

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი მამარდაშვილი

„ქართული საკულტო ძეგლების აღდგენა-გაძლიერების
კონსტრუქციული ღონისძიებები“

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

შიფრი 0406

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2020 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში

სამშენებლო ფაკულტეტი

სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: ასოცირებული პროფესორი ა. ლებანიძე

თანახელმძღვანელი: პროფესორი თ. ხმელიძე

რეცენზენტები: პროფესორი მ. წიქარიშვილი

პროფესორი დ. რამიშვილი

დაცვა შედგება 2020 წლის „21„ივლისს,13.00 საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

„მშენებლობის“ საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს

სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია 508

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 68.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს მდივანი პროფესორი

დ. ტაბატაძე

ნაშრომის საერთო დახასიათება

თემის აქტუალობა: ქართული საკულტო ძეგლები, კერძოდ კი მართლმადიდებლური ქრისტიანული ტაძრები, წარმოადგენენ ჩვენი ერის თვითმყოფადობის და სულიერი სიძლიერის სიმბოლოს. კულტურული მემკვიდრეობა - ეს არის ერის სარკმელი ისტორიულ წარსულში. ამიტომაც მას რუდუნებით მოპყრობა და დაცვა ესაჭიროება. საქართველო, როგორც უძველესი ისტორიის მქონე ქვეყანა, მდიდარია ისტორიული მემკვიდრეობის ძეგლებით. საკულტო ძეგლები - ჩვენი ტაძრები - ასევე წარმოადგენენ კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლებს, რომელთა დაცვა, აღდგენა-გამლიერება წარმოადგენს მათი გადარჩენის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ამოცანას. ცნობილია, რომ საქართველო მდებარეობს სეისმურად აქტიურ ზონაში, რის გამოც აქ ხშირია მიწისძვრები. ეს სტიქიური მოვლენა საუკუნეების განმავლობაში აზიანებდა ჩვენს ეკლესია-მონასტრებს, რომელთა აღდგენა-გამლიერება ჩვენი წინაპრებისთვის უმნიშვნელოვანესი იყო. მაგრამ XX საუკუნის 20-იანი წლებიდან, ცნობილი სიტუაციის გამო, ათეულობით წლების განმავლობაში, ჩვენს ტაძრებს განსაკუთრებული ზიანი მიადგათ. ასევე მეტად დაზიანებულია საქართველოს ისტორიული მხარის ტაო-კლარჯეთის კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლები, რომლითაც ეგზომ მდიდარია ეს მხარე. ტაო ჩვენი ერის ტკივილია, რადგან ის დღესდღეობით თურქეთის იურისდიქციაშია და იქ მდებარე დაზიანებული ტაძრების დაცვა და აღდგენა გარკვეულ სირთულეებთანაა დაკავშირებული. ცნობილია, რომ პირველი ქრისტიანული ეკლესია, რომელიც საქართველოში აგებულა, სწორედ ტაო-კლარჯეთის ტერიტორიაზე მდებარეობდა. ეს ტაძარი პირველ ქრისტიან ქართველ მეფეს მირიანს აუგია ბიზანტიის იმპერატორ კონსტანტინე დიდის ხელშეწყობით.

ჩვეულებრივი შენობა-ნაგებობებისაგან განსხვავებით, კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების აღდგენა-გამიერებისას უნდა გავითვალისწინოთ როგორც მისი აგებისთვის გამოყენებული სამშენებლო მასალის

განსაკუთრებულობა, ასევე მისი კონსტრუქციული უნიკალურობა. მისი გაძლიერება უნდა მოხდეს ნაბიჯ-ნაბიჯ, სიფაქიზით და მუდმივი მონიტორინგით(შემოწმებით).

ტაო-კლარჯეთში მდებარე ქართული ტაძრების მდგომარეობის ფოტოგრაფიულმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მათი კონსტრუქციული ელემენტების (გუმბათები, კედლები, თაღები, აფრები) დაზიანება ძირითადად გამოწვეულია როგორც მრავალჯერადი მიწისძვრებით, ასევე სხვადასხვა ატმოსფერული ზემოქმედებებით. მიწისძვრის დროს განსაკუთრებით ზიანდება ტაძრის დამაგვირგვინებელი ნაწილი - გუმბათი და გუმბათის ყელი, ხოლო დროთა განმავლობაში, თუკი შესაბამისი ზომები არ იქნა მიღებული, თვით გუმბათიც. ეს აიხსნება იმით, რომ ამ ადგილას ერთი კონსტრუქციული ნაწილი - კედელი ან სვეტი, იცვლება სხვა კონსტრუქციული ელემენტით - გუმბათით, ანუ გადასვლა ხდება ერთი კონსტრუქციული სქემიდან სხვა კონსტრუქციულ სქემაზე.

მეცნიერული სიახლე: დამუშავებულია გუმბათის კონსტრუქციული გაძლიერების მეთოდოლოგია ანტისეისმური ზამბარა-დემპფერის და რეზინა-ლითონის დემპფერის გამოყენებით, რომელიც ტაძრის გუმბათის ყელსა და აფრების შემკრავ საყრდენ რგოლს შორის ეწყობა. ეს არის დემპფერული სისტემა, რომელიც სეისმოჩამხშობ სისტემას წარმოადგენს. ამ ტიპის კონსტრუქცია ტაძრების მშენებლობის და აღდგენა-გაძლიერების პრაქტიკაში ჯერ-ჯერობით არ ყოფილა გამოყენებული, ამდენად ის წარმოადგენს სიახლეს. **დისერტაციის მიზანია** საქართველოში მშენებარე ტაძრების აღჭურვა ახალი ტიპის ანტისეისმური კონსტრუქციული ელემენტებით, აგრეთვე მათი გამოყენება ძველი დაზიანებული ტაძრის გუმბათის ყელის საყრდენის აღდგენა-გაძლიერებისას უსაფრთხო ექსპლუატაციის მიზნით.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები: როგორც ძლიერი მიწისძვრების შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, ტაძრის გუმბათქვეშა ნაწილის და გუმბათის საკონტაქტო ზონა ყველაზე მეტად ზიანდება და ხშირად ხდება

გუმბათის ნგრევის მიზეზი, რადგან სეისმური ზემოქმედებისგან გამოწვეული გამჭიმვი ძაბვები რამდენჯერმე აღემატება ქვის (აგურის) წყობის საანგარიშო წინააღმდეგობას. აქედან გამომდინარე, შემოთავაზებული სეისმოდამცავი სისტემა, მაქსიმალურად შეამცირებს აღნიშნულ საკონტაქტო ზონაში მიწისძვრისგან გამოწვეული ძაბვების მნიშვნელობას.

ამ მიზნის მისაღწევად შევარჩიე აწყურის ღვთისმშობლის ტაძარი, რომლის აღდგენა-გაძლიერების სამუშაოები ამჟამად მიმდინარეობს.

კვლევის ძირითადი შედეგები და შედეგების გამოყენების სფერო: სადისერტაციო ნაშრომში ჩატარებული კვლევები და სიახლეები არის საფუძველი, რომ მოცემული მეთოდის დანერგვა და პრაქტიკული განხორციელება მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს იმ პრობლემებს, რაც კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსის მქონე ტაძრების აღდგენა-გაძლიერებისას არსებობს. ამ ტიპის სეისმოდამცავი სისტემების გამოყენება შესაძლებელია არა მარტო ტაძრების აღდგენისას, არამედ მსგავსი ტიპის ნაგებობების აღდგენისას მათი იერსახის მაქსიმალურად შენარჩუნებით.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა: დისერტაცია შედგება შესავლის, ოთხი თავის, ლიტერატურის მიმოხილვის, ძირითადი ნაწილის, დასკვნების, გამოყენებული ლიტერატურის და დანართებისგან. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება 108 ნაბეჭდი გვერდისაგან, ხოლო გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა - 28 დასახელებისაგან.

ნაშრომის აპრობაცია და გამოქვეყნებული პუბლიკაციები: კვლევის მასლების მიხედვით გამოქვეყნებულია 3 სამეცნიერო სტატია, დისერტაციის ძირითადი შედეგები მოხსენებულ იქნა სტუდენტთა 2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე და ერთ საერთაშორისო სამეცნიერო სიმპოზიუმზე:

1. მამარდაშვილი. გ., ანტისეისმური ღონისძიებები ხუროთმოძღვრების ძეგლებში. სტუდენტთა 86-ე სამეცნიერო საერთაშორისო კონფერენცია, თბილისი, 2018 წლის 19 ივნისი.

2. მამარდაშვილი. გ., ანტისეისმური ღონისძიებები სვეტიცხოველში. სტიდენტთა 87-ე სამეცნიერო საერთაშორისო კონფერენცია, თბილისი, 2019 წლის 19 ივნისი.
3. მამარდაშვილი გ., ლებანიძე ა., „ანტისეისმური ღონისძიებები ქართული ხუროთმოძღვრების ძეგლებში“, II საერთაშორისო სიმპოზიუმი „სეისმომედეგობა და საინჟინრო სეისმოლოგია“, თბილისი, საქართველო, 16.01.2019-17.01.2019.
4. მამარდაშვილი გ., ლებანიძე ა., „ანტისეისმური ღონისძიებები ქართული ხუროთმოძღვრების ძეგლებში“, II საერთაშორისო სიმპოზიუმი „სეისმომედეგობა და საინჟინრო სეისმოლოგია“, მოხსენებათა კრებული. გვ.161-163.
5. მამარდაშვილი გ., ხმელიძე, „ქართული ხუროთმოძღვრების ძეგლის - ოშკის დაზიანების ხარისხის კვლევა“. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №1(54), 2020 წ.
6. მამარდაშვილი გ., „სეისმოდამცავი ღონისძიებების გამოყენება ქართული საკულტო ძეგლების აღდგენა-გადლიერებაში“. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №1(54), 2020 წ.

ნაშრომის შინაარსი

ნაშრომის შესავალში მოცემულია თემის აქტუალობა, მეცნიერული სიახლე, სამუშაოს მიზანი და კვლევის პრაქტიკული ღირებულება.

პირველ თავში განხილულია ლიტერატურული მიმოხილვა არქიტექტურული ძეგლების აღდგენის საშუალებებზე; ძეგლების აღდგენისას არ არსებობს საერთო საკითხები, რომელიც ყველა ძეგლთან მიმართებაში შეიძლება გამოყენებულ იქნას. თითოეული არქიტექტურული ძეგლი გახლავთ პრინციპულად განსხვავებული, რომლის აღდგენისათვის საჭიროა კონკრეტული სამუშაოების ჩატარება; ეს დამოკიდებულია დაზიანების ხარისხზე, მის არქიტექტურაზე, გარემოს პირობებზე; დადგენილი სამუშაოების ხასიათი არის ინდივიდუალური, განსაკუთრებული ცალკეული ძეგლისთვის.

მოცემულია ქრისტიანული ტაძრების ეპოქალური დაყოფა, თუ როგორ იცვლიდა იერსახეს და მასშტაბებს ქართული ტაძრები ეპოქის ცვლილებასთან ერთად. შუა საუკუნეებში ხუროთმოძღვრებაში მთავარ როლს თამაშობდა საეკლესიო არქიტექტურა. საეკლესიო ძეგლების მიხედვით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ იმ პერიოდის არქიტექტურულ-გამომსახველობით მეთოდებზე. ქართულმა ქრისტიანულმა არქიტექტურამ განვითარების რამდენიმე ეტაპი განვლო. თავდაპირველად ეს იყო პატარა სამლოცველოები. V-X საუკუნეებში საქართველოში გავრცელებული იყო სამნავიანი ბაზილიკური ტაძრები, რომელთაც ამ პერიოდში განიცადეს ევოლუცია და გეგმაში თანდათან მიუახლოვდნენ ცენტრალურ გუმბათოვან ტაძრებს. ტაძრების გადახურვის ძირითად კონსტრუქციას წარმოადგენდა კამარები, მალის გადასახურად იყენებდნენ თაღებს. საქართველოში, ევროპასთან შედარებით, საკმაოდ ადრე გავრცელებული იყო კამარათა სხვადასხვა ტიპები: ნახევრად წრიული და ჯვარედინი კამარები. ამგვარად საქართველოში V-VII საუკუნეებში უკვე გავრცელებული იყო კონსტრუქციები, რომლებმაც შუა საუკუნეთა ევროპაში მხოლოდ რომანულ პერიოდში მოიკიდა ფეხი.

ბაზილიკური ტაძრების პარალელურად ფეხს იკიდებდა და ვითარდებოდა ჯვარგუმბათოვანი ტაძრები, რომლებშიც ყველაზე კარგად ჩანს პროპორციების მნიშვნელობა არქიტექტურაში. არსებობს მოსაზრება, რომ პირველი ჯვარგუმბათოვანი სამლოცველო, ჯერ კიდევ IV საუკუნის მიწურულს აუშენებიათ. VI საუკუნიდან იწყება ჯვარგუმბათოვანი ტაძრების მშენებლობა: „მცხეთის ჯვარი“, „ატენის სიონი“, მოგვიანებით - „ნინოწმინდა“, „იკორთა“, „სვეტიცხოველი“ და სხვა მრავალი. „მცხეთის ჯვარი“ არის ხუროთმოძღვრების ძეგლი, რომელიც „ოქროს კვეთის“ პროპორციებითაა აგებული. გადახურვის კონსტრუქცია აქ გუმბათია, რომელიც ეყრდნობა აფრებს.

თუ ტაძრების გადახურვის ფორმებს კონსტრუქციული კუთხით განვიხილავთ - კამარები, თაღები, გარსები და გუმბათები წარმოადგენენ

ისეთ სისტემებს, რომლებიც ძირითადად მუშაობენ კუმშვაზე. ისინი წარმოადგენენ მდგრად კონსტრუქციებს; გუმბათის შემთხვევაში, თუ გუმბათის ყელი არ დაზიანდა, გუმბათი მთლიანობას არ კარგავს. ჩემთვის ამ კუთხითაა მნიშვნელოვანი ამ საკითხის ასე დეტალურად განხილვა; რადგან ჩემი სამუშაო ეძღვნება დაზიანებული ტაძრების აღდგენა-გადლიერებას სწორედ გუმბათის ყელში.

ამავე თავში მოცემულია სეისმოდამცავი სისტემების სხვადასხვა სახეები, მათი მუშაობის პრინციპები. სეისმური ზემოქმედებისგან შენობების და ნაგებობების დაცვის ამოცანა ადამიანთა წინაშე დადგა კაცობრიობის ისტორიაში პირველი მიწისძვრის დროიდან და თავისი აქტუალობა დღემდე არ დაუკარგავს. მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარებასთან ერთად, კვლევები ამ მიმართულებით განსაკუთრებით აქტუალურია. მთელს მსოფლიოში შეინიშნება მაღლივი შენობებისა და კათამბეჭენების პროექტირებისა და მშენებლობის „ბუმი“. მაღლივი შენობების დაპროექტება სხვადასხვა სეისმური ბალიანობის რეგიონისთვის განსხვავებული და ინდივიდუალურია. არსებულმა სეისმოდამცავმა მეთოდებმა დღეისათვის თავიანთი შესაძლებლობები ამოწურეს. ამიტომ მნიშვნელოვანია ახალი სეისმოიზოლაციური და სეისმოჩამხშობი სისტემების შექმნა და მათი კვლევა.

სეისმომედეგობის ამაღლება შესაძლებელია ორი მეთოდით:

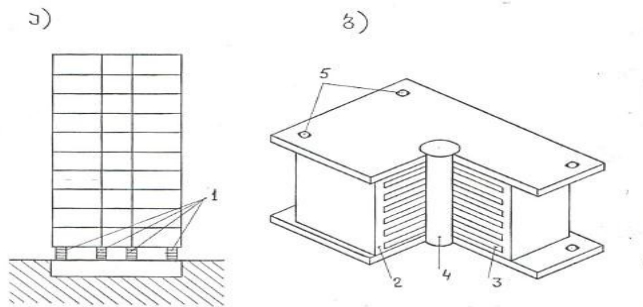
1. ტრადიციული მეთოდით - კონსტრუქციის განივკვეთის გაზრდით;
2. სპეციალური მეთოდით - დატვირთვების შემცირება შენობისა ან ნაგებობის მუშაობის დინამიკური სქემის მოდიფიკაციის ხარჯზე;

სეისმოჩამხშობ და სეისმოიზოლაციურ თანამედროვე მეთოდებში გამოყენებული სპეციალური მოწყობილობები შეიძლება დავყოთ შემდეგ ძირითად ჯგუფებად:

1. სეისმოიზოლაციური სისტემები განრთვადი კავშირებით;
2. რეზინალითონის საყრდენები;
3. სეისმოდამცავი სისტემები კინემატიკური საყრდენებით;

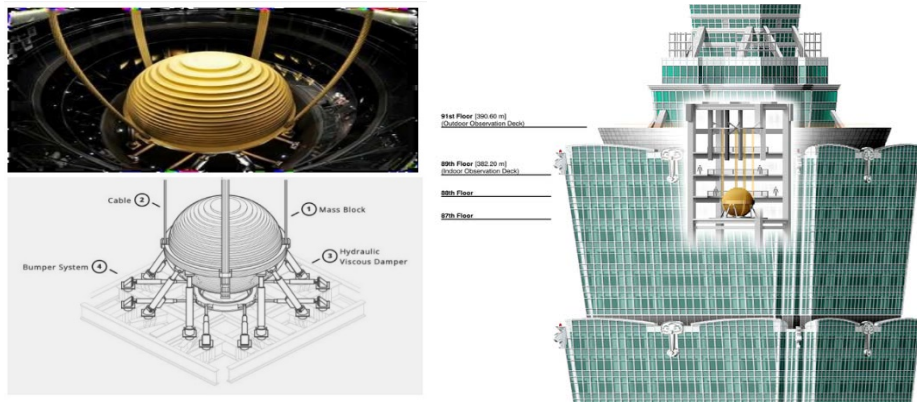
4. ინერციული მასების განცალკევების მეთოდი;
5. სეისმოდამცავი მეთოდი მოსრიალე სარტყელით;
6. სისტემები გაზრდილი დემპფირებით;
7. რხევის დინამიკური ჩამქრობები.

საკმაოდ გავრცელებულია რეზინისა და ლითონისაგან დამზადებული საყრდენების გამოყენება საძირკველსა და შენობის მზიდ კონსტრუქციებს შორის. საყრდენების ჰორიზონტალური სიხისტე ასჯერ ნაკლებია ვერტიკალურ სიხისტესთან შედარებით. ამის გამო ისინი საკმაოდ მტკიცენი არიან კუმშვისას და უზრუნველყოფენ ჰორიზონტალური გადაადგილების დრეკადობას (ნახ.1).



ნახ.1. რეზინა-ლითონის საყრდენით შენობის სეისმოიზოლაცია

რხევის დინამიკური ჩამხშობის გამოყენების ნათელი მაგალითია ცათამბჯენი ტაიპეი 101 ტაივანში. 87-ე და 91-ე სართულებს შორის შენობის შიგნით დაკიდებულია 660 ტონიანი სფერო (ნახ.2). ეს სფერო წარმოადგენს ლითონის ქანქარას, რომელიც ასრულებს რხევის ინერციული ჩამხშობის ფუნქციას. ქანქარა იწყებს რხევას, რითაც აკომპენსირებს ნაგებობის გადაადგილებას ქარის ან მიწისძვრის ზემოქმედების დროს. შენობის და ქანქარის რხევის ფაზების განსხვავებულობის წყალობით (იდეალურ შემთხვევაში უნდა იყოს ანტიფაზა), მაგრამ თითქმის თანაბარი მნიშვნელობის რხევის პერიოდით, შენობის ზედა ნაწილის გადაადგილების მომენტში, ქანქარა ასრულებს მოძრაობას საპირისპირო მიმართულებით.



ნახ.2. ინერციული დემპფერი ტაიპეი 101-ზე

მიმოხილვით ნაწილში მოცემულია აგრეთვე არქიტექტურული ძეგლების მოვლა-შენახვის ღონისძიებები. კონსერვაცია (conservare) ნიშნავს შენახვას, შენარჩუნებას. ამგვარად, ძეგლის შენარჩუნების ძირითადი პოზიცია ყველაზე სუფთა სახით გამოიხატება კონსერვაციაში: კონსერვაცია წარმოადგენს ძეგლის შენარჩუნების უმთავრეს პრინციპს; ჩაატარო რესტავრაცია (restaurare) ნიშნავს აღადგინო; ვენეციის ქარტია აცხადებს, რომ რესტავრაციის მიზანია შეინარჩუნოს და გამოავლინოს ძეგლის ესთეტიკური და ისტორიული ღირებულება და ეფუძნება ორიგინალური მასალის და ავთენტური დოკუმენტების პატივისცემას. რენოვაცია (renovare) ნიშნავს განახლებას და კონსერვაციასა და რესტავრაციასთან ერთად, წარმოადგენს ძეგლის შენარჩუნების მესამე ფართოდ გავრცელებულ მეთოდს, თუმცა იგი არ არის საგანგებოდ მოხსენებული ვენეციის ქარტიაში. განახლების უშუალო მიზანია ძეგლის ესთეტიკური მთლიანობის მიღწევა იმგვარად, რომ იგი „კვლავ ახალი გახდეს“.

მეორე თავში მოცემულია ტაო-კლარჯეთის ტაძრების დაზიანების ხარისხის კვლევა. დეტალურადაა აღწერილი ბანას, ოშკის, იშხანის და ხანძთის თავდაპირველი არქიტექტურული იერსახე და მათი დღევანდელი მდგომარეობა. **ბანას ტაძარი** - ქართული ხუროთმოძღვრების ორიგინალური და უნიკალური ძეგლი, წარმოადგენს ცენტრალურ გუმბათოვან ტაძარს, რომელიც დღესდღეობით მეტად სავალალო მდგომარეობაშია; აქ რესტავრაციაზე მეტად, ალბათ, კონსერვაციის მეთოდი გამოდგება. **ოშკი**

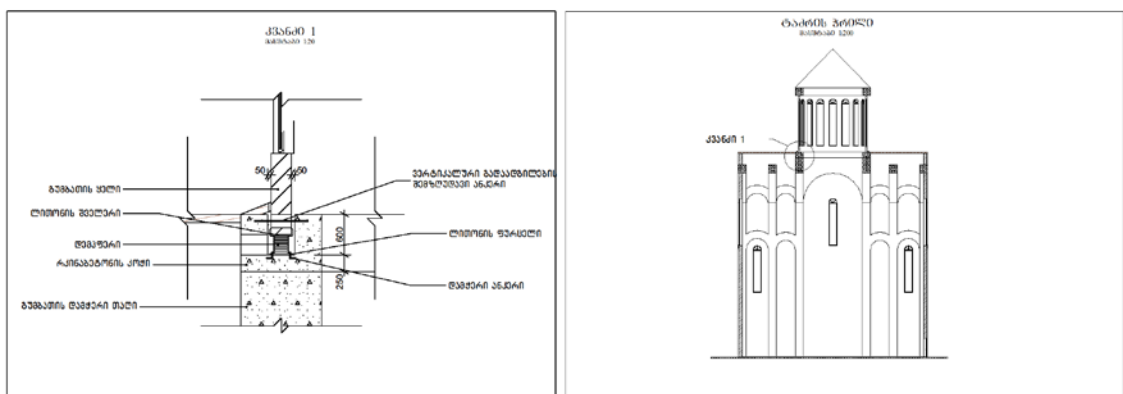
წარმოადგენდა საეპისკოპოსო ტაძარს; ის არის ჯვარგუმბათოვანი ტაძარი თავისუფალი გუმბათით. დიდი ხნის მანძილზე ქართველთათვის ოშკის არსებობა ბურუსით იყო მოცული; მხოლოდ 1902 წელს, როცა ექვთიმე თაყაიშვილმა პირველად იმოგზაურა ტაო-კლარჯეთში და ზუსტად აღწერა ძეგლის მდგომარეობა, ცნობილი გახდა მისი არსებობა. ოშკი ამჟამად სავალალო მდგომარეობაშია; თუ დროზე არ მოხდა მისი რესტავრაცია-გადლიერება, შესაძლოა ჩამოინგრეს (ნახ. 3); მით უმეტეს, რომ ეს მხრე მაღალი სეისმური აქტივობის ზონაში იმყოფება. ტაძრის ძირითადი მზიდი კინსტრუქციები, მათ შორის გუმბათიც, ჯერ-ჯერობით არსებობს, თუმცა საკმაოდ დაზიანებული ჩანს. სიტყვა **ოშკი** არის უძველესი ზანურ-ჭანური ტოპონიმი, რომელიც **მეგრულ შქას**, შუას, შუა ადგილს უკავშირდება.



ნახ.3. ოშკი, ფასადი

მესამე თავში განხილულია რესტავრირებული ტაძრები, კერძოდ, ბაგრატის ტაძარი და წეროსხევის ღვთისმშობლის სახელობის ტაძარი. მათი რესტავრაცია გადაწყდა მათი ნგრევის ხარისხის და საძირკვლის მდგომარეობის მიხედვით. მათი მზიდი ელემენტები გადლიერებულია რკინაბეტონის ჩანართებით, რამაც მათ ავთენტურობას საფრთხე შეუქმნა; უნდა აღინიშნოს, რომ, მართალია ტაძარმა აღიდგინა თავისი სტატუსი და შთამბეჭდავობა, მაგრამ მოხდა უხეში ჩარევები ისტორიულ ქსოვილებში აღმდგენთა მხრიდან. ამის გამო იუნესკომ ტაძარი კულტურული

მემკვიდრეობის სიიდან ამოიღო. *მეოთხე თავი* მთლიანად ეთმობა სადისერტაციო თემის კვლევას, გაანგარიშებებს და მეცნიერულ სიახლეს. ეს არის ტაძრების გუმბათის გაძლიერება ანტისეისმური საშუალებებით. ჩვენი წინაპრები უხსოვარი დროიდან იყენებდნენ ანტისეისმურ ღონისძიებებს ტაძრების მშენებლობისას. ამის მაგალითად შეიძლება ჩაითვალოს "მერცხლის კუდი", ან მშრალი ქვის წყობისას კვადრების გამოყენება. კვადრები ეწყობოდა ძირითადად გუმბათის ან გარსის ყელთან, იქ, სადაც ერთი კონსტრუქციული საანგარიშო სქემა მთავრდება და იწყება მეორე - გუმბათი ან გარსი. ჩემი კვლევის მიზანია დაზიანებული ტაძრის გუმბათის აღდგენა მოხდეს ისე, რომ არ დაირღვეს მისი ავთენტურობა. ქვემოთ ნახაზებზე მოცემულია ტაძრის ჭრილი აღდგენის შემდეგ და გუმბათის ყელის კვანძები. სეისმოჩამხშობი სისტემების კონსტრუქციული გადაწყვეტა ხდება შემდეგნაირად: საყრდენ რგოლზე, რომელიც ასევე წარმოადგენს თაღების შემკვრელს, ეწყობა რკინაბეტონის ღარიანი სარტყელი. ღარში ჩაანკერდება ლითონის ფურცლები, რომელზეც ეწყობა დემპფერი: რეზინა-ლითონის (ფართოდ გამოიყენება ვიადუკებსა და ესტაკადებში ბურჯებზე მალის ნაშენისა დაყრდნობის ადგილებში) და ზამბარისებური. გუმბათის ყელი დემპფერთან დაკავშირებულია შველერით. გუმბათის ყელში კეთდება ნახვრეტები(ნაჩვენებია ქვემოთ ნახაზზე), რომელშიც თავსდება ლითონის ანკერები ვერტიკალური გადაადგილების შესაზღუდად.



ნახ.4. ტაძრის ჭრილი და კვანძი1.

შეიქმნა კომპიუტერული საანგარიშო მოდელი, რომლის სივრცული გაანგარიშება შესრულდა სასრულ ელემენტთა მეთოდით თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით. ზოგადად, სეისმოდაცვის სისტემის დანიშნულებაა გრუნტიდან შენობაზე გადაცემული სეისმური აჩქარების შემცირება. ჩვენ შემთხვევაში ჯვარგუმბათოვანი ტაძარი კონსტრუქციულად ორ ნაწილად გამოდის გაყოფილი - გუმბათქვეშა (ჯვრული) ნაწილი და თვითონ გუმბათი. მათ შორის განთავსებული დემპერების ფუნქციაა გუმბათის ნაწილზე გადაცემული სეისმური აჩქარების შემცირება.

როგორც ძლიერი მიწისძვრების შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, ტაძრის გუმბათქვეშა ნაწილის და გუმბათის საკონტაქტო ზონა ყველაზე მეტად ზიანდება და ხშირად ხდება გუმბათის ნგრევის მიზეზი. ამ ზონაში სეისმური ზემოქმედებისგან გამოწვეული გამჭიმვი ძაბვები რამდენჯერმე აღემატება ქვის (აგურის) წყობის საანგარიშო წინაღობას გაჭიმვაზე. აქედან გამომდინარე, ჩვენს მიერ შემოთავაზებული დემპერების დანიშნულების უფრო დაკონკრეტებაც შესაძლებელია - მაქსიმალურად შევამციროთ აღნიშნულ საკონტაქტო ზონაში სეისმური მღუნავი მომენტების მნიშვნელობა, რაც მინიმუმამდე დაიყვანს გამჭიმავი ძაბვების მნიშვნელობას.

ჩვენი ამოცანის გადასაწყვეტად შევარჩიეთ აწყურის ღმრთისმშობლის ტაძარი, რომლის აღდგენა-გადლიერების სამუშაოები ამჟამად მიმდინარეობს. აწყურის ტაძარი მდებარეობს სამცხე-ჯავახეთში სოფელ აწყურის ტერიტორიაზე. ტაძარი აუგიათ X-XI საუკუნეებში, მაგრამ მალევე დაუნგრევია 1283 წლის ძლიერ მიწისძვრას. ის წარმოადგენდა ჯვარ-გუმბათოვან ტაძარს, აღმოსავლეთისკენ გამოშვებული სამი აფსიდით. მისგან შემორჩენილია მხოლოდ ნახევარკედლები. ტაძარი აგებულია მტკვრის მარჯვენა სანაპიროზე. აქ ვლინდება ორი კულტურული შრე, რაც მიუთითებს ამ ადგილზე მშენებლობის ორ ეტაპზე; პირველი თარიღდება X-XI საუკუნეებით, ხოლო მეორე - XIII-XIV საუკუნეებით, სწორედ ამ

პერიოდში ჩაუტარდა ტაძარს მასშტაბური რეკონსტრუქცია მიწისძვრის შემდგომ.

მიწისძვრებს აწყურის ტაძარი კიდევ მრავალჯერ დაუზიანებიათ. სწორედ ამიტომ ტაძარი ნანგრევებად იყო ქცეული. ჩამოქცეულა გუმბათი, ხოლო შემდგომ მისი ყელიც. 2016 წელს სახელმწიფომ დაიწყო ზრუნვა მის რეკონსტრუქციაზე. სწორედ ამ რეკონსტრუქციის პროექტში ერთ-ერთ ანტისეისმურ ღონისძიებად გამოვიყენეთ ჩემს მიერ დამუშავებული მეთოდი.

ტაძრის არსებული მზიდი კონსტრუქციების ძლიერ დაზიანებულია (ნახ.5) და მისი აღდგენის შემთხვევაში აუცილებლობას წარმოადგენს გატარდეს შესაბამისი ღონისძიებები მათი გაძლიერებისთვის და გაჯანსაღებისთვის, ისეთ კონდიციამდე, რომ იყოს ადამიანთათვის უსაფრთხო. ამავე დროს ტაძრის მზიდი კონსტრუქციების სიმტკიცე და მდგრადობა უნდა აკმაყოფილებდეს საქართველოში მოქმედ სამშენებლო ნორმებს და წესებს. ჩვენი მიზანია ასევე მაქსიმალურად შევინარჩუნოთ ტაძრის არსებული კონსტრუქციების ავთენტურობა, მაგრამ ტაძრის კონსტრუქციების არსებული მდგომარეობიდან გამომდინარე ზოგიერთი კონსტრუქციის დემონტაჟს ვერ ავუვლით გვერდს. დემონტაჟი შეეხება ექვსივე სვეტის კონსტრუქციას, კედლების ზედა ნაწილს, რომელიც გამოფიტულია, ჩამორღვეული კედლების კიდეებს, კედლების გაძლიერების მიზნით ჩაშენებული სვეტებისთვის ამოღებულ უნდა იქნას კედლებში ღარები, ტაძრის აღმოსავლეთით შემორჩენილი კონქის და თაღის ფრაგმენტების დემონტაჟი უნდა განხორციელდეს ისე, რომ მაქსიმალურად იქნას შენარჩუნებული არსებული საპერანგე ქვები. დემონტაჟის განხორციელებამდე დაინომროს ყველა საპერანგე ქვა. თანამიმდევრულად და ფრთხილად დაიშალოს ყორე ქვის წყობა და საპერანგე ქვა. დემონტაჟისას დაცული უნდა იყოს უსაფრთხოების ზომები სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად.



ნახ.5.

აწყურის ღმრთისმშობლის ტაძრის მზიდი კონსტრუქციების გაანგარიშება ჩატარდა ორ ვარიანტად:

1. სეისმოდაცვის სისტემის გარეშე (გუმბათქვეშა ნაწილსა და გუმბათს შორის კავშირი ხისტია);
2. სეისმოდაცვის სისტემის გამოყენებით (გუმბათქვეშა ნაწილსა და გუმბათს შორის სახსრულ კავშირს უზრუნველყოფს მშრალი ხახუნის რეზინა-ლითონის დემპფერები. მათი ჰორიზონტალური სიხისტე ასჯერ ნაკლებია ვერტიკალურ სიხისტესთან შედარებით).

სამუშაოების პირველი ეტაპი

არსებული საპერანგე ქვების ჩამაგრების ღონისძიების პირველი ეტაპი:

- საპერანგე ქვებს შორის ნაკერების ამოგოზვა – პოლიმერ-ცემენტის და მინერალების ბაზაზე დამზადებული ხსნარით (მ-150);
- საპერანგე ქვების კუთხეების დაბურღვა ($d=16$ მმ), ამავე დროს მანძილი ნაბურღებს შორის არ უნდა აღემატებოდეს 1000 მმ-ს; - ნაბურღი გულდასმით გაიწმინდოს მექანიკური წესით, გაირეცხოს წყლის ჭავლით და დოზირებული წნევის ქვეშ შეივსოს პოლიმერ-ცემენტის ხსნარით (M-150). ამ შემთხვევაში შეივსება არსებული შესაძლო სიცარიელები მათი ნაკერის სიღრმეში არსებობის შემთხვევაში;

არსებული საპერანგე ქვების ჩამაგრების ღონისძიების მეორე ეტაპი:

- გასუფთავებული საპერანგე ქვების ბზარების და სიღრუვეების ინექციების სამუშაოები - დოზირებული წნევის ქვეშ შევსებული პოლიმერ-ცემენტის მომზადებული ხსნარით (M-150);
- დაზიანებული და საღი საპერანგე ქვების დაბურღვა ($d=14, 16$ მმ); - ნაბურღი გულდასმით გაიწმინდოს მექანიკური წესით, გაირეცხოს წყლის ჭავლით და დოზირებული წნევის ქვეშ შეივსოს პოლიმერ-ცემენტის ხსნარით (M-150). ამ შემთხვევაში შეივსება არსებული შესაძლო სიცარიელები მათი ნაკერის სიღრმეში არსებობის შემთხვევაში;
- დამონტაჟდეს უჟანგი ლითონის ანკერები;
- ნაბურღის ზედა თავი საპერანგე ქვის ზედაპირთან ამოიგოზოს ქვის ფაქტურის მქონე ტონირებული ხსნარით, სისქით 3-4 სმ.

არსებული კედლების კუთხეების გაძლიერება სრულდება ჰორიზონტალური მიმართულებით, წყობის მთელ სიმაღლეზე, ბიჯით 600 მმ. პროექტის მიხედვით:

- გაიბურღოს კედლის კუთხის წყობა პროექტით მონიშნულ ადგილებში;
- ნაბურღი გულდასმით გაიწმინდოს მექანიკური წესით, გაირეცხოს წყლის ჭავლით და დოზირებული წნევის ქვეშ შეივსოს პოლიმერ-ცემენტის ხსნარით (M-150). ამ შემთხვევაში შეივსება არსებული შესაძლო სიცარიელები მათი ნაკერის სიღრმეში არსებობის შემთხვევაში;
- დამონტაჟდეს ლითონის ანკერები;
- ნაბურღის ზედა თავი საპერანგე ქვის ზედაპირთან ამოიგოზოს ქვის ფაქტურის მქონე ტონირებული ხსნარით, სისქით 3-4 სმ.

რკინაბეტონის სარტყელის მოწყობის ღონისძიება:

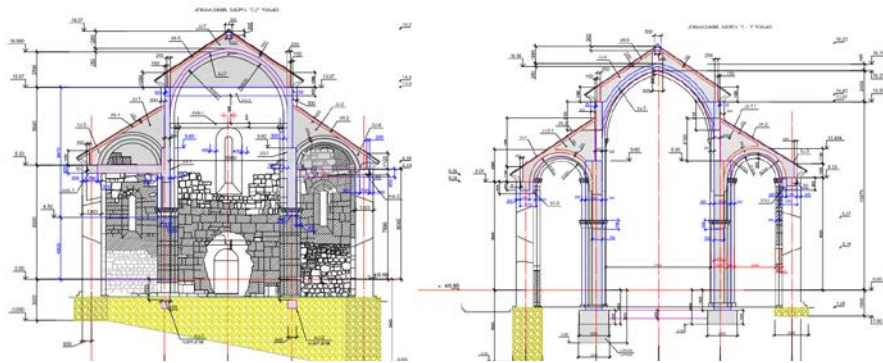
- არსებული კედლის თავის ზედაპირი გულდასმით გაიწმინდოს, პროექტის შესაბამისად დაიბურღოს, ნაბურღი ამოსუფთავდეს, ცემენტის ინექციის საშუალებით ჩამაგრდეს ანკერები ნაბურღში;
- მოეწყოს რკინაბეტონის სარტყელის არმირება და დაბეტონდეს პროექტის შესაბამისად, ბეტონის კლასი B-25; კონქების ზონაში, კონქის ზედა ნაწილში

რკინაბეტონის უბნის და კედლების ზედაპირზე რკინაბეტონის პერანგის მოწყობის ღონისძიება:

- გულდასმით გაიწმინდოს დაშლილი კონსტრუქციის ზედაპირი;
- კედლები დაიბურდოს, ნაბურღი ამოსუფთავდეს, ცემენტის ინექციის საშუალებით ჩამაგრდეს ანკერები ნაბურღში, მოეწყოს პერანგის არმირება და შესრულდეს კონსტრუქციის დაბეტონება;
- კონქის ზედა ნაწილზე მოეწყოს მონოლითური უბნის არმირება, მის არმატურასთან ჩაებას კონქის ქვების დამჭერი უჟანგი ანკერები და კონსტრუქცია დაბეტონდეს.
- კონსტრუქციების ზედაპირი დამუშავდეს ჰიდროსაიზოლაციო მასალით;

სამუშაოების მეორე ეტაპი

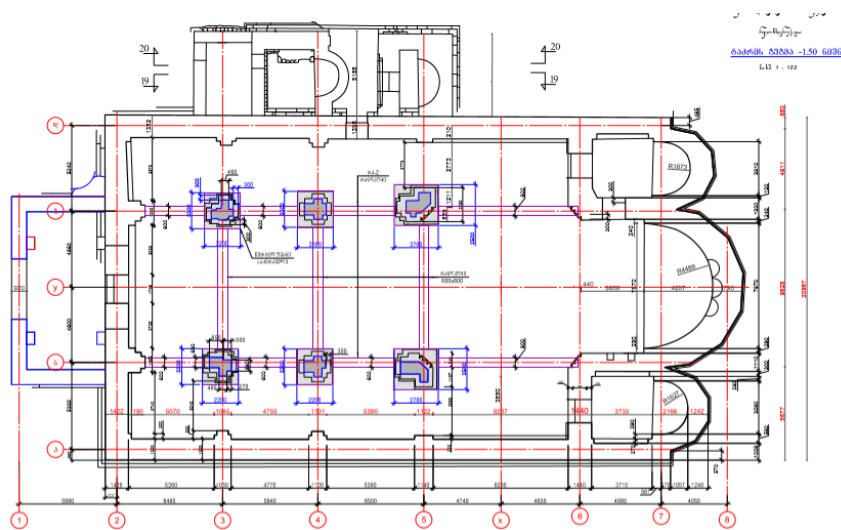
აწყურის ღმრთისმშობლის ტაძრის მზიდ კონსტრუქციებს წარმოადგენს კონტურის გაძლიერებული არსებული მზიდი ქვის კედლები და მონოლითური რკინაბეტონის შიდა თაღების კომპლექსური კონსტრუქცია (ნახ.6).



ნახ.6. აწყურის მზიდი კონსტრუქციები

წინამდებარე პროექტის მიხედვით ტაძრის ძირითადი მზიდი კონსტრუქციის ფუნქცია დაკისრებული აქვს სვეტებს, რომლებიც მომზადდება ტაძრის დანარჩენი მზიდი კონსტრუქციებიდან (ანტრესოლების, თაღების, კამარების, გუმბათის ყელის, გუმბათის და სახურავის კონსტრუქციებიდან) სტატიკური და დინამიკური (მათ შორის სეისმიური) დატვირთვების მისაღებად. ასეთ შემთხვევაში დამატებით

მინიმალურად დაიტვირთება ტაძრის არსებული კედლები და როგორც კომპიუტერულმა ანგარიშებმა გვიჩვენა, თვითონ კედლების ჰორიზონტალური დეფორმაციები (გადაადგილებები) 8 ბალიანი სეისმიური ზემოქმედებისას აკმაყოფილებს სათანადო მოთხოვნებს. აწყურის ტაძრის ექვსი სვეტისთვის უნდა მოეწყოს წერტილოვანი მონოლითური რკინაბეტონის საძირკველი, რომელიც უშუალოდ ან ბეტონის ბალიშის მეშვეობით უნდა დაეფუძნოს ძირითად ქანებს. წერტილოვანი საძირკვლები ერთმანეთთან დაკავშირდება რკინაბეტონის რანდკოჭებით. სვეტები შესრულდება მონოლითური რკინაბეტონით. ყველა ახალი მზიდი კონსტრუქცია (თაღების, კამარების, გუმბათის ყელის, გუმბათის) გარდა კედლების ნაწილისა და სახურავისა მოეწყობა რკინაბეტონის კონსტრუქციის გამოყენებით, ძველი და ახალი საპერანგე ქვების მონტაჟის პარალელურად.



ნახ.7. აწყურის ტაძრის გეგმა

შიდა თაღნარის (კარკასის) და არსებული კედლების კავშირი უნდა იყოს ხისტი: არსებულ კედლებში რკინაბეტონის თაღნარის კონტურის გასწვრივ (ღარებში) მოეწყობა რკინაბეტონის ჩამალული ჩანართები, რომლებიც თავის მხრივ ანკერების საშუალებით ჩამაგრებული იქნება არსებულ კედლებში, ხოლო კარკასს დაუკავშირდება ტრადიციულად.

საძირკვლის კონსტრუქციები

პროექტში განხილულია ორი ტიპის საძირკველი: 1. არსებული ლენტური საძირკველი ტაძრის პერიმეტრული კედლების ქვეშ ყორე-ქვის წყობისაა კირის დუღაბზე. 2. ახალი წერტილოვანი მონოლითური რკინაბეტონის საძირკველი ($n=6$ ც.) წერტილოვანი საძირკვლები ერთმანეთთან უნდა დაკავშირდეს რკინაბეტონის რანდკოჭებით. რანდკოჭის განივკვეთია $b \times h = 0.6 \times 0.6$ (მ), ბეტონი B-25 კლასის; - წერტილოვანი საძირკვლის სიმაღლე $h = 1.00$ მ-ს, ბეტონი B-25 კლასის;

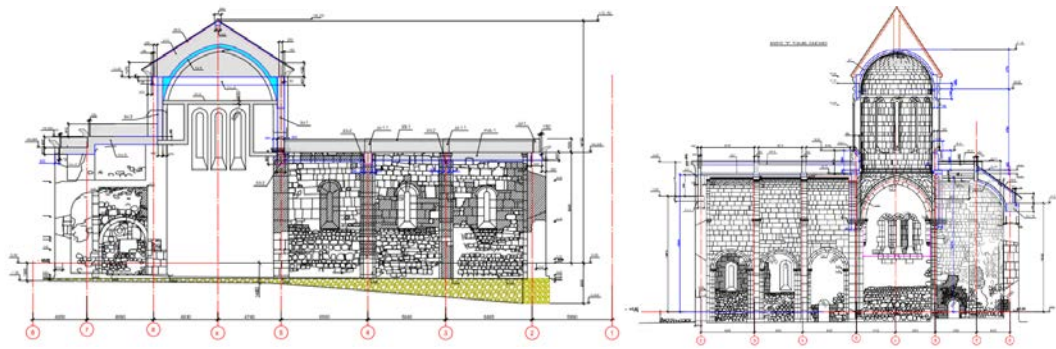
სვეტის კონსტრუქციები

ცალკე მდგომი მონოლითური რკინაბეტონის სვეტები – რთული განივკვეთის ფორმისაა; მათი მონტაჟი უნდა განხორციელდეს საპერანგე ქვების მონტაჟის პარალელურად. ბეტონის ჩაწყობა შესრულდება მშენებლობის ორგანიზაციის და სამუშაოთა წარმოების პროექტის შესაბამისად, მაგრამ ამავედროულად ბეტონის ერთდროული ჩაწყობის სიმაღლემ არ უნდა გადააჭარბოს 1.5 მ-ს. ბეტონი B-25 კლასის.

აღსადაგენ კედლებში ჩაშენებულია მონოლითური რკინაბეტონის სვეტები, რომელთა განივკვეთის სხვადასხვა ფორმის და ზომისაა. ჩაშენებული სვეტები წარმოადგენს დამაკავშირებელ ელემენტს ტაძრის კედლებსა და კარკასს შორის. ჩაშენებულ სვეტსა და არსებულ კედლს შორის კავშირი განხორციელდება არმატურის ანკერების საშუალებით. ბეტონი B-25 კლასის.

ქვების ჩამაგრება

დასამონტაჟებელი საპერანგე და ლავგარდანის ქვების ჩამაგრება განხორციელდება ლითონის ანკერების საშუალებით, პროექტში წარმოდგენილი დეტალების შესაბამისად. კამარების, თაღების და გუმბათის ქვედა ზედაპირი მოეწყობა ხარაჩოების მეშვეობით, რომელზეც ტრადიციული მეთოდით შესაბამისი ანკერებით დალაგდება (იხ. შესაბამისი არქიტექტურული ნახაზები(ნახ.8)) საპერანგე ქვები. შემდეგ მოეწყობა არმირება და მოხდება კონსტრუქციის დაბეტონება.



ნახ.8. ტაძრის ჭრილი

კედლის კონსტრუქციები

კედლის კონსტრუქციებს წარმოადგენენ მონოლითური რკინაბეტონის კედლები და კოჭკედლები, რომელთა სიგანე ცვლადია; მათი მონტაჟი განხორციელდება საპერანგე ქვების მონტაჟის პარალელურად. ბეტონის ჩაწყობა აქაც შესრულდება მშენებლობის ორგანიზაციის და სამუშაოთა წარმოების პროექტის შესაბამისად, მაგრამ ბეტონის ერთდროული ჩაწყობის სიმაღლემ არ უნდა გადააჭარბოს 1.5 მ-ს. გამოვიყენეთ B-25 კლასის ბეტონი.

არსებულ ქვის კედლებში ჩაშენებული კედლის მონოლითური რკინაბეტონის უბნები - სიგანით $b=0.20$ -:- 0.30 (მ); კედლის მონოლითური უბნები წარმოადგენს დამაკავშირებელ კვანძს ტაძრის არსებულ კედლებსა და რკინაბეტონის გადახურვის კონსტრუქციებს შორის. კედლის მონოლითურ უბნებსა და არსებულ ქვის კედლებს შორის კავშირი განხორციელდება არმატურის ანკერების საშუალებით. აქაც გამოყენებულია B-25 კლასის ბეტონი.

გადახურვის კონსტრუქციები

მონოლითური რკინაბეტონის გარსული (კამარის) კონსტრუქციები, სისქით $h=0.25$ და 0.20 (მ); მათი მონტაჟი განხორციელდეს საპერანგე ქვების მონტაჟის შემდეგ. ბეტონის ჩაწყობა შესრულდეს მშენებლობის ორგანიზაციის და სამუშაოთა წარმოების პროექტის შესაბამისად. ბეტონი B-25 კლასის.

სახურავად გამოყენებული იქნება ლორფინის ქვა, რომლის მონტაჟი უნდა განხორციელდეს სახურავის რკინაბეტონის ფილაზე, სისქით 0.16 მ, ბეტონის კლასი B-25.

გუმბათის ყელის და გუმბათის კონსტრუქციები

გუმბათის ყელის კონსტრუქციები ოთხი კოჭკედლის საშუალებით ეყრდნობა ტაძრის ცენტრალურ სვეტებს და საკურთხევლის ნიშის მხრებს კაპიტელების სიბრტყეში. კოჭკედლების სიგანე $b=0.40$ -:- 0.50 მ-ია. გუმბათის კოჭკედლებს აერთიანებს ოთხი აფრა. ამ კონსტრუქციების მონტაჟი განხორციელდება საპერანგე ქვების მონტაჟის შემდეგ. ბეტონის ჩაწყობა შესრულდება მშენებლობის ორგანიზაციის და სამუშაოთა წარმოების პროექტის შესაბამისად, მაგრამ აქაც, როგორც ზემოთ, ბეტონის ერთდროული ჩაწყობის სიმაღლემ არ უნდა გადააჭარბოს 1.5 მ-ს. ბეტონი B-25 კლასისაა.

გუმბათის ყელის კონსტრუქციები წარმოდგენილია ცვალებადი სიგანის ($b=0.67$ -:- 0.38 მ.) მონოლითური რკინაბეტონის წრიული ფორმის კედლის და 12 სვეტისგან კონსტრუქციებით. {რთული ფორმის განივკვეთით $b \times h=0.38(0.55) \times 1.10$ (მ)} ბეტონის ჩაწყობა შესრულდება საპერანგე ქვების მონტაჟის შემდეგ, მშენებლობის ორგანიზაციის და სამუშაოთა წარმოების პროექტის შესაბამისად, მაგრამ ბეტონის ერთდროული ჩაწყობის სიმაღლემ აქაც არ უნდა გადააჭარბოს 1.5 მ-ს. ბეტონი B-25 კლასის.

გუმბათის გარსული კონსტრუქციის რადიუსი $R=4.33$ მ-ია, სისქე $h=0.25$ მ. ბეტონის ჩაწყობა განხორციელდება საპერანგე ქვების მონტაჟის შემდეგ, მშენებლობის ორგანიზაციის და სამუშაოთა წარმოების პროექტის შესაბამისად. გუმბათის გარსულ კონსტრუქციაში ჩამონოლითებულია რადიალურად განლაგებული 6 კედლი და ცენტრალური სვეტი, რომელთა თავზე ჩამაგრებულია გუმბათის სახურავი, რომელიც წარმოდგენილია გეგმაში თორმეტი სამკუთხედის ფორმის რკინაბეტონის ფილისგან, რომელზეც მოეწყობა ლორფინის ქვის სახურავი. სისქე 0.16 მ., ბეტონი B-25 კლასის.

განგარიშება ჩატარდა კომპიუტერული გამოთვლითი კომპლექსის „LIRA SAPR-2016“-ის მეშვეობით, სასრულ ელემენტთა მეთოდის საფუძველზე. საანგარიშო მოდელი სივრცითია (ნახ.9). განგარიშება ჩატარებულია პირველი და მეორე ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით. ლენტური საძირკვლები და სვეტები მოდელირებულია N10 სასრული ელემენტით, კედლები, გარსები, კონქები და აფრები N41, N42 და N44 სასრული ელემენტებით. მშრალი ხახუნის დემპფერის მოდელირება განხორციელდა N55 სასრული ელემენტით. მზიდი ელემენტების სიხისტეები აღებულია საკვლევ-სადიებო მონაცემებზე დაყრდნობით:

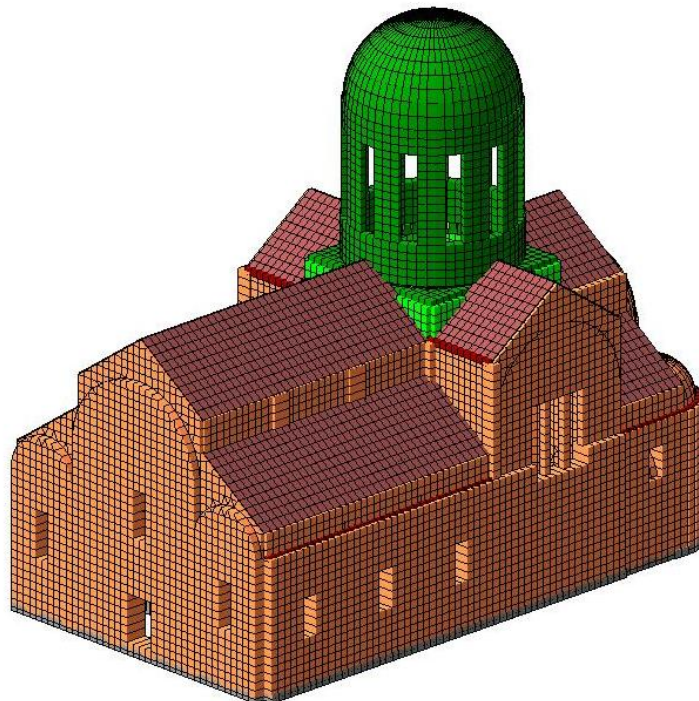
ქვის წყობის საწყისი დრეკადობის მოდული $E=5.2 \times 10^5$ ტ/მ²;

ქვის წყობის პუასონის კოეფიციენტი $\nu=0.25$;

გრუნტის საგების კოეფიციენტი კუმშვაზე $C_1=5000$ ტ/მ³, ძვრაზე $C_2=5000$ ტ/მ.

ქვის კედლების სისქე იცვლება 100—140 სმ-ის ფარგლებში.

საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევის მიხედვით საძირკვლის



ნახ.9. სივრცითი საანგარიშო მოდელი

ფუძედ მიღებულია ძირითადი ქანები, რომლის სიმტკიცის ზღვარის (R_c) მინიმალური მნიშვნელობა შეადგენს 7.7 მპა-ს, ხოლო საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე (R_0) – 1.65 მპა-ს. განხილულია შემდეგი სახის დატვირთვები: სტატიკური მუდმივი, სტატიკური დროებითი ხანგრძლივი (პატრონიკეზე 200 კგ/მ²) და დროებითი ხანმოკლე (თოვლის ნორმა-ტიული დატვირთვა 70კგ/მ²), სეისმური ზემოქმედება (გრძივი, განივი და ვერტიკალური მიმართულებით) სპექტრული მეთოდით. საანგარიშო სეისმურობა არის 8 ბალი.

ცხრილი 1. გაანგარიშების შედეგები - I ვარიანტი (სეისმოდაცვის სისტემის გარეშე)

ნაგებობის წონა: $Q=8290$ ტ;

გადამჭრელი ძალა სეისმიკისგან

სამირკველის დონეზე: X ღერძის გასწვრივ $V_x=363$ ტ;

Y ღერძის გასწვრივ $V_y=677$ ტ;

რხევის საკუთარი პერიოდი: X ღერძის გასწვრივ $T_x=0.53$ წმ;

Y ღერძის გასწვრივ $T_y=0.65$ წმ;

მაქსიმალური გადახრა სეისმიკისგან: X ღერძის გასწვრივ $f_x=18.2$ მმ, (ნახ. 11);

Y ღერძის გასწვრივ $f_y=44.2$ მმ,

(ნახ.12);

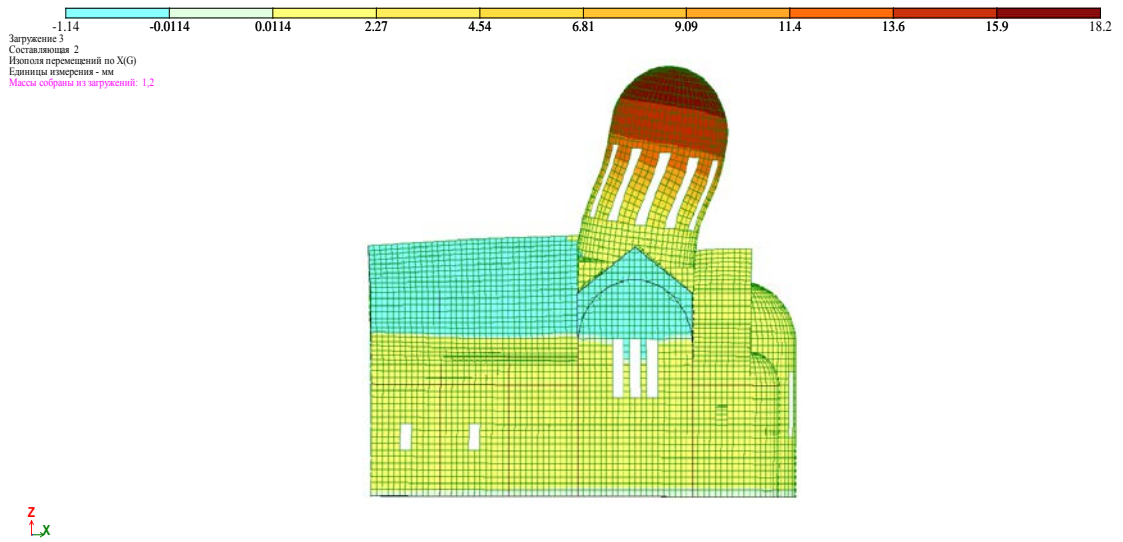
მღუნავი მომენტი სეისმიკისგან

გუმბათის ყელის კედლებში: $M_x=3.43$ ტმ (ნახ. 4), $M_y=6.47$ ტმ

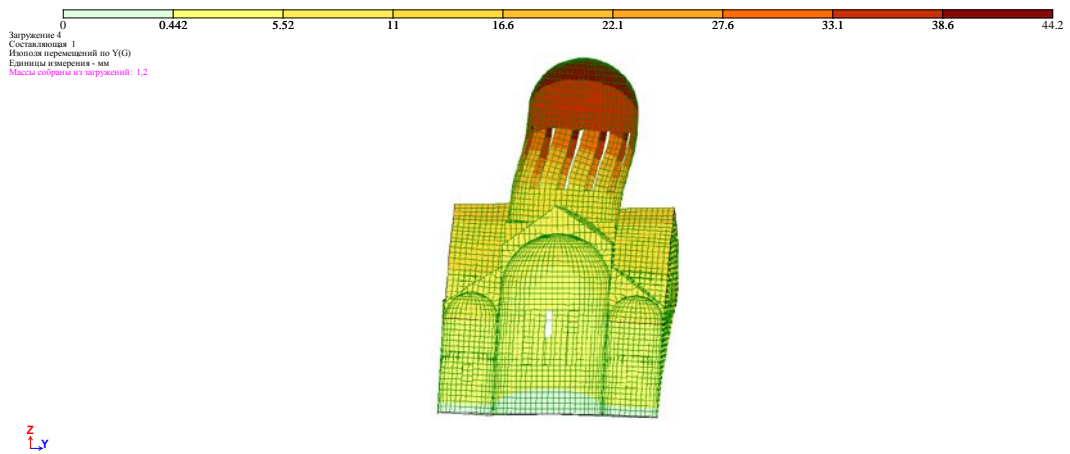
(ნახ.13);

გამჭიმავი ძაბვა სეისმიკისგან

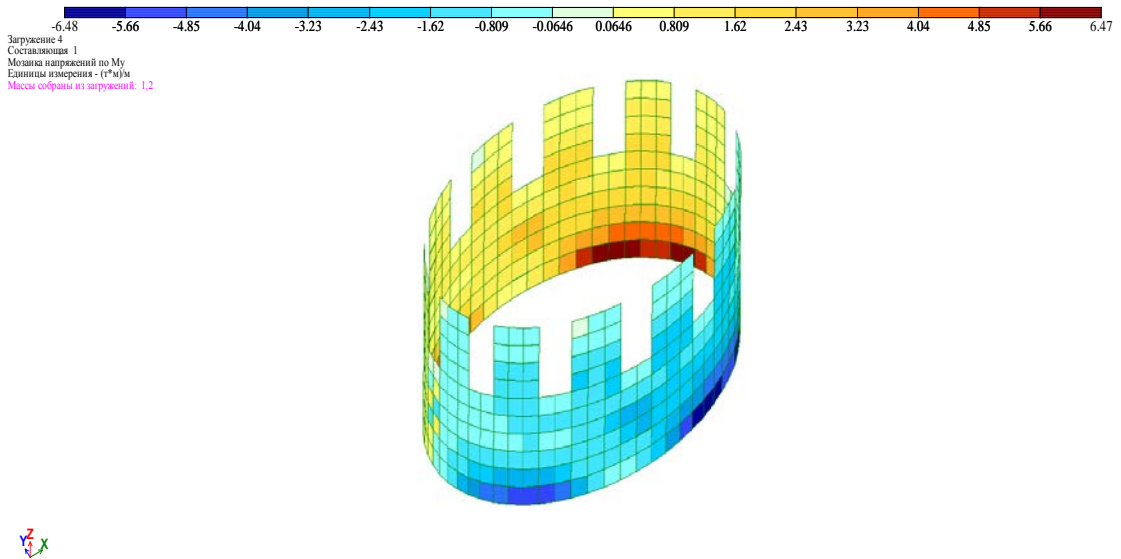
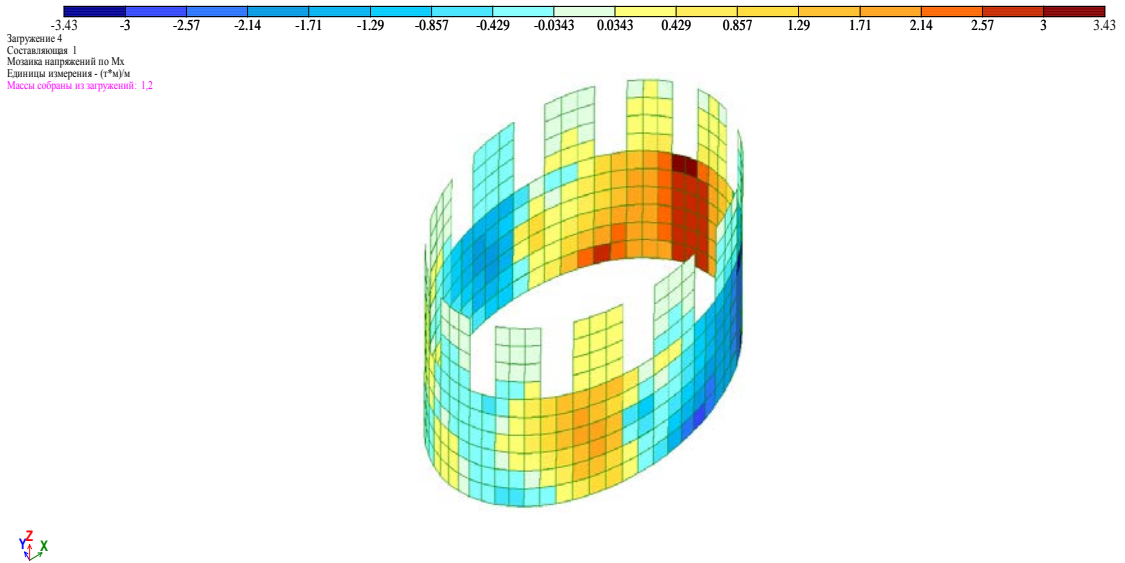
გუმბათის ყელის კედლებში: $s=4.87$ კგ/სმ² (ნახ. 14).



ნახ. 10. გადაადგილებები (X-ის მიმართ)



ნახ. 11. გადაადგილებები (Y-ის მიმართ)



ნახ. 12. Mx და My ძალების მოზაიკა

საანგარიშო მოდელი, პირობითად, ორ ნაწილად შეიძლება წარმოვიდგინოთ: არსებული ქვის კედლები თავისი ლენტური სამირკვლებით და ახალი, რკინაბეტონის ჩონჩხედი. მათ შორის კავშირი ხისტია. არსებული ქვის კედლების წყობის დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობად მიღებულია $E=5.2 \times 10^5 \text{ტ/მ}^2$, პუასონის კოეფიციენტი $=0.25$; გრუნტის საგების კოეფიციენტი: კუმშვაზე $C_1= 5000 \text{ტ/მ}^3$, ძვრაზე $C_2= 7000 \text{ტ/მ}$. კედლების სისქე

იცვლება 100 -:-140 სმ-ის ფარგლებში. რკინაბეტონის ჩონჩხედში: ღეროვანი ელემენტები (სვეტები, სარტყელი) მოდელირებულია #10 სასრული ელემენტით; კედლები, გარსები, გუმბათი და სახურავის კონსტრუქციები – ოთხ და სამ კვანძიანი გარსის ელემენტებით (#41, 42, 44). გაანგარიშებაში განხილულია შემდეგი სახის დატვირთვები: სტატიკური მუდმივი; სტატიკური დროებითი ხანგძლივი (პატრონიკეზე 200 კგძ/მ²) და ხანმოკლე (სახურავზე თოვლის ნორმატიული დატვირთვა 70 კგძ/მ²); ქარის ნორმატიული დატვირთვა (50 კგძ/მ²); საანგარიშო სეისმიურობა არის 8 ბალი. არსებული ქვის კედლების სიმტკიცე შემოწმდა სასრულ ელემენტებში უდიდესი ექვივალენტური გამჭიმავი ძაბვის სიდიდით:

გაანგარიშების შედეგებმა აჩვენა, რომ მაქსიმალური მკუმშავი ძაბვა ქვის წყობაში ტოლია 19.6კგძ/სმ²-ის, ხოლო გამჭიმავი ძაბვა - 2.7კგძ/სმ². მაქსიმალური ძაბვა ლენტური საძირკვლების ფუძეში ტოლია 3.5კგძ/სმ². მაქსიმალური ძაბვა წერტილოვანი საძირკვლების ფუძეში =3.9კგძ/სმ². T - ნაგებობის რხევის საკუთარი პერიოდია გრძივი მიმართულებით (X ღერძის გასწვრივ) T=0.25 წმ, განივი მიმართულებით (Y ღერძის გასწვრივ) T=0.42 წმ. სეისმიური ზემოქმედებისას (გუმბათის) მაქსიმალური გადაადგილება X ღერძის გასწვრივ $F_x=8$ მმ, Y ღერძის გასწვრივ - $F_y=20$ მმ. ჩანს, რომ დემპფერების რაოდენობის და სიხისტეების ოპტიმალურად შერჩევის შემთხვევაში შესაძლებელია გუმბათქვეშა ნაწილსა და გუმბათის ყელის საკონტაქტო ზონაში მღუნავი მომენტების 2.5-ჯერ შემცირება და გამჭიმავი ძაბვების 4-ჯერ შემცირება. აღნიშნული ფაქტორი მნიშვნელოვნად აამაღლებს ჯვარგუმბათოვანი ტაძრების ყველაზე სუსტი ნაწილის მედეგობას ჰორიზონტალურ დატვირთვებზე და შესაბამისად, გაზრდის მთლიანი ტაძრის სეისმომედეგობას.

დასკვნა

1. შემოთავაზებულია ტაძრის გუმბათის ყელის გაძლიერების ახალი ანტისეისმური კონსტრუქციული ღონისძიება, რომელიც უზრუნველყოფს

- მშენებარე და ძველი ტაძრების გუმბათის სიმტკიცესა და მდგრადობას სეისმური დატვირთვების მოქმედებისას;
2. ჩამოყალიბებულია გუმბათის ყელის საყრდენის გაძლიერების მეთოდოლოგია ანტისეისმური ზამბარა-დემპფერის და რეზინა-ლითონის დემპფერის გამოყენებით;
3. მოცემულია გაძლიერებისათვის გამოყენებული დემპფერის დრეკადი ზამბარის სიმტკიცესა და დეფორმაციებზე გაანგარიშების მეთოდოლოგია ზამბარის სიხისტეების გათვალისწინებით;
4. წარმოდგენილია აწყურის ტაძრის აღდგენითი სამუშაოებისათვის ჩატარებული ტექნიკური და სამეცნიერო კვლევების შედეგები: დემპფერიან საანგარიშო მოდელში უდემპფეროსთან შედარებით მნიშვნელოვნად შემცირებულია რხევების სიხშირეები, შესაბამისად ამპლიტუდა და ჰორიზონტალური გადაადგილება.
5. გაძლიერების შემოთავაზებული მეთოდოლოგიით ჩატარებული აღდგენა-გაძლიერების სამუშაოები არ არღვევს ნაგებობის ავთენტურობას და ექსპლუატაციის პერიოდში არ საჭიროებს ანტისეისმური მექანიზმის კონტროლს;
6. გაანგარიშების შედეგებმა გვაჩვენა, რომ დემპფერების რაოდენობისა და სიხისტეების ოპტიმალურად შერჩევის შემთხვევაში, შესაძლებელია გუმბათქვეშა ნაწილსა და გუმბათის ყელის საკონტაქტო ზონაში მდუნავი მომენტების 2-2,5-ჯერ, გამჭიმავი ძაბვების კი 3,5-4-ჯერ შემცირება, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ტაძრის ყველაზე სუსტი გუმბათის ყელის საყრდენი ნაწილის მედეგობას სეისმური დატვირთვების მოქმედებისას.
7. დადგენილია, რომ ორივე ტიპის დემპფერის ერთდროულად გამოყენების შემთხვევაში, მნიშვნელოვანია მათი რაოდენობისა და თანმიმდევრული მონაცვლეობის შეჩვენება; ეფექტი თვალშისაცემია, რადგან ზამბარა-დემპფერები მნიშვნელოვნად შთანთქმავს გუმბათის ყელის და თვით გუმბათის ვერტიკალურ რხევებს, ხოლო რეზინა-დემპფერი ამცირებს სეისმური ძალების ჰორიზონტალურ ზემოქმედებას

Abstract

"Constructive Measures for Restoration and Strengthening of Georgian Cult Monuments"

Georgian cult monuments, in particular Orthodox Christian churches, are a symbol of our nation's identity and spiritual strength. Cultural Heritage - This is the window of the nation into the historical past. That's why it needs to be treated and protected with great care. It is known that Georgia is located in a seismically active zone, that is why earthquakes are frequent here. This natural disaster has damaged our churches and monasteries for centuries, and the restoration of them has been and is important for our ancestors as well as for our generation.

Unlike ordinary buildings, the restoration of cultural heritage monuments must take into account its structural uniqueness. It must be strengthened with great simplicity. The aim of this work is to use seismic measures to restore the domes of damaged temples. Our ancestors used anti-seismic measures in the construction of temples from time immemorial. An example of this is the use of a "swallow's tail", or stone squares in a dry pile. The frames were arranged mainly at the neck of the dome or membrane, where one structural part ends and the other begins - the dome or membrane, because here the hardness changes. This is the place to be dangerous during a seismic impact. My goal is to restore the damaged dome of the temple so that its authenticity is not violated. For this purpose, a computer reporting model was created, the spatial calculation of which was performed using the finite element method using the computational complex "LIRA SAPR-2016". In general, the purpose of the seismic protection system is to reduce the seismic acceleration transmitted from the ground to the building. In our case, the cross-domed temple is structurally divided into two parts - the sub-dome (cross) and the dome itself. The function of the dampers placed between them is to reduce the seismic acceleration transmitted to the part of the dome.

As the analysis of the effects of strong earthquakes show, the contact zone of the temple dome and the dome contact zone is the most damaged and is often the cause of the collapse of the dome. Stretching voltages caused by seismic impacts in this zone are several times greater than the calculated impedance of the stone (brick) pile. Therefore, it is possible to specify the purpose of the dampers offered by us - to minimize the importance of seismic bending moments in this contact zone, which will minimize the importance of stretching voltages. For this purpose, we have selected the Church of the Mother of God of Atskuri, the restoration and strengthening of which is currently underway. **Atskuri Temple** - The church is located in Akhaltsikhe municipality of Samtskhe-Javakheti region. On the territory of Atskuri. The reporting model is spatial. The computational model can be conventionally presented in two parts: the existing stone walls with its ribbon foundations and the new, reinforced concrete skeleton. The connection between them is rigid. The value of the modules of elongation of the existing stone walls is $E = 5.2 \times 10^5 \text{ t / m}^2$, the Poisson ratio is equal to 0.25; Ground sag coefficient: on compression $C_1 = 5000 \text{ t / m}^3$, on shift $C_2 = 7000 \text{ t / m}$. The thickness of the walls

varies within 100 - 140 cm. In reinforced concrete skeletons: stem elements (columns, belt) are modeled with finite element # 10; Walls, membranes, domes, and roof structures – with four- and three-node membrane elements (# 41, 42, 44). The calculation considers the following types of loads: static constant; Static temporary long-term (200 kg / m² on the patronymic) and short-term (normal snow load on the roof 70 kg / m²); Normative wind load (50 kg / m²); Seismic impact (longitudinal, transverse and vertical directions). The calculated seismicity is 8 points. The strength of the existing stone walls was checked by the magnitude of the largest equivalent tensile stress in the finite elements;

As the results of the calculation showed, the maximum compressive voltage in the stone formation = 19.6 kg / cm², and the tensile voltage in the stone formation = 2.7 kg / cm². Maximum voltage at the base of the ribbon foundations = 3.5 kg / cm². Maximum voltage at the base of point foundations = 3.9 kg / cm². T. The period of oscillation of the building in the longitudinal direction (along the X axis) T = 0.25 s, in the transverse direction (along the Y axis) T = 0.42 s. In case of seismic impact (dome), the maximum displacement along the X axis F_x = 8 mm, along the Y axis - F_y = 20 mm. As can be seen from the calculation results, in case of optimal selection of the number and hardness of the dampers, it is possible to reduce the bending moments 2.5 times in the dome part and in the contact zone of the dome neck it reduces the tensile stresses 4 times. This factor will significantly increase the resistance of the weakest part of the cross-domed temples to the horizontal loads and, consequently, increase the seismic resistance of the whole temple.