუშავებელი არეები მათი წონასწორობის დარღვევის გარეშე, ქმნის ჩაღრმავებებს და ახორციელებს ჭრის ოპერაციებს, ადგილობრივად აძლიერებს სტრუქტურულ ელემენტებს, ამონტაჟებს სეისმური იზოლაციის მოწყობილობებს და მერე ტვირთავს მათ ზუსტი დაჭიმვით, სპეციალური მოწყობილობის გამოყენებით.



ნახ.15. იზოლირებული შენობის ხედი ექსპლუატაციაში შეყვანამდე

3.2. YSOSLAB მარტივი, სწრაფი და უსაფრთხო კონსტრუქცია სეისმურ ზონაში მშენებლობისათვის

განვიხილავთ ნაგებობათა საეისმური ზემოქმედებისაგან დაცვის კიდევ ერთ სისტემას, რომელიც გამოიყენება სლოვენიაში. ეს არის „Freyssinet“-თან ერთად შემუშავებული სისტემა YSOSLAB-ის ტექნოლოგიური გადაწყვეტა, რითაც მნიშვნელოვნად მარტივდება პროექტირება და მშენებლობა სეისმურ რაიონებში. [36]

პრინციპი ამ სისტემის მუშაობისა არის საფუძვლის იზოლაცია შენობისაგან: საძირკვლის ფილა ჩამოსხმულია პირდაპირ გრუნტზე. მათზე ეყრდნობიან სვეტები, რომელთა თავზე მოთავსებულია იზოლატორები. ამ უკანასკნელებზე თავსდება იზოლირებული გადახურვის ფილა, რომელზედაც აშენებულია შენობა.

განსახილველ შემთხვევაში სივრცე საძირკვლის ფილასა და იზოლირებულ გადახურვის ფილას შორის გამოყენებულია ავტოსადგომებისათვის.

ჩვენთვის, საინტერესო არის ის, რომ პროფესორმა კალვიმ შექმნა სტანდარტული ელემენტები ამ ტიპის შენობებისათვის, რომლებიც უზრუნველყოფენ დაპროექტების და მონტაჟის სწრაფ ტემპებს და საიმედო კონსტრუქციულ კვანძებს და ელემენტებს.

ნაშრომში განხილულია წარსულის პრიმიტიული (თანამედროვე გაგებით) სეისმოიზოლაციის მეთოდები. 1909 წელს ინგლისელმა ექიმმა ჟ.ა. ლაკატარიენტისმა შესთავაზა მზიდი კონსტრუქციის საძირკვლისაგან ტალკის ფენით გამოყოფა. ამ პრინციპის გამოყენებით ყოფილა აგებული საავადმყოფოები, ქალაქის მერიები, ბირთვული ელექტროსადგურები, საცხოვრებელი სახლები.

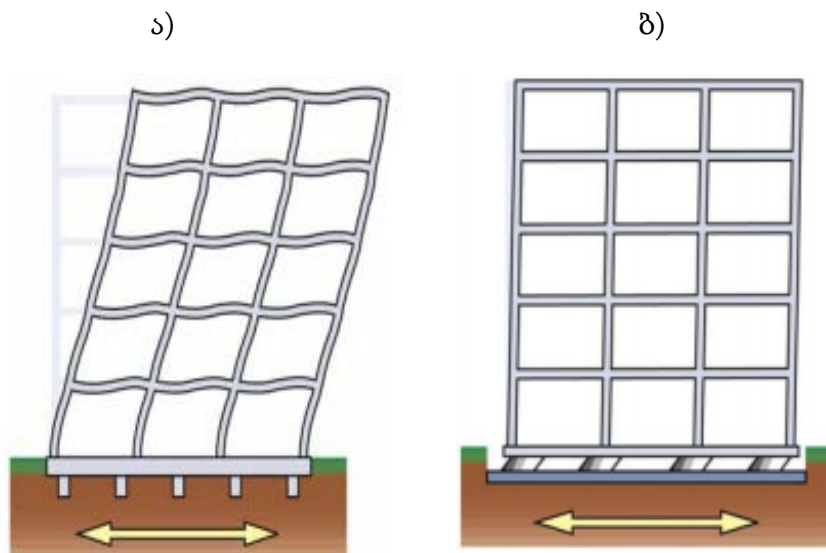
საძირკვლების იზოლაციის გამოყენება გამორიცხავს მზიდი კონსტრუქციების სიმტკიცის და კვეთის გაზრდას. აქ იზღუდება

გადაადგილება და აჩქარება, რომლებსაც კონსტრუქცია განიცდის მიწისძვრის დროს. შედეგად მცირდება სეისმური ძალების ამპლიტუდა.

ეფექტის მისაღებად სტრუქტურული მასების დიდი ნაწილი განცალკევებულია საძირკვლის სისტემისაგან ჰორიზონტალური მიმართულებით, ე.ი. გრუნტის და სტრუქტურის მოძრაობები განცალკევებულია.

ნაგებობისაგან საძირკვლების იზოლაციის უპირატესობას მშენებლობაში გავრცელებულ მეთოდთან-ხისტ კავშირს ძირითად შენობასა და საძირკველს შორის, შემდეგნაირად შეიძლება ჩამოვყალიბოთ:

- მიწისძვრით გამოწვეული აჩქარებების მნიშვნელოვანი შემცირებით;
- უფრო მცირე ინერციის ძალები და შედეგად სტრუქტურული ელემენტების უფრო შემცირებული დაზიანებები სეისმური ზემოქმედებისას;
- სართულშორისი გადახურვის მასის შემცირებისას არაკონსტრუქციული ელემენტების დაზიანებების შესაბამისი შემცირებით;
- შენობებში მცხოვრებთა შემცირებული რყევა.



ნახ.16. შენობის მოდელების დეფორმაციათა სეისმოიზოლაციის გარეშე (ა) და სეისმოიზოლაციით (ბ)

მაგრამ სეისმოიზოლაციის განსაკუთრებული უპირატესობა აშკარაა მიწისძვრის შემდგომ საგანგებო სიტუაციების მართვისას.

სეისმური ნორმების მიხედვით დამკვიდრებული მეთოდით აგებულმა შენობამ შეიძლება გაუძლოს მიწისძვრას, მაგრამ მიიღოს შესამჩნევი დაზიანებები, რომლებიც მოითხოვენ გამოკვლევას, შეფასებას, შეკეთებას, შესაძლო რეკონსტრუქციას, რომლის დროსაც ნაგებობის გამოიყენება შეუძლებელი ხდება.

პირიქით, შენობა დაპროექტებული საძირკვლების ოზოლაციის პრინციპით დაცულია სეისმური დაზიანებისაგან და მისი ექსპლუატაცია შესაძლებელია მიწისძვრის შემდეგ.

იზოლატორის, YSOSLAB სისტემაში გამოიყენება ყველაზე მოწინავე ხახუნის ქანქარა იზოლატორები - ALGAPEND.

მათი ძირითადი მახასიათებლებია:

- დასაშვებია კონსტრუქციის ფარდობითი გადაადგილება საძირკვლის მიმართ;
- საკუთარი რხევების პერიოდი არ არის დამოკიდებული კონსტრუქციის მასაზე, ამიტომ არ არის გრეხა ვერტიკალური ღერძის გარშემო მიწისძვრის დროს, რადგან მასათა ცენტრი და სიხისტის ცენტრი ემთხვევა ერთმანეთს;
- ხახუნის კოეფიციენტი მოცურების ზედაპირზე განსაზღვრავს იზოლაციის სისტემის ეკვივალენტურ ხახუნის დახშობას;
- იზოლატორები სეისმური მოვლენის შემდეგ უზრუნდებიან თავიანთ მდგომარეობას.

ALGAPEND იზოლატორები დაფუძნებულია სრიალის მასალების გამოყენებაზე. ეს მასალა მილანის პოლიტექნიკური უნივერსიტეტის მიერ არის შექმნილი და დაცულია საერთაშორისო პატენტით. (Hotsaid მასალები - Hotslide).

ამ მასალებს მართვადი ხახუნის წინააღმდეგობა აქვთ მაღალ წნევაზე, ცვეთაზე და მაღალ ტემპერატურაზე.

ნაგებობაში სვეტები შვიდი ტიპისაა, რომლებიც YSOSLAB-ის სპეციფიკაციაში შედის და დამოკიდებულია შენობის ზომებზე. დამზადებულია ბეტონისაგან ან ლითონის ან რკინაბეტონისაგან და გათვლილია კონსტრუქციის წონაზე.

შენობები შეიძლება განლაგდნენ, როგორც მიწის დონეზე, ისე მიწისქვეშ, სწორ ან დახრილ ზედაპირზე.

კომუნიკაციები ეწყობა სპეციალურ არხებში მოქნილ შეერთებებზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ წარმოდგენილ სისტემაში ხშირად გამოიყენება წინასწარდაძაბული ფილები, როგორც საძირკვლებში, ისე იზოლირებულ გადახურვებში.

ასეთი ფილები იძლევა მასალის ეკონომიას და შესაძლებელია სვეტებს შორის მანძილის გაზრდა, რაც ასე მნიშვნელოვანია ავტომობილების პარკირებისას.

YSOSLAB სისტემის დანერგვამდე ჩატარდა რიგი სამეცნიერო-საკვლევო სამუშაო და ექსპერიმენტული გამოცდა.

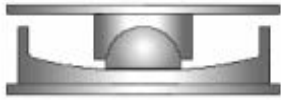
- პრაქტიკულად გამოიყენება ნებისმიერი შენობის დაპროექტებისათვის, ნებისმიერ სეისმურ ზონაში. ამასთან კარკასის ბიჯი ორივე მიმართულებით 8მX8მ-მდეა;
- გრუნტის მაქსიმალური აჩქარება 0,9g-მდე;
- A, B, C, D და E, კლასის გრუნტებისათვის როგორც ეს განსაზღვრულია ევროკოდი 8-8-ში;



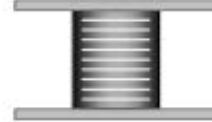
ნახ.17. ქვედა ფილის არმირება



ნახ.18. ზედა ფილის ჩასხმისათვის მომზადება



Sliding Isolation Bearing



Elastomeric Isolation Bearing

მოცურებადი ზედაპირის იზოლაციური საყრდენი

ელასტომერის საიზოლაციო საყრდენი

ნახ.19. სეისმოიზოლაციურ საყრდენთა ტიპები

- სართულიანი შენობებისათვის;
- სართულებზე მოსული დატვირთვა: საცხოვრებელი შენობის შესაბამისი ან მძიმედ (საწყობი, სამრეწველო). მაქსიმალური დატვირთვა გადახურვაზე მათ შორის საკუთარი და დროებითი 10კნ/კვმ;
- საკუთარი რხევის პერიოდი: არაუმეტეს 1,0 სეკ.

ლიტერატურა: [www. Freysinet.com](http://www.Freysinet.com). 2012 წლის დეკემბერი



ნახ.20. დასრულებული პროექტი

თავი 4.

4.1. ახალი ანტისეისმური სისტემები

საქართველო რომ მაღალი სეისმური აქტივობის ზონაში მდებარეობს ეს ყველასათვის ცნობილია, როგორც ხელმძღვანელ ორგანოებში, ისე რიგით საზოგადოებაში.

შეცდომაა, როცა ფიქრობენ, რომ მიწისძვრა 500 წელიწადში ერთხელ შეიძლება იყოს, ეს მათი აზრია, ვისაც სამშენებლო ნორმები და წესები მიწისძვრის შესახებ წაუკითხია, მაგრამ ვერ გაუგია.

არც გაზლიში (უზბეკეთი) ვარაუდობდნენ 6 ბალიან მიწისძვრაზე მეტს (ანუ არასეისმური რაიონი იყო), არც თურქეთის ზოგიერთ ნაწილში და დაღესტანში, ან კიდევ სპიტაკში არ ელოდნენ მომეტებული ინტენსივობის მიწისძვრას, მაგრამ ყველგან ამ ტერიტორიებზე დამანგრეველი მიწისძვრა მოხდა.

მიწისძვრების სიხშირე, ამ ბოლო პერიოდში, გაიზარდა მთელ მსოფლიოში, რამაც კოლოსალური ნგრევა და მატერიალური ზარალი მოიტანა. ასეთივე მდგომარეობაა საქართველოშიც [1] [3].

აღსანიშნავია, რომ სახელმწიფო პოტენციალის, მატერიალური კომფორტის ზრდასთან ერთად, იზრდება მიწისძვრის მიერ მიყენებული ზარალიც. ამას განსაზღვრავს ის გარემოებაც, რომ მიწისძვრით დაზიანებულ ქარხნებში და სამრეწველო ხასიათის სხვა ობიექტებში, ადრინდელთან შედარებით უფრო ძვირი, თანამედროვე აღჭურვილობაა დამონტაჟებული, რაც ტექნიკურ პროგრესს უკავშირდება.

საცხოვრებელ სახლებში ბინები აღიჭურვებიან უფრო თანამედროვე და ძვირი ავეჯით და მოწყობილობით.

სამშენებლო მასალა კი მისი სიმტკიცისა და საიმედოობის ზრდასთან ერთად შესამჩნევად ძვირდება.

ამიტომ მიწისძვრით გამოწვეული ზარალი უფრო მეტია და მნიშვნელოვანი, ვიდრე ასი წლის წინ. [35]

ჩვენ წინა საუკუნეში შევქმენით სეისმომედეგი კარკასული სერია ИИС-04 [7], რომელაც ბევრ ქვეყანაში მასიურად იყენებდნენ. არცერთ ჩვენს მიერ აშენებულ შენობას მიწისძვრის შედეგად რაიმე სერიოზული ზიანი არ მიუღია.

ცნობილია, რომ მიწისძვრის შედეგად ნაგებობაში ჩნდება სხვადასხვა სიდიდის ბზარები, შემდგომში განმეორებითი ბიძგების დროს ბზარების რაოდენობა იზრდება, შენობის სიხისტე მცირდება და შედეგად მცირდება შენობის სეისმომედეგობა.

მაგრამ, ვიცით, რომ შენობის სიხისტის შემცირებით შეგვიძლია შევამცვიროთ მასზე მოსული სეისმური ზეგავლენაც, მაშასადამე უნდა ვიფიქროთ, როგორ შეიძლება ამ გზით გადავარჩინოთ ნაგებობა.

სწორედ ამ გარემოებამ უბიძგა მეცნიერებს დაეწყოთ სეისმურ ზემოქმედებისაგან დაცვის სისტემების ძიება.

უკანასკნელი 20-25 წლის განმავლობაში შეიქმნა რამოდენიმე, პრაქტიკაში დანერგილი მეთოდი: სეისმოიზოლაციის სისტემები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ჩვენი ქვეყნის, საქართველოს გარეთ..

ნაგებობაში საანგარიშოზე ნაკლები სიმძლავრის განმეორებითი ბიძგების დროს, რომელთა განმეორებადობა უფრო ხშირია, დაზიანებები გროვდება, რაც ამცირებს საანგარიშო სეისმომედეგობას და ქმნის მას უუნაროს გაუძლოს საანგარიშო მიწისძვრის ზემოქმედებას.

ეს მდგომარეობა ფიქსირდება იმ ნაგებობებზე დაკვირვებით, რომლებიც განლაგებულია ხშირი მიწისძვრების ზონაში. მათზე საანგარიშოზე შედარებით ნაკლები სიმძლავრის მიწისძვრაც დამანგრეველ გავლენას ახდენს.

ეს გარემოება ექსპერიმენტულ ვიბრაციული გამოცდების დროსაც ვლინდება.

ზემოთ მოყვანილი მსჯელობიდან გამომდინარე შეიძლება ერთი დასკვნის გამოტანა: ნორმატიული რეგლამენტებით გაანგარიშებული და დაკონსტრუირებული ნაგებობა, რომელშიაც პროექტირების დროს

გათვალისწინებულია სათანადო შესაბამისი გაძვირება, გამიზნულია მხოლოდ ერთი საანგარიშო მიწისძვრის ან ორი, შედარებით მცირე ინტენსივობის მიწისძვრის აღქმისათვის, რის შემდეგაც შენობა ან უნდა გავაძლიეროთ კონსტრუქციული ღონისძიებებით ან უნდა დაინგრეს და ახალი ავაგოთ.

ერთიც და მეორეც დაკავშირებულია დიდ შრომით დანახარჯებთან, თანხებთან და დროსთან, რაც მუდამ შეგვიქმნის დიდ პრობლემებს, განსაკუთრებით საბინაო მშენებლობაში.

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 რეგიონებში მდებარე ქვეყანაში იყენებენ აქტიურ და პასიურ სეისმოდამცავ სისტემებს, სეისმოიზოლაციას და სეისმოდამხშობებს.

აქტიური სეისმოდამცავი ღონისძიებები რთავენ დამატებით ენერჯის წყაროებს და ელემენტებს, რომელთა მეშვეობითაც ხდება ამ წყაროების მუშაობის რეგულირება, მაგრამ მათი რეალიზაცია მოითხოვს მნიშვნელოვან დანახარჯს მათ მოწყობასა და ექსპლუატაციაზე. ეს გარემოება გამორიცხავს აქტიურ სეისმოდამცავის ფართო გამოყენებას სამშენებლო დარგში.

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

სეისმოდამხშობ სისტემებში შედის დემპფერები და დინამიური დამხშობები. აქ კონსტრუქციების რხევითი მექანიკური ენერჯია გადადის სხვა სახის ენერჯიაში, რასაც მივყავართ რხევის დემპფერებამდე ან გადანაწილებამდე დასაცავ კონსტრუქციიდან ჩამხშობამდე.

სეისმოიზოლაციის სისტემებში უზრუნველყოფილია მექანიკური ენერგიის შემცირება, რომელსაც კონსტრუქცია იღებს საძირკვიდან, ნაგებობის რხევის სიხშირის მეშვეობით.

განასხვავებენ ადაპტირებულ და სტაციონარულ სეისმო-იზოლაციის სისტემებს.

ადაპტირებულ სისტემებში ნაგებობის დინამიური მახასიათებლები შეუქცევადად იცვლებიან მიწისძვრის პროცესში, „მიესადაგებიან“ სეისმურ ზემოქმედებას.

სტაციონალურ სისტემებში მიწისძვრის პროცესში დინამიური მახასიათებლები ნარჩუნდებიან.

ყველაზე მეტი გავრცელება სეისმოდაცვის სისტემებში ჰპოვა სეისმოიზოლირებულმა საძირკვლებმა, რომლებიც საკმაოდ გავრცელებულია, როგორც ყოფილ სსრ კავშირის რესპუბლიკებში (ამჟამად დამოუკიდებელ ქვეყნებში), ისე საზღვარგარეთ სეისმომედეგ მშენებლობებში.

ასეთი ტიპის სეისმოსაიზოლაციო საძირკვლები გამოყენებულია საფრანგეთში „Spie Batignolle“-ის და „lectricite de Franse“-ის ფირმებში.

საყრდენი, რომელიც იკავებს ზედა საძირკვლის ფილას, შედგება ფრიქციული ფილებისაგან, რომლებიც დაარმატურებულია ნეოპრენის (ელასტომერი) შუასადებებით. ქვედა საძირკვლის ფილაზე ეყრდნობიან ბეტონის დგარები. საყრდენის სიხისტე ვერტიკალურ სიბრტყეში დაახლოებით 10-ჯერ აღემატება ჰორიზონტალური მიმართულების სიხისტეს.

„Spie Batignolle“-ის სისტემა წარმოადგენს სეისმოსაიზოლაციო საძირკვლების კლასიკურ მაგალითს, რომლებშიც თანმიმდევრულად არის განლაგებული დრეკადი და დემპფერული ელემენტები.

შედარებით მცირე რხევების ზემოქმედების დროს, როცა ჰორიზონტალური დატვირთვა საყრდენის ზედაპირზე არ აღემატება ხახუნის ძალას, სისტემა მუშაობს ხაზობრივ სფეროში.

ძაღვების მომატებისას ხახუნის ძალა დაძლეული იქნება, ხდება ზედა საძირკვლის ფილის გაცურება ქვედას მიმართ. ამასთან საშუალება

გვეძლევა რამოდენიმეჯერ შევამცროთ დატვირთვა შენობაზე და მასზე დამონტაჟებულ მოწყობილობაზე.

ფართოდ არის გავრცელებული ე.წ. KΦ-ტიპის დგარები, რომელთა გამოყენებით აგებულმა სახლებმა MMSK-64 შკალის მიხედვით 8 ბალამდე ინტენსივობის მიწისძვრის ზემოქმედება განიცადეს. [61, 62, 63]

სეისმურ რაიონებში მრავალსართულიანი მშენებლობისათვის მიღებული კონსტრუქციული სისტემების ნაირსახეობა, მათ შორის ლითონკონსტრუქციები, დაკავშირებულია ნაგებობათა რაციონალური სისტემების შექმნასთან, რომლებიც დაიცავენ მოსახლეობას ძლიერი მიწისძვრების ზემოქმედებისაგან, პასუხობენ შენობათა ფუნქციონალურ დანიშნულებას და აქვთ შესაფერი კონსტრუქციული სისტემა.

ქვემოთ განვიხილავთ სეისმოდაცვის კუმშვად საყრდენებს, რომლებიც წარმოადგენენ რეზინა-ლითონის და რეზინა-პლასტიკის ელემენტებს. ასეთი საყრდენები გამოიყენება საფრანგეთში, ახალ ზელანდიაში, იაპონიაში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში, იატალიაში და სომხეთში.

მიუხედავად გარკვეული კონსტრუქციული განსხვავებისა, ძირითადად მათი გადაწყვეტა იდენტურია. ეს არის რეზინის და ლითონის ფურცლების მონაცვლეობა, რომლებიც მოთავსებულია საყრდენ ლითონის ფირფიტებს შორის, რომლებსაც გააჩნიათ ნახვრეტები. მათში განთავსებული ანკერებით ისინი მაგრდებიან ნაგებობის მზიდ კონსტრუქციებზე, ზოგ შემთხვევაში ამ ანკერებში ათავსებენ ტეფლონის (ფტოროპლასტის) საფენებს. შენობის საკუთარი წონისაგან და დროებითი დატვირთვისაგან, ზედმეტად დაწნევის თავიდან აცილების მიზნით, საყრდენები სრულდება ხისტი ვერტიკალურ და მოქნილი ჰორიზონტალურ დატვირთვაზე. ამასთან იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილი იყოს დრეკადად გვერდითი გადაადგილება მონაცვლეობა, მათ გააჩნიათ მცირე სიხისტე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში, მრავალჯერ ნაკლები ვერტიკალურ სიხისტესთან შედარებით.

რეზინის დრეკადი თვისების გამო, ლითონრეზინის საყრდენები ხასიათდებიან მაღალი სიმტკიცით კუმშვაზე, გაჭიმვაზე და გრეხვაზე; მათი დამზადებისათვის საჭიროა მაღალხარისხიანი, ძვირადღირებული რეზინა, რომელიც დროთა განმავლობაში იცვლის ფიზიკურ-მექანიკურ (დრეკად) თვისებებს. იგივეა პოლიმერების შემთხვევაში, ამიტომ რეზინა-ლითონის საყრდენების გამოყენების ხანგრძლივობა 20 დან 50 წლამდეა. ეს კი შენობა-ნაგებობების ექსპლუატაციაში ყოფნის პერიოდისათვის არასაკმარისია.

როდესაც შენობის სიმძიმის ცენტრი და სიმეტრიის ცენტრი არ ემთხვევა ხდება გრეხვითი მოვლენების განვითარება, რომელიც გამოწვეულია სეისმური ზემოქმედების სივრცითი, დინამიური მოქმედების გამო. ეს მოვლენა იწვევს განაპირა სეისმოსაიზოლაციო საყრდენების გადატვირთვას. ამიტომ საჭიროა სპეციალური საკომპენსაციო ღონისძიებები ნაგებობის დასაცავად.

რეზინა-ლითონის საყრდენების ექსპლუატაციის პირობებში გამოცვლა დამუშავებული ტექნოლოგიური სისტემის მიხედვით შესაძლებელია.

რეზინა-ლითონის მრავალფენიანი საყრდენების დამზადება მარტივია. ნაგებობათა პროექტირების დროს საყრდენების პარამეტრის შერჩევა შესაბამისი გამოთვლებით ხდება, საფენების სისქის და რაოდენობის დადგენა დამოკიდებულია დატვირთვის სიდიდეზე.

სეისმოსაიზოლაციო საყრდენები რეზინა-ლითონის ელემენტების გამოყენებით საგრძნობლად ზრდის რხევის ჩახშობას და თითქმის $1,5 \div 2$ – ჯერ ამცირებს შენობის რეაქციას სეისმური ზემოქმედების დროს, მკვეთრად მცირდება საკუთარი რხევების პერიოდი.

4.2. სეისმოიზოლირებული სისტემების გაანგარიშება რეზინალიტონის საყრდენებით სეისმოიზოლაციური სისტემებით აღჭურვილი შენობების გაანგარიშების მეთოდი

ლიტერატურისა და ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ ანტისეისმური ღონისძიებები 20÷30%-ით აძვირებს მშენებლობას. აქედან გამომდინარე საჭიროა ისეთი ღონისძიებების გატარება, რომელიც გააიფებს მშენებლობას და აამაღლებს შენობა-ნაგებობათა სეისმომდეგობას.

ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მეთოდი სეისმოიზოლაციით ნაგებობათა დაცვის, არის შენობის კონსტრუქციაში რეზინალიტონის საყრდენების (რლს) დაყენება.

სეისმურ რაიონებში, სადაც ინტენსივობა 7, 8 და 9 ბალია, სეისმოიზოლაციის გამოყენება საშუალებას მოგვცემს რამოდენიმეჯერ შევამციროთ სეისმური დატვირთვები ნაგებობაზე, რომელიც შესაბამისად გამოიწვევს მშენებლობის ღირებულების შემცირებას.

ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური საშუალება დღეისათვის არის კონსტრუქციულ სისტემაში რეზინალიტონის საყრდენების დაყენება.

სეისმური დატვირთვების დროს, ასეთი საანგარიშო მოდელის შემთხვევაში, საჭიროა შევადგინოთ ალგორითმი და მანქანური ანგარიშისათვის საჭირო პროგრამა, რათა დავადგინოთ ამ ელემენტების გავლენა შენობის მზიდი კონსტრუქციების დინამიურ მახასიათებლებზე.

ნსკც-ს (ნაგებობათა სეისმომდეგობის კვლევის ცენტრი) მიერ შემოთავაზებულია რეზინალიტონის საყრდენებით აღჭურვილ შენობათა გაანგარიშების მეთოდი საეისმურ დატვირთვებზე, სადაც გამოყენებულია სეისმური ზემოქმედების მოდიფიცირებული სპექტრი. [40]

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 გრუნტის პირობების გათვალისწინებით.

სეისმური დატვირთვების გაანგარიშებისას საანგარიშო კომპლექსში დინამიური კოეფიციენტების გრაფიკის ნაცვლად, იყენებენ წინასწარ შერჩეულ აჩქარების სპექტრს.

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

შემდგომ ანგარიშობენ შენობის არაიზოლირებული ნაწილს, ცნობილი ფორმულებით, გრაფიკებით. იზოლირებული შენობის მასა შეყურსულად გადაცემა რლს განლაგების წერტილებში.

ა. ბუბისის და მისი კოლეგების ნაშრომში განხილულია სოჭში მშენებარე 25 სართულიანი საცხოვრებელი სახლი, რომელსაც აქვს 2 მიწისქვეშა სართული, ცოკოლის სართული, პირველი სართული და ანტრესოლი. [40]

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, სვეტებით და ჰორიზონტალური მონოლითური გადახურვის ფილებით.

მიწისქვეშა ნაგებობის სიხისტე უზრუნველყოფილია მონოლითური საყრდენი კედლებით, კონტურზე განლაგებული მონოლითური კედლებით.

პროექტით გათვალისწინებულია სამი ტიპის 311 რეზინალითონის 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 შედგენილია შემდეგი სახით:

1. იზოლირებული ნაწილის რხევების საკუთარი ფორმების პარამეტრების დადგენა.
2. სეისმური დატვირთვების მნიშვნელობების განსაზღვრა, ამასთან დინამიურობის კოეფიციენტის გრაფიკის ნაცვლად გამოყენებულია აჩქარების სპექტრის გრაფიკი, რადგან გათვალისწინებული იყო სეისმოიზოლატორების მუშაობის არაწრფივი ხასიათი. ჩატარებულია მშენებლობის მოედნისათვის მიკროდარაიონების კვლევა, შედგენილია აქსელეროგრამების დამუშავებით მიღებული მოდიფიცირებული რეაქციების სპექტრის მომვლები, შერჩეულია საანგარიშო სპექტრი.

სეისმური დატვირთვების გასაანგარიშებლად მიღებულია შემდეგი ფორმულა:

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

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

m_m^j – შენობის მასა, დატვირთვებით;

A – სპექტრალური აჩქარება მ/სეკ², მიღებული აჩქარების სპექტრის გრაფიკის მიხედვით (იხილეთ დანართი 1);

K_ψ – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ნაგებობის თვისებას განაბნის რხევის ენერგია, მიიღება $K=1$.

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

η'_{jik} – კოეფიციენტი დამოკიდებულია საკუთარი რხევის დროს შენობის დეფორმაციის ფორმაზე და მასის განლაგების m_k ადგილზე.

1. იზოლირებული ნაწილის გაანგარიშება ხდება დატვირთვათა ძირითად თანწყობაზე.
2. არაიზოლირებული ნაწილის გაანგარიშებისას, ზედა ნაწილის გავლენა გათვალისწინებულია კვანძური დატვირთვების გადაცემით შენობის ორი ნაწილის შეხების წერტილებში (ნაკერში მ. ბ.). შემდეგ ეს ნაწილი გაანგარიშებულია დატვირთვათა განსაკუთრებულ თანწყობაზე.

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

ტიპური ჰორიზონტალური და ვერტიკალური დატვირთვა შენობაზე რმს-ების გარეშე და მათი გათვალისწინებით მოცემულია ცხრილ 1-ში

ცხრილი 1

ტიპური ჰორიზონტალური და ვერტიკალური დატვირთვა

შენობაზე რმს-ების გარეშე და რმს-ებით

შენობები	ჯამური დატვირთვა, კნ-ში		
	ტიპიური ჰორიზ. დატვირთვა x ლ.	ტიპიური ჰორიზ. დატვირთვა y ლ.	ვერტიკალური დატვირთვა
სეისმოიზოლაციით	50407,04	62353,31	1305058,11
სეისმოიზოლაციის გარეშე	201163,17	198439,41	1309122,03
განსხვავება	3,9-ჯერ	3,18-ჯერ	1,003-ჯერ

მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დატვირთვებისაგან საყრდენი რეაქციები რეზინალითონის დგარების გამოყენებით შემცირდა 3,9÷3,18-ჯერ შესაბამისად.

შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ სეისმოიზოლაციის სისტემები რლს-ის გამოყენება, გვაძლევს საშუალებას მნიშვნელოვნად შევამციროთ შენობაზე მოქმედი სეისმური დატვირთვებისაგან აღძრული ძალები.

აღნიშნული მეთოდი საშუალებას გვაძლევს, გავიანგარიშოთ შენობა-ნაგებობები დრეკად სტადიაში, გავითვალისწინოთ საყრდენების წრფივი გადაადგილება, შევამციროთ გაანგარიშების სიმძლავრეები პროექტირების დროს და მივიღოთ საკმაოდ ზუსტი შედეგები.

პროფესორი ვ.დ. კუზნეცოვის და ვ.ა. ლიადსკის მიერ შემოთავაზებულია სეისმოიზოლაციის მექანიზმის მოწყობა შემდეგი მეთოდით: საძირკველის ფილა მზადდება „გობისებრი“ ფორმის. შენობას და შემომზღუდავ კედელს შორის დატოვებულია 60 მმ სიდიდის ღრეჩო, რაც შენობას აძლევს (გადაცურების) გადაადგილების საშუალებას ყველა მიმართულებით - საძირკველის გადაადგილების შესაძლო სიდიდეზე. ამ მეთოდის განხორციელება შემდეგია:

საძირკველის ფილის ზედაპირზე ლაგდება 3 ფენა ფტოროპლასტის აფსკი ($\delta = 0.5$ მმ). ამ ფენაზე ხდება შენობის ქვედა საყრდენი რკინაბეტონის ფილის დაბეტონება. მიწისძვრის დროს საძირკველის ფილა გადაადგილდება შემომზღუდავთან ერთად და ფტოროპლასტის ქვედა ფენის აფსკთან ერთად გაიმეორებენ ფუძის რხევებს. ფტოროპლასტის აფსკის ზედა ფენა საშუალო ფენასთან ერთად გადაადგილდება შენობასთან

ერთად, რადგან მათ შორის კონტაქტზე ხახუნის კოეფიციენტი მცირეა - ფტოროპლასტის ხახუნის კოეფიციენტი $K_{\text{ხახ}}=0.13$. აღწერილი მოწყობილობას შეუძლია სეისმურ დატვირთვის ინტენსივობის 2.5 - 3 ბალით შემცირება, განსაკუთრებით პროცესის დასაწყისში, როცა გამოიხატება საძირკვლის მაღალსიხშირიანი რხევა მიწისძვრის მაქსიმალური ინტენსივობისას. [19]

ჩატარებულმა ექსპერიმენტმა მოდელებზე აჩვენა საძირკვლის ქვეშ სეისმოიზოლაციის მოწყობისას ნორმალური ძაბვა ვერტიკალურ კონსტრუქციულ ელემენტებში საშუალოდ 80 % ით შემცირება.

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

იმისათვის, რომ საძირკველზე მოსული სეისმური დატვირთვა შემცირდეს, ზრდიან ნაგებობის გადაადგილებას, რომლის სიდიდე საგრძნობია, ვინაიდან გვერდითი გადაადგილება მაღალია, იზოლატორების დეფორმაციამ შესაძლებელია გადააჭარბოს დასაშვებ ზღვარს. ამიტომ აღნიშნული შემცირება ხდება ამორტიზატორების დამატებით ჩართვით. ქვემოთ მოვიყვანთ მიღებულ ჯამურ ცხრილს, სადაც საწყისი მონაცემები ორივე შემთხვევის დროს ერთნაირია.

ცხრილი 2

შენობებზე მოსული დატვირთვები

	ამორტიზატორებით	ამორტიზატორების გარეშე
გადაადგილება	X=0,11939 Y=0,00898 Z=0,00134	X=0,41727 Y=0,00013 Z=0,00134
სიჩქარე	V _x =0,44263 V _y =0,37793 V _z =0,05976	V _x =1.21119 V _y =0,00033 V _z =0,05967
აჩქარება	A _x =1,56625	A _x =2.54252

	$A_y=0,56500$	$A_y=0,00086$
	$A_z=3.49216$	$A_z=3.48330$

ამგვარად, ნაგებობებში სეისმოიზოლაციის გამოყენების ეფექტურობისათვის საჭირო იქნება მოვახდინოთ გაანგარიშება ამორტიზატორების საჭირო რაოდენობით განთავსებისათვის.

4.3. სეისმოსაიზოლაციო სისტემებით აღჭურვილი შენობების გაანგარიშების მეთოდიკა

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 გამოხატული არაწრფივობითა და (ან) რხევების თითქმის ბლანტი-დრეკადი ჩაქრობით;
- სეისმომედეგ მშენებლობაში არსებულ ნორმატულ დოკუმენტების (ბევრ შემთხვევაში მოძველებული პოსტულატების შემცველი) მოთხოვნებთან შეთავსების აუცილებლობით.

სეისმოსაიზოლაციო სისტემებით აღჭურვილი შენობების გაანგარიშების საწყის ეტაპზე იმისა და მიხედვით თუ რა სტრატეგია იქნება შემდგომ რეალიზებული, შეირჩევა სეისმოსაიზოლაციო სისტემების მოწყობილობა - რეზინალითონის საყრდენის ტიპი. განასხვავებენ ორ სტრატეგიას. ერთი, ეს არის მთლიანი სისტემის პერიოდის გაზრდა, სათანადოდ ბლანტი-დრეკადი ჩაქრობის გაზრდით. ხოლო მეორე, სეისმური ძალების შეზღუდვა ენერჯის განბნევის გაზრდით. სტრატეგიის

შერჩევა ხდება სეისმოსაიზოლაციო სისტემების გარეშე შენობის დინამიური მახასიათებლების მნიშვნელობების, მისი განთავსების რეგიონის დამახასიათებელი სეისმოლოგიური პირობების, სამირკვლის 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 სინთეზირებულ 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 დაყრდნობილ პირობების დაკმაყოფილების შემთხვევაში. მეორე მეთოდი შინაარსობრივად დიდად არ განსხვავდება პირველისაგან. მასში შენობის იზოლირებული ნაწილი წარმოდგენილია სივრცული ღეროვან-ფირფიტოვანი სისტემის სახით. მეორე მეთოდის შესაბამისი საანგარიშო მოდელი, სეისმური ძალების ფორმირების ალგორითმის მოდიფიცირების შემდეგ, დაპროექტების პრაქტიკაში ფართოდ დანერგული საანგარიშო კომპლექსების გამოყენების საშუალებას იძლევა.

ნაშრომში სეისმოსაიზოლაციო სისტემებით აღჭურვილი შენობების ელემენტებში დამაბულ-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 ხანგძლივობაზე და მის დისკრეტიზაციის ბიჯზეა დამოკიდებული და რამდენიმე ათასეულის ფარგლებშია. დღევანდელი მდგომარეობით პრაქტიკულად შეუძლებელია რეალური ნაგებობებისათვის არაწრფივი დინამიური ამოცანის ამოხსნა პირდაპირი მეთოდით. ასეთ შემთხვევაში გამოიყენება ნაგებობის ნაწილის საანგარიშო მოდელის გამარტივების მეთოდიკა. 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 შენობის ქვედა ნაწილის კონსტრუქციულ ელემენტებში ძალოვანი ფაქტორის მნიშვნელობები.

შენობის სართულშუა გადახურვის 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 GZY700VSA ტიპის 51 რეზინამეტალური საყრდენის ძვრის ძალისა და ჰორიზონტალურ გადაადგილებას შორის დამოკიდებულების მახასიათებელი გრაფიკი.

გაანგარიშებებში გამოყენებულია ცხრილ 3-ში მოყვანილი აქსელეროგრამები.

ცხრილი 3

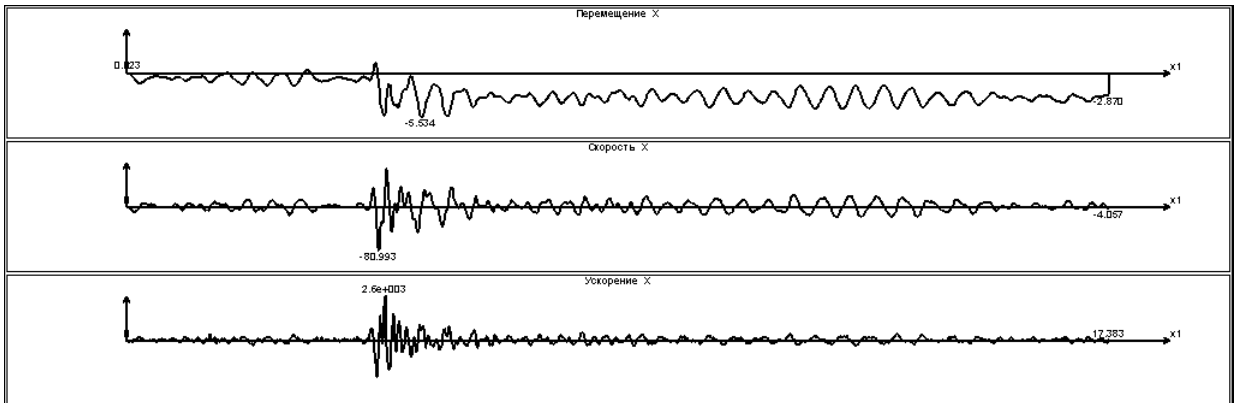
სეისმური ძალისგან გამოწვეული გადაადგილებები, სიჩქარე და აჩქარება

№	აქსელეროგრამის დასახელება	დისკრეტიზაციის ბიჯი	წერტილების რაოდენობა	მაქსიმალური აჩქარება	საშუალო კვადრატული სიხშირე
1	ამბროლაური 03.05.1991	dt = 0.0078125	n = 1800	a = 200	f=3.958
2	თბილისი 25.04.2002	dt = 0.01	n = 1500	a = 195	f=6.547
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

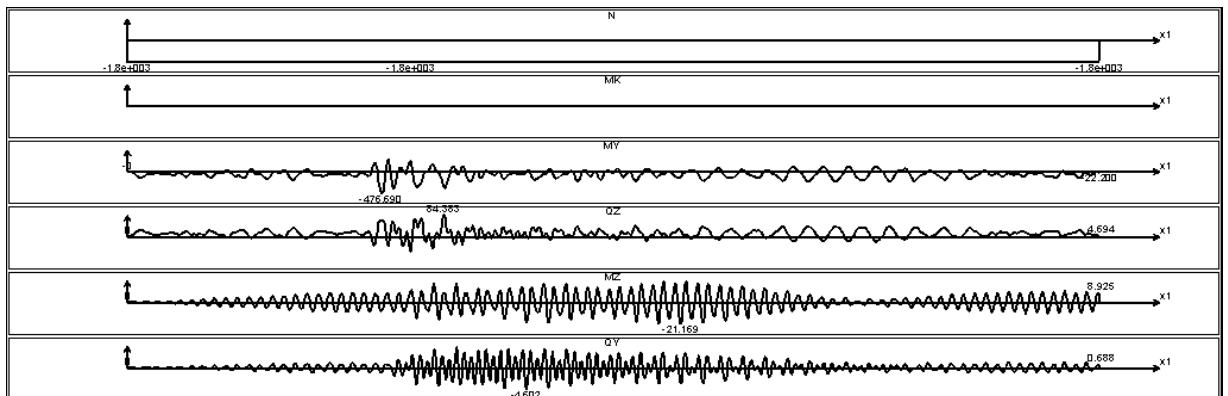
აქსელეროგრამები აღებულია ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა ინსტიტუტის მიერ ე. თბილისის სხვადასხვა უბანში ჩატარებული გეოფიზიკური კვლევების ანგარიშებიდან. რაც შეეხება აქსელეროგრამას ელ-ცენტრო 1940, იგი ითვლება ეტალონურ მაგალითად.

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

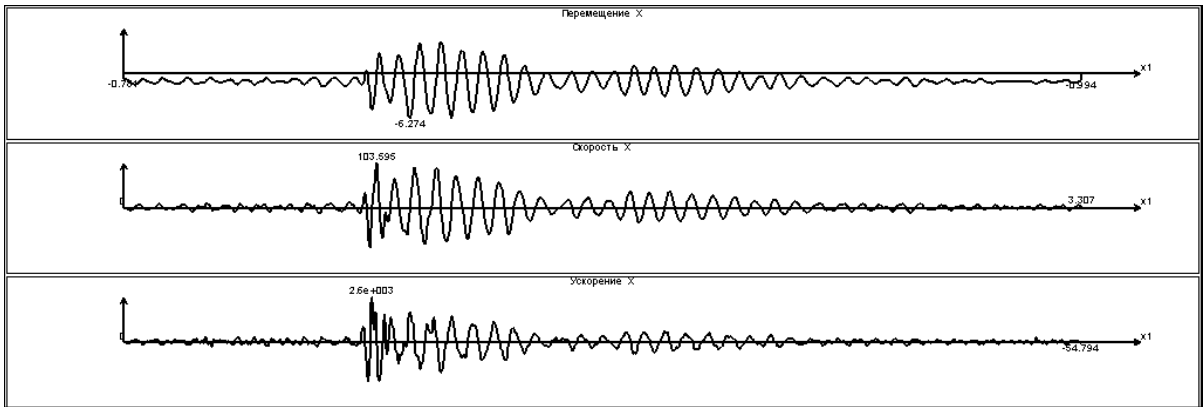
ქვემოთ მოყვანილია საბავშო ბაგა-ბაღის შენობის ზედა სართულის დონეზე გადაადგილების, სიჩქარის და აჩქარების გრაფიკები და ზემირკვლის გადახურვის დონეზე სეისმური ძალების მნიშვნელობების გრაფიკები.



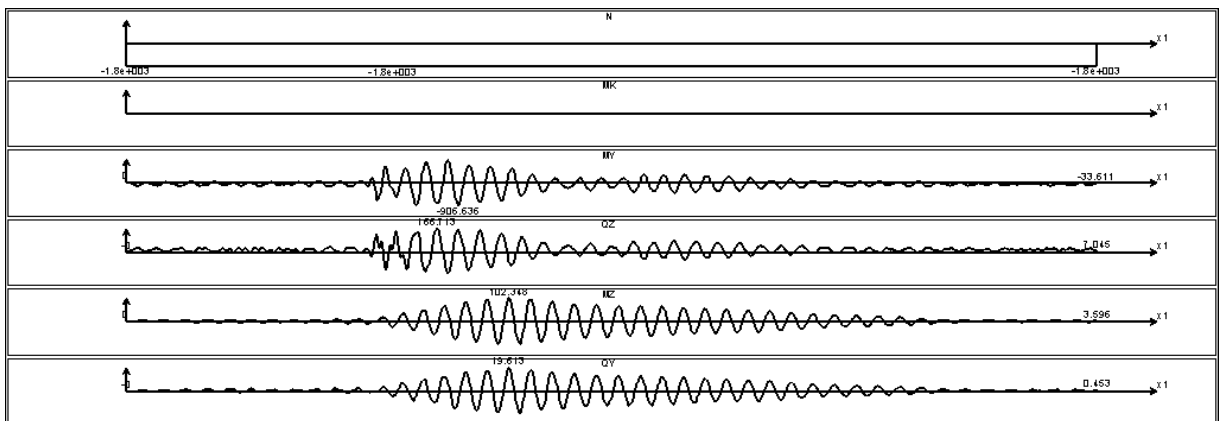
ნახ.21. გადაადგილების, სიჩქარის და აჩქარების გრაფიკები სეისმოიზოლირებული შენობისათვის.



ნახ.22. ზემირკვლის გადახურვის დონეზე დინამური მახასიათებლების გრაფიკები სეისმოიზოლირებულ შენობისათვის.



ნახ.23. გადაადგილების, სიჩქარის და აჩქარების გრაფიკები არასეისმოიზოლირებულ შენობისათვის.



ნახ.24. ზეპირკვლის გადახურვის დონეზე დინამიური მახასიათებლების გრაფიკები არასეისმოიზოლირებულ შენობისათვის.

შენიშვნა სეისმოიზოლაციის გარეშე							
დინამიკური და ტვირთისტიპი და მიმართულება	საძირკვლის კვანძების გადაადგილებადი დინამიური მოქმედების მიმართულებით	I სართულს შუაგადახურვის მაქსიმალური გადაადგილება დინამიური ტვირთის მოქმედების მიმართულებით	II სართულს შუაგადახურვის მაქსიმალური გადაადგილება დინამიური ტვირთის მოქმედების მიმართულებით	III სართულს შუაგადახურვის მაქსიმალური გადაადგილება დინამიური ტვირთის მოქმედების მიმართულებით	სხვაობა I სართულსა და საძირკვლის წერტილებს შორის	სხვაობა II სართულსა და საძირკვლის წერტილებს შორის	სხვაობა III სართულსა და საძირკვლის წერტილებს შორის
აქსელოგრამა 1 X	-0,036	-0,329	-8,72	-16,2	-0,293	-8,684	-16,164
აქსელოგრამა 1 y	-0,0539	-0,39	-8,9	-16,2	-0,3361	-8,8461	-16,1461
აქსელოგრამა 2 X	-0,0161	-0,147	-3,9	-7,24	-0,1309	-3,8839	-7,2239
აქსელოგრამა 2 y	-0,0249	-0,176	-4,11	-7,51	-0,1511	-4,0851	-7,4851
აქსელოგრამა 3 X	-0,0059	-0,0538	-1,43	-2,65	-0,0479	-1,4241	-2,6441
აქსელოგრამა 3 y	-0,0852	-0,0601	-1,41	-2,57	0,0251	-1,3248	-2,4848
აქსელოგრამა 4 X	-0,0156	-0,162	-3,77	-7	-0,1464	-3,7544	-6,9844
აქსელოგრამა 4 y	-0,0221	-0,156	-3,65	-6,67	-0,1339	-3,6279	-6,6479
აქსელოგრამა 5 X	-0,0119	-0,108	-2,88	-5,33	-0,0961	-2,8681	-5,3181
აქსელოგრამა 5 y	-0,0169	-0,12	-2,8	-5,11	-0,1031	-2,7831	-5,0931

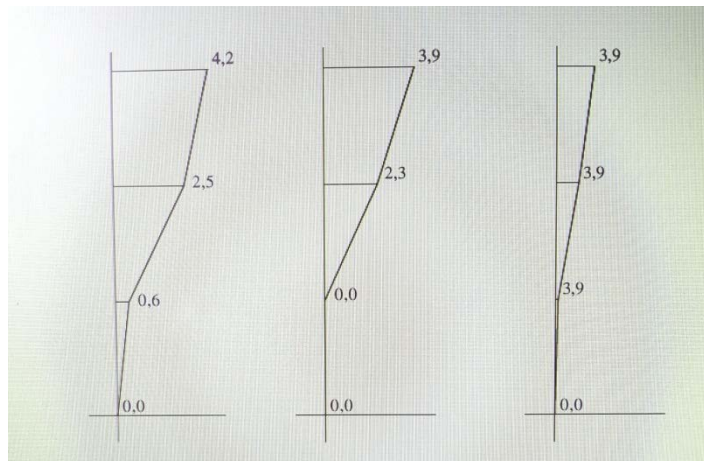
შენიშვნა სეისმოიზოლაციით							
აქსელოგრამა 1 X	14	14	16,3	17,9	0	2,3	3,9
აქსელოგრამა 1 y	-14	-14	-15,8	-17	0	-1,8	-3
აქსელოგრამა 2 X	5,8	5,81	6,75	7,42	0,01	0,95	1,62
აქსელოგრამა 2 y	-5,63	-5,65	-6,38	-6,86	-0,02	-0,75	-1,23
აქსელოგრამა 3 X	3,6	3,61	4,19	4,61	0,01	0,59	1,01
აქსელოგრამა 3 y	-3,54	-3,55	-4,01	-4,31	-0,01	-0,47	-0,77
აქსელოგრამა 4 X	15,2	15,2	17,7	19,4	0	2,5	4,2
აქსელოგრამა 4 y	-14,7	-14,7	-16,6	-17,9	0	-1,9	-3,2
აქსელოგრამა 5 X	4,86	4,87	5,66	6,22	0,01	0,8	1,36
აქსელოგრამა 5 y	-4,79	-4,81	-5,43	-5,84	-0,02	-0,64	-1,05

კომპიუტერული გაანგარიშების შედეგები

სარ №	კარკასი იზოლაციის გარეშე				კარკასი სეისმოიზოლაციით				ექსპერიმენტულ მონაცემებს შორის განსხვავება				განსხვავება %-ში				სეისმოიზ. გარეშე		სეისმო-იზოლაციით		განსხვ %-ში არმა ტ.	განსხვ %-ში ბეტონ.
	M	Q	δ	T	M	Q	δ	T	M	Q	δ	T	M	Q	δ	T	არმა ტ. 1მ ³ ზე ტ. კვ.	ბეტ. მოც. მ ³	არმა ტ. 1მ ³ ზე ტ. კვ.	ბეტ. მოც. მ ³		
III	4,92	8,50	16,2	0,37	9,88	6,23	3,9	0,9	1,3	2,3	12,3	0,5	2,6	2,6	7,6	13,9	64,14 კვ. 1 მ ³ -ში	488 ^ა 1 ელემენტზე	42,63 კვ. 1 მ ³ -ში	188 ^ა 1 ელემენტზე	4,11	42,2
II	9,20	10,6	8,68	0,37	3,1	6,23	2,3	0,9	6,2	4,4	5,7	0,5	6,7	4,1	5,6	13,9						
I	7,72	16,7	0,29	0,37	2,9	7,6	0	0,9	4,8	8,9	0,3	0,5	6,2	5,4	0	13,9						

კომპიუტერული გაანგარიშების ანალიზის საფუძველზე აგებულია სამსართულიანი ჩარჩის გადაადგილების სქემა შენობებისათვის სეისმო იზოლაციის გარეშე და სეისმოიზოლაციით(ნახ.25). ნახაზიდან აშკარად ჩანს, თუ როგორ მცირდება გადაადგილების სიდიდე სეისმოიზოლაციის გამოყენებით. კომპიუტერული გაანგარიშების შედეგების ანალიზის ცხრილიდან ნათლად ჩანს,თუ როგორ მცირდება ძალები კონსტრუქციის ელემენტებში, რაც იწვევს მასალის - ბეტონისა და არმატურის - ხარჯის ეკონომიას (შესაბამისად 42,2 %-ით და 4,1 %-ით).

კომპიუტერული ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია ქვემოთ ცხრილებისა და სქემების სახით.



ნახ.25. ჩარჩოს გადაადგილების სქემა შენობისთვის სეისმოიზოლაციის გარეშე და სეისმოიზოლაციით

შენიშვნა სეისმოიზოლაციის გარეშე			
ჯამური სეისმური ძალები (ტონა)			
	I ფორმა		
	ΣS_x	ΣS_y	ΣS
აქსელ.1 X მიმართ.	487,3	-25,93	487,99
აქსელ.2 X მიმართ.	218	-11,6	218,31
აქსელ.3 X მიმართ.	79,72	-4,24	79,83
აქსელ.4 X მიმართ.	210,8	-11,21	211,10
აქსელ.5 X მიმართ.	160,7	-8,55	160,93

შენიშვნა სეისმოიზოლაციის გარეშე			
ჯამური სეისმური ძალები (ტონა)			
	II ფორმა		
	ΣS_x	ΣS_y	ΣS
აქსელ.1 Y მიმართ.	38,45	632,9	634,07
აქსელ.2 Y მიმართ.	17,76	292,4	292,94
აქსელ.3 Y მიმართ.	6,077	100	100,18
აქსელ.4 Y მიმართ.	15,76	259,5	259,98
აქსელ.5 Y მიმართ.	12,09	198,9	199,27

შენიშვნა სეისმოიზოლაციით			
ჯამური სეისმური ძალები (ტონა)			
	I ფორმა		
	ΣS_x	ΣS_y	ΣS
აქსელ.1 X მიმართ.	-189,1	2,575	189,12
აქსელ.2 X მიმართ.	-78,43	1,068	78,44
აქსელ.3 X მიმართ.	-48,7	0,6632	48,70
აქსელ.4 X მიმართ.	-205,2	2,795	205,22
აქსელ.5 X მიმართ.	65,1	0,8953	65,11

შენიშვნა სეისმოიზოლაციით			
ჯამური სეისმური ძალები (ტონა)			
	I ფორმა		
	ΣS_x	ΣS_y	ΣS
აქსელ.1 Y მიმართ.	2,361	197,4	197,41
აქსელ.2 Y მიმართ.	0,9511	79,52	79,53
აქსელ.3 Y მიმართ.	0,5975	49,96	49,96
აქსელ.4 Y მიმართ.	2,482	207,6	207,61
აქსელ.5 Y მიმართ.	0,81	67,73	67,73

ძირითადი დასკვნები

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

კვლევების შედეგად დადგინდა:

1. სეისმოიზოლაციის სისტემის გამოყენება ნაგებობაზე მოქმედი სეისმური დატვირთვის დაახლოებით 1,9–2–მდე შემცირებას იწვევს, რის შედეგადაც მცირდება მიწისძვრის დროს კონსტრუქციული ელემენტების რღვევის სიხშირე;
2. სეისმური ძალის ზემოქმედების შემცირება მზიდ კონსტრუქციებში იწვევს ინერციული ძალების შემცირებას, რაც თავის მხრივ ამცირებს შენობის მზიდი კონსტრუქციების გადაადგილებას. ეს კი ძალზე მნიშვნელოვანია ნაგებობის სეისმომდებლობაზე გაანგარიშებისას;
3. გადაადგილების შემცირება დაკავშირებულია მზიდ კონსტრუქციულ ელემენტებში ძალების შემცირებასთან, ძალების შემცირება იწვევს კონსტრუქციების განიკვეთის, ბეტონისა და არმატურის ხარჯის შემცირებას;
4. სეისმოიზოლაციის გამოყენებისას შეზღუდულია გადახურვის ძვრა, რომელიც გამორიცხავს არაკონსტრუქციული ელემენტების დაზიანებას და საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ შენობაძლიერი მიწისძვრის შემდეგაც;
5. ძალების სიდიდე მზიდ კონსტრუქციებში შემცირდა დაახლოებით 27%-ით, რომელიც ემთხვევა მიახლოებითი მეთოდით (მაგალითი) გაანგარიშებისას მიღებულ სიდიდეებს;

რეკომენდაციები სეისმოზოლაციური სისტემების დასანერგად საქართველოში

- 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.
- 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 დამაბვით 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.
- 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.
- სეისმოზოლირებულ 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.

- იმისათვის, რომ საქართველოში დაინერგოს სეისმოიზოლაციური სისტემები, რომლებიც იმის გარდა, რომ დაიცავს საქართველოს მოსახლეობას კატასტროფული მიწისძვრებისაგან, შეამცირებს მშენებლობის ღირებულებას, როგორც ამას ადასტურებენ საზღვარგარეთელი ავტორები.

- ამ სისტემაზე მასიური გადასვლა მოითხოვს პროფესიონალური ტექნიკური საგანმანათლებლო და საწავლო ეროვნული პროგრამის შექმნას. უნდა მოეწყოს მუშა-მოსამსახურეთა და სამუშაოთა მწარმოებლების გადამზადების კურსები.

- საჭიროა გამკაცრდეს ზედამხედველობის სამსახური, როგორც სახელმწიფოს დაქვემდებარებულ, ისე კერძო მშენებლობაზე, საპროექტო სამუშაოებზე (ექსპერტიზა) და მშენებლობაზე.

- სასწრაფოდ მოხდეს არსებული შენობების პასპორტიზაცია, რათა დადგინდეს იმ ნაგებობათა რიცხვი, რომელთაც სჭირდებათ გაძლიერებითი სამუშაოები მოქმედი სნ და წ „სეისმომედეგი მშენებლობა“ (პნ 01.01-09).

- 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.

ბოლოთქმა

ზემოთ მოყვანილმა ანალიზმა დაგვანახა, რომ მსოფლიოს აქტიური მიწისძვრის ზეგავლენით მოცულ ტერიტორიაზე განლაგებული ქვეყნები, განსაკუთრებით მეცნიერული ინტელექტით აღჭურვილ სახელმწიფოებში არსებული სისტემების ნაცვლად იყენებენ სეისმოიზოლაციურ სისტემებს, რომლებიც დაიცავს მოსახლეობას კატასტროფული მიწისძვრისაგან.

სეისმოიზოლაციის პროგრესულობაზე მეტყველებს მისი მასიური გავრცელება მსოფლიოს სეისმოაქტიურ ქვეყნებში.

ჩვენს მიერ ჩატარებულმა კომპიუტერულმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ნაგებობაზე მოსული სეისმური ზემოქმედების დატვირთვები 2-2,5 ჯერ შემცირდა (ბაგა-ბალი ფონიჭალაში).

საქართველოში წარსულში მრავალი დამანგრეველი მიწისვრა მოხდა. ახლაც, სეისმური ზეგავლენის გახშირებული მატების პირობებში, ნაგებობების, განსაკუთრებით მაღლივ შენობებში, სეისმოიზოლაციის მოქმედების შესწავლა და დანერგვა მშენებლობაში, განსაკუთრებულ აქტივობას იჩენს.

სეისმოიზოლაციურ სისტემების საქართველოში დანერგვაში მხარი დაგვიჭირა ევროპის სამოქალაქო ინჟინერთა საბჭომ 61-ე და 63-ე ყრილობებზე ნეაპოლში და მადრიდში ჩვენი მოხსენებების საფუძველზე.

მხარს გვიჭერს თბილისის მერი და საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტრო, მთავრობის პირველი ვიცე-პრემიერი.

სამეცნიერო-საკვლევო მუშაობის წარმართვა, ექსპერიმენტალური მშენებლობა, რეკომენდაციების შემუშავება, საშუალებას მოგვცემს შევქმნათ ახალი მიმართულება, სეისმომედეგ მშენებლობაში საქართველოში.

ექსპლუატაციაში უსაფრთხო და პრაქტიკაში ეკონომიური სეისმოიზოლირებული ნაგებობების მასიური დანერგვა, ჩვენს ქართველ მეცნიერებს, დამპროექტებლებს და მშენებლებს, ტრადიციულად ხელეწიფებათ.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ბედიაშვილი მ. - „საქართველოში სეისმოიზოლაციის სისტემის დანერგვისათვის“. „მშენებლობა“ სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი №4(31) 2013 წ. 39-45 გვ.
2. ბედიაშვილი მ. - „ამომავალი მზის ქვეყანაში მივლინების შთაბეჭდილებები. კვიმატი კითხვები და მოსაზრებები“. „მშენებელი“. საქართველოს მშენებელთა ფედერაციის გაზეთი №31 2007 წ. 2-3 გვ.
3. ბედიაშვილი მ. - „არსებული შენობა-ნაგებობების სეისმომდეგობის ამაღლება სეისმოიზოლაციის მეთოდებით“. „მშენებლობა“ სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი №1(32) 2014 წ. 121-125 გვ.
4. ბედიაშვილი მ. „სვეტიცხოველი. სამეცნიერო ტექნიკური კვლევის შედეგები“ თბილისი 2003 წ. გვ. 40-49;
5. ბარსელონა. ესპანეთი. კატალონიის ტექნიკური უნივერსიტეტი. „არქიტექტურულ სამშენებლო კვირეული“. 2012 წლის 23-30 სექტემბერი.
6. ბელგია, ქ. ბრიუსელი. 2011 წლის 8-10 დეკემბერი მ. ბედიაშვილის გამოსვლა კონფერენციაზე: “ევროპის ინჟინერთა პირველი დღე“. ორგანიზატორები: ევროპის ინჟინერთა პალატა“, ევროპის მშენებელ ინჟინერთა საბჭო“, „მსოფლიოს მშენებელ ინჟინერთა საბჭო“.
7. დანართი 1. ИИС-04 სერიის უნიფიცირებული კარკასის დამუშავებასა და დანერგვისათვის. სსრკ მინისტრთა საბჭოს პრემია (№ 20452) 1982 წლის 30 ივნისი.

8. დანართი 1. ნაგებობათა მშენებლობისას გადახურვების წინასწარ დამაბული სისტემების გამოყენებისათვის სსრკ მინისტრთა საბჭოს პრემია (№23721) 1988 წლის 10 აგვისტო.
9. ენდრიუ ბ. ლისტონი, აშშ-ის ნაციონალური საგამომცემლო-საინსპექციო ტექნიკური საბჭოს პრეზიდენტი. აშშ (საინჟინრო ტექნიკური ლიცენზირება აუცილებელია თქვენი მომავლისათვის) გვ. 1-5;
10. ზავრიევი კ., ნაფეტვარიძე შ., ქარცივაძე გ., ჯაბუა შ., ჩურაიანი ა.
„ნაგებობათა სეისმომდეგობა“, „მეცნიერება“, თბილისი-1980, 326 გვ.
11. თბილისი 2016 წლის 20 თებერვალი. სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია. „მშენებლობის უსაფრთხოება და ხარისხი“. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია. სეისმომდეგი მშენებლობისა და საინჟინრო სეისმოლოგიის საქ. ეროვნული ასოციაცია.
12. თბილისი 2016 წლის 15 ივნისი. სამხრეთ კორეის „მიდასის“ ფირმის სემინარზე მ. ბედიაშვილის გამოსვლა სეისმოიზოლაციური სისტემების „მიდასის“ სისტემით გაანგარიშების თაობაზე. იხ. დანართი.
13. იტალია, ქ. ნეაპოლი. 2015 წ. 28-29 მაისი მ. ბედიაშვილის გამოსვლა ევროპის სამოქალაქო ინჟინერთა საბჭოს 61-ე გენერალურ ასამბლეაზე. ასამბლეის ოქმის ამონაწერი დართულია დანართში. იხ. დანართი.
14. კახიანი ლ., სალაძე ი. „წესები კარკასული შენობების საძირკველში სეისმოიზოლაციის სისტემების დაპროექტების განხორციელებისათვის“. „მშენებლობა“ - სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი №4 (32), 2013 წ. გვ. 63-68;
15. კახიანი ლ., სალაძე ი., ლებანიძე ა., ბალანჩივაძე ლ. - რკინა-ბეტონის მაღლივი კარკასული შენობის სეისმომდეგობის უზრუნველყოფა სეისმოიზოლაციის სისტემების გამოყენებით - სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“. #4(27), თბილისი 2012წ.
16. კახიანი ლ., სალაძე ი. - სეისმოიზოლაციის მქონე კარკასული შენობის გამარტივებული წრფივი გაანგარიშების მეთოდი - სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(29) 2013 წ. თბილისი გვ.124.
17. კახიანი ლ., ბალანჩივაძე ლ., სულავა გ., ცაკიაშვილი ა. - გადამჭრელი ძალების გავლენა სეისმომდეგ მშენებლობაში. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №3(26) 2012 წ. თბილისი გვ.149-156.
18. კახიანი ლ., ბალანჩივაძე ლ., სულავა გ., ცაკიაშვილი ა. - ნაგებობათა სეისმომდეგობაზე გაანგარიშების სტატიკური მეთოდის გამოყენება. სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №2(25) 2012 წ. თბილისი გვ.137-139.
19. კუზნეცოვი ვ.დ., ლიადსკი ვ.ა. - „საზოგადოებრივი შენობების სეისმოიზოლაცია სეისმოდამცავი ფტოროპლასტის საფუძველზე“.

20. კანანოვა ნ. „მინიმალური ზარალი მიწისძვრისაგან შესაძლებელია ნაგებობების სეისმომდეგობის ამაღლების გზით“
Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений " Голос Армении".
21. კანანოვა ნ. „ ახალი ტექნოლოგია გადაარჩენს ნაგებობებს, ერთდროულად გაზრდის სასარგებლო ფართს“. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений " Голос Армении". N70
22. მადრიდი, ესპანეთი. 2016 წლის 2-8 მარტი. მ. ბედიაშვილის გამოსვლა ევროპის სამოქალაქო ინჟინერთა საბჭოს 63-ე გენერალურ ასამბლეაზე. გამოსვლა დართულია დანართში.
23. ომუკევი ჟ.თ. და ჩუპუნოვი დ.ს. - „სეისმოიზოლაცია, როგორც საცხოვრებელი სახლის დაცვა მიწისძვრის დროს“. e-mail: ksucta@elcat.kg
24. სოხაძე ა., ბედიაშვილი მ. „ნაგებობათა სეისმომდეგობის ამაღლება სეისმოიზოლაციის საშუალებების გამოყენებით“. „მშენებლობა“ სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი №1(32) 2014 წ. 100-109 გვ.
25. სოხაძე ა., ბედიაშვილი მ. „არსებული შენობების გაძლიერება სეისმომდეგობის ამაღლების მიზნით. “ „მშენებლობა“ სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი №1(36) 2015 წ. 36-43 გვ.
26. სამშენებლო ნორმები და წესები - „სეისმომდეგი მშენებლობა“ (პნ 01.01-09) გვ.1.
27. სამშენებლო ნორმები და წესები „ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები“ (პნ 03.01-09) გვ 1.
28. „სეისმომდეგი მშენებლობა დაპროექტების ნორმები II-2.02-94“ სომხეთის რესპუბლიკა. ნორმები. 1997 წლის გამოცემა.
29. სამეცნიერო საზოგადოება „С С“ (სეისმომდეგი მშენებლობა). „რეკონსტრუქცია, შენობებისა და ნაგებობების სეისმოგაძლიერება“
30. საავტორო მოწმობები 19 ერთეული.
31. საქართველო, ქ. თბილისი, 2014 წლის 29-30 მაისი. მ. ბედიაშვილის გამოსვლა ევროპის სამოქალაქო ინჟინერთა საბჭოს 59-ე გენერალურ ასამბლეაზე. სიტყვა დაიბეჭდა ასამბლეის გამოცემაში. „International Conference. Seismic -2014“. “Seismic resistance and rehabilitation of building”. თბილისი, 2014წ. გვ. 32-41.
32. ტიგრანიანი ს., „ბიზნესის ინტერესები სეისმურ უსაფრთხოებაზე მაღლა დგას“. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений.
33. ტოკიო, იაპონია - „არქიტექტურულ-სამშენებლო კვირეული“ 2007 წელი (დაიბეჭდა გაზეთ „მშენებელში“ საქართველოს მშენებლთა ფედერაციის გაზეთი. №31, 2007 წ).
34. უშაკოვი ა.ს. „ნაგებობის საძირკვლების სეისმოიზოლაციის მეთოდები“.
35. ყიფიანი გ., ჩოგოვაძე ჯ., ჭიპაშვილი ო. - ავარიულ-დეფორმირებული საცხოვრებელი შენობების გამოკვლევა თბილისის მაგალითზე. მოხსენებათა შრომების კრებული. საერთაშორისო სიმპოზიუმი

უწყვეტ ტანთა მექანიკის პრობლემებზე. სტუ თბილისი 1997 წ. გვ. 37-39.

36. Ysoslab მარტივი, სწრაფი და უსაფრთხო კონსტრუქცია სეისმურ ზონაში მშენებლობისათვის. [www. Fressinet.com](http://www.Fressinet.com) 2012 წლის დეკემბერი;
37. არსებული შენობების რემონტი და გაძლიერება სეისმომედეგობის ამაღლების მიზნით Fressinet -ის ფორმის სარეკლამო მასალა www. Fressinet. com 2013 წლის თებერვალი;
38. Аизенберг Я.М. Адаптирование системы сейсмической защиты сооружений. М. «Наука» 1978 г. ст. 246.
39. Авидон Г.Э, Карлина Е.А. «Особенности калёбаний зданий с сейсмоизолирующими фундаментами». А.М. Курзанов, Ю.Д. Черепинский «Сейсмостойкое строительство, безопасность сооружений» №5 Москва, 2004 г.
40. Бубис А. А., Юн А.Я., С. О. Петряшев - "Методика расчета здания с системой сейсмоизоляции в виде резинометаллических опор "Центр исследований сейсмостойкости сооружений. ЦНИИСК им. Кучеренко.
41. Гордеев И.Г. Опыт применения каркаса ИИС-04 для строительства гражданских зданий в Молдавской ССР. Материалы семинара, Тбилиси, 12-14 марта 1974 г. стр. 134.
42. Давидов Г.В. –Статистический метод расчета систем сейсмоизоляции зданий и сооружений. Санкт-Петербург 2010 г. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений стр. 153-157.
43. Зеленков Ф.Д. Дома на сейсмоамортизаторе. Ашхабад, 1961 г Москва; стр.10-15.
44. Клячко М.А. Землетрясения и мы. Санкт-Петербург. РИФ Интергриф 1999 г. с. 81-158.
45. Кипиани Г.О. Устойчивость и колебания панелей при сейсмических воздействиях - Материалы конференции "Качество и надежность строительных материалов и конструкции в сейсмостойком строительстве". Батуми. 1988. Тбилиси. Мецниереба с.15-16
46. Кипиани Г. О., Арманов Ф.М., Кипиани Д.О. Алгоритм расчета устойчивости трёхслойных пластин с разрезами - Сейсмостойкое строительство. сб. научн. тр. ТбилЗНИИЭП. Тбилиси – 1990. – с. 52-56.
47. Кипиани Г. О. и др. Использование трёхслойных цилиндрических оболочек для подземной сейсмозащиты. Санкт-Петербург ЦНТИ.СПБ. 1994. -2с. Сер. "Р.67.11.03" Инфор. листок N668-94.
48. Марджанишвили Л.М. – об экспериментально-теоретических исследованиях несущей способности и деформативности вертикальных диафрагм каркаса ИИС-04. Материалы семинара, Тбилиси, 12-14 марта 1974 г. стр. 94.
49. Марджанишвили М.А., Марджанишвили Л.М., Марджанишвили Ш.М., - «современные сейсмостойкие здания и методы расчета» - Тбилиси, 2002 г. ст. 232
50. Мартинов Н.В. инженер (НАПКС, Симферополь). «Аналитический обзор систем и элементов активной сейсмозащиты на базе

- резинометаллических и резинопластиковых опор сжатия» Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» №6 Москва, 2008 г. с.49-51
51. Мелкумян М.Г. Исследование эффективности одной или двухмассового динамического гасителя колебаний на модели каркасного здания при вибрационных испытаниях (Инженерно-строительный журнал. 2012 №5(31) стр. 23-29) <http://www.engstroy.spb.ru/indrx> 2012 05/melkumyan.html
 52. Мелкумян М.Г. Опыт реконструкции зданий в Армении. Центр технических исследований при Армянском университете Армении стр. 4-11.
 53. Наджафов Х.М. Опыт применения каркаса ИИС-04 при проектировании жилых и общественных зданий в ГГПИ «Азгоспроект» Материалы семинара, Тбилиси, 12-14 марта 1974 г. стр. 129.
 54. Петухов М.Н. - Опыт применения каркаса ИИС-04 институтом «Армпроект». Материалы семинара, Тбилиси, 12-14 марта 1974 г. стр. 127.
 55. Погосян Г.К. – Опыт применения типового унифицированного каркаса ИИС-04 института «Ереванпроект». Материалы семинара, Тбилиси, 12-14 марта 1974 г. стр.
 56. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкций зданий. Москва-«Высшая школа»,1983, 304 стр.
 57. Сохадзе А., Бедиашвили М. «Предпосылки антисейсмических мероприятий гражданских сооружений и усиление-восстановление поврежденных зданий» Москва, 2013г. Материалы 2-ой Международной конференции асоциации ЕНСЕРТ.
 58. «Строительство в сейсмических районах». Нормы проектирования. СНИП 2.02.30. 2004 г. Республика Казахстан;
 59. Смирнов В.И. и Бубис А.А " Обсуждение проекта свода правил: " Здания сисмостойкие и сейсмоизолированные." Правила проектирования, Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений". 2014 г. 22-33 стр.
 60. Севбо С.М. Опыт применения каркаса ИИС-04 институтом «Таджикгипрострой» Материалы семинара, Тбилиси, 12-14 марта 1974 г. стр. 138;
 61. Черепинский Ю.Д. Жунусов Т.Ж. Инструкция по проектированию зданий с использованием сейсмоизолирующих фундаментов КФ. РДС РК07, г. Алма-Ата 1998 г.
 62. Черепинский Ю.Д. Сейсмоизоляция зданий. Строительство на кинематических фундаментах. Москва, 2009 г. стр. 7-13;
 63. Черепинский Ю.Д. Сравнительный анализ сейсмоизолирующих фундаментов опорного типа. «Сейсмостойкое строительство, безопасность сооружений» №5 Москва, 2004 г (статья 2).
 64. Чичаев А.Ф. Применения каркаса ИИС-04 при проектировании объектов здравоохранения в Средней Азии, «Гипрминздрав». Материалы семинара, Тбилиси, 12-14 марта 1974 г. стр. 135;

65. Шишков Ю. А., "По вопросу обсуждения СП "Здания сейсмостойкие и сейсмоизолированные, правила проектирования" ООО "НГЛИ" Новосибирск.
"Проектирование и строительство в Сибири." №1 (85) 2005 Г . стр, 33-40
66. Kipiani G. Definition of critical loading on three-layered plate with cuts by transition from static problem to stability problem//Contemporary Problems in Architecture and Construction. Selected peer reviewed papers the 6Th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, June 24-27, 2014, Ostrava, Czech Republic. Edited by Dara Kubeckova. Trans Tech. publications LTD, Switzerland, 2014, pp. 143-150.
67. Kipiani G. Kalabegashvili M. , Tabatadze D. Study of tower buildings caused by ground displacement with taking into account the physical nonlinearity of material.// International Conference Seismics 2014 “ Seismic Resistance and rehabilitation of buildings”, transactions 29-30 May 2014. Tbilisi, Georgia, publishing House “universal”, Tbilisi, 2014. pp 49-57.
68. Sokhadze, 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. pp. 32-40.
69. სამშენებლო ტექნიკური სტანდარტი. 2008 წელი. მშენებლობის განმარტებითი ცირკულარი. N 617/2009.
„შენობების სეისმოიზოლაციის პროექტირება.“ ედ. IUSS Press. Cordone D., FC PONZO, A.Di Cesare.
70. ევროპული სტანდარტი. ევროკოდი 8. სეისმომედეგი კონსტრუქციების დაპროექტება. ნაწ.1. დამტკიცდა CEN -ის 2004წ. 23 აპრილს.
71. Бедиашвили М., Кипиани Г., Калабегашвили М., Табатадзе Д. изучение нелинейных колебаний высотных здании, вызванных импульсными воздействиями эффективности удара с учетом физической нелинейности материала. Москва 2013 г. Материалы второй международной конференции ЕНСЕРТ.
72. Бедиашвили М.А., Кимберг А. М., Корнилов В.Г., Трусковский М.П. , Кванталиани Р.И. Составные предварительно - напряженные сборные железобетонные конструкции каркасной-панельных зданий для сейсмических районов. Москва 1982г.
The Ninth International Congress of the Fip. Stockholm. June 6-10, 1982. p.1-18.
73. Шах Х., Гир Дж., Зыбкая твердь. Что такое землетрясение и как к нему подготовиться. Москва 1988 г. стр. 128-130.