

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ალექსანდრე თათანაშვილი

კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლთა სეისმომდეგობის
ამაღლება აქტიური სეისმოდამცავი სისტემების საშუალებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

ივლისი, 2018 წელი

საავტორო უფლება © 2018 წელი, ალექსანდრე თათანაშვილი

თბილისი
2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში
სამშენებლო ფაკულტეტი
სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი: ალექსანდრე ლებანიძე

რეცენზენტები: ლერი ზამბახიძე
დავით რამიშვილი

დაცვა შედგება 2018 წლის „12“ ივლისს, 16.⁰⁰ საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო
ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 68^ბ. კორპუსი I
დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს

სწავლული მდივანი

დემური ტაბატაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ალექსანდრე თათანაშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: **„კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლთა სეისმომედეგობის ამაღლება აქტიური სეისმოდამცავი სისტემების საშუალებით“** და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი 12.07.2018 წ

ხელმძღვანელები:

რეცენზენტი:

რეცენზენტი:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2018 წელი

ავტორი: ალექსანდრე თათანაშვილი

დასახელება: „კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლთა

სეისმომდეგობის ამაღლება აქტიური სეისმოდამცავი სისტემების
საშუალებით“

ფაკულტეტი : სამშენებლო ფაკულტეტი

აკადემიური ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა:

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 დაცულ 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

კულტურული მემკვიდრეობის დაცვა ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი პრობლემაა, რომელიც დგას საზოგადოების წინაშე. დღესდღეობით უამრავი ძეგლის სტატუსის მქონე ნაგებობაა საქართველოში ავარიული, რომელთა ღირებულება ფასდაუდებელია. ასეთ ვითარებაში ჩნდება კითხვა, არის თუ არა დაზიანება იმდენად შორს წასული, რომ შეკეთება უკვე შეუძლებელია; უნდა ვაღიაროთ თუ არა ძეგლის სრული განადგურება; თუ ერთადერთი ალტერნატივა რადიკალური განახლება და რეაბილიტაციაა.

ჩვეულებრივი შენობებისაგან განსხვავებით, ისტორიული ნაგებობების აღდგენა-გამლიერებისას ყოველთვის უნდა ვითვალისწინებდეთ როგორც ნივთიერი ქსოვილის არაერთგვაროვნებას, ასევე კონსტრუქციის უნიკალურობას.

თბილისში არსებული კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსის მატარებელი ნაგებობების მდგომარეობის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კონსტრუქციული ელემენტების დაზიანება ძირითადად გამოწვეულია მათზე ატმოსფერული ნალექების ხანგრძლივი ზემოქმედებით და განსაკუთრებით მრავალჯერადი მიწისძვრებით გამოწვეული ფაქტორებით. მათი კონსტრუქციები, როგორც წესი, შესრულებულია ადგილობრივი სამშენებლო მასალებით. იმდროინდელი სამშენებლო ტექნოლოგიები არ იყო საკმარისი მათში, დღეს კარგად ცნობილი, ანტისეისმური ელემენტების მოსაწყობად.

სადისერტაციო ნაშრომში მოყვანილია ცნობები პასიური და აქტიური სეისმოდაცვის, რასაც ჩვენი წინაპრები მიმართავდნენ, ასევე განხილულია შედარებით თანამედროვე ანტისეისმური სისტემები, შეფასებულია მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

ჩვენ ქვეყანაში არსებული კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსის მქონე ნაგებობების მდგომარეობიდან გამომდინარე ძალიან

რთული და სახიფათოა ყველა ავარიული შენობის ერთი ხერხით აღდგენა-გამლიერება. სწორედ ამიტომ აზრები ამ საკითხის მიმართ სხვადასხვაა. თუმცა კანონმდებლობა ძალიან ბევრ ნააზრევს უგულებელყოფს, რადგან ნებისმიერ შემთხვევაში დაუშვებელია ფასადის ავთენტურობის დარღვევა, რაც ყველაზე დიდ პრობლემას ქმნის.

ნებისმიერ განვითარებულ ქვეყანაში, სადაც წარსულის დანატოვარს განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ხშირია შემთხვევა, რომ ავარიულ ნაგებობას უკეთებენ შიდა სივრცის დემონტაჟს და ხდება დარჩენილი ფასადის ნაწილის ადაპტირება ახალ, საპროექტო ნაგებობასთან, რომელიც ისე უნდა იყოს დაპროექტებული, რომ უზრუნველყოს არა მხოლოდ ძველი პერიმეტრის კედლის მზიდუნარიანობა, არამედ მისი სეისმომდეგობის ამაღლებაც. აღნიშნული კონსტრუქციული გადაწყვეტის აქამდე ცნობილი ვარიანტები არ არის სრულყოფილად დახვეწილი, რადგან არსებობს მოსაზრება, რომ ძირითად შენობასთან მაკავშირებელი კვანძი იყოს ხისტად, ან სახსრულად ჩამაგრებული.

ნაშრომში განხილულია მაგალითები, თუ რა შემთხვევაშია გამართლებული აღნიშნული კონსტრუქციული გადაწყვეტები. ასეთი ტიპის მასშტაბური ნაგებობების ხანგრძლივი ექსპლოატაციის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია ინოვაციური ტექნოლოგიების და აქტიური სეისმოდაცვის სისტემების მეტად ჩართულობა.

სამეცნიერო სიახლეს წარმოადგენს მაკავშირებელი სქემა, რომელიც სტატიკურ დატვირთვებს არ გადასცემს არსებულ კედელს, ასევე სეისმური ძალების ზემოქმედების შემთხვევაში უზრუნველყოფს მასზე მოსულ არასასურველი რხევების მილევადობას. მოცემულია ახალი ალტერნატიული კონსტრუქციული სქემა შესანარჩუნებელი ფასადის კედლის და კარკასული შენობის მიერთება ჰორიზონტალური ფრიქციული კავშირების საშუალებით, რომელთა შორის ხახუნის ძალის უზრუნველსაყოფად მოთავსებულია პოლიურეთანის მასა.

არსებული ფასადის კედლის და ახალი ნაგებობის შეერთების (დაკავშირების) სამი თეორიულად შესაძლო ვარიანტი არსებობს: 1. კავშირის გარეშე; 2. ხისტი კავშირით; 3. არახისტი (მოქნილი) კავშირით.

პირველი ვარიანტი (კავშირის გარეშე) პრაქტიკულად მიუღებელია, ვინაიდან ცალკემდგომ აგურის კედელში ზენორმატიული გადახრის გამო სეისმური ზემოქმედებისას აღძვრება დიდი გამჭიმავი ძაბვები, რამაც კედლის დაზიანება და შესაძლოა, ნგრევაც გამოიწვიოს.

იმ მიზნით, რომ დაგვედგინა, დანარჩენი ორი ვარიანტიდან რომელს შეიძლება მიენიჭოს უპირატესობა, ჩვენს მიერ ჩატარდა გაანგარიშება გამოთვლითი კომპლექსის „LIRA SAPR-2016“-ის საშუალებით.

მზიდი კონსტრუქციების სიხისტეები, დატვირთვები და სასაზღვრო პირობები ორივე ვარიანტში იდენტურია. განსხვავებულია მხოლოდ შეერთების კვანძის მოდელი - პირველ შემთხვევაში იგი ხისტია, ხოლო მეორე შემთხვევაში - არახისტი (ფრიქციული კავშირის ანალოგი).

ამ ორი ვარიანტის გაანგარიშების შედეგების ანალიზისას შეფასების კრიტერიუმებად მივიღეთ: 1. აგურის კედლის მაქსიმალური ჰორიზონტალური გადაადგილება სეისმური ზემოქმედებისას; 2. მაქსიმალური გამჭიმავი ძაბვა აგურის კედელში სეისმური ზემოქმედებისას; 3. მაქსიმალური გადამჭრელი ძალა აგურის კედელში სეისმური ზემოქმედებისას; 4. მაქსიმალური მღუნავი მომენტი აგურის კედელში სეისმური ზემოქმედებისას.

აღნიშნული ანგარიშებიდან მიღებული შედეგების ანალიზით შეიძლება თამამად ითქვას, რომ ახალი ტიპის ჰორიზონტალური ფრიქციული კავშირები ძალიან მნიშვნელოვნად გაამარტივებს იმ პრობლემურ საკითხებს, რაც დღესდღეობით დგას კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსის მქონე ნაგებობების რეკონსტრუქციისას.

Abstract

Protection of the cultural heritage is one of the most important problems for the modern society. Today, there are a great many invaluable structures in Georgia having a status of a monument in Georgia and being under the threat of collapse. An immediate question arising under such circumstances is whether the damage has or has not gone too far to be repaired; whether the fact of total destruction of a monument should or should not be acknowledged; or whether fundamental renovation and rehabilitation is the sole option to rescue the monument.

Unlike ordinary buildings, when rehabilitating or strengthening historical buildings, we must always bear in mind both, the homogeneity of their material embodiment and unique nature of their structure.

The analysis of the structures with the status of cultural heritage found in Tbilisi evidences that the damage of structural elements is mostly caused by a long-term influence of atmospheric precipitations on them and first of all, by the factors caused by frequent earthquakes. The structures of cultural monuments are generally constructed with local building materials. The construction techniques of the times the monuments are dated by were not sufficient to provide the structures with anti-seismic elements, which are well known today.

The dissertation work gives the data about the passive and active seismic protection used by our ancestors, considers relatively modern anti-seismic systems and evaluates their advantages and disadvantages.

Following the state of the structures with the status of a monument of cultural heritage in our country, it is very difficult and dangerous to rehabilitate or reinforce all hazardous buildings by using a single method. This is why the views in this respect differ. However, the legislation disclaims a great many ideas, as in any case, it is inadmissible to disturb the authenticity of the building façade. Virtually, this is the most problematic issue.

Any developed country paying due attention to the heritage of the past, quite often applies the method of demolishing an interior of a hazardous structure and adapting the survived façade to the new project structure. The latter must be designed in the way as not only to guarantee the bearing capacity of the walls along the former perimeter, but also to improve the seismic resistance of the walls. The options of the said structural solution are not ultimately perfect, because there is a opinion suggesting

that a connecting unit of the main structure must be either rigid, or with an articulated joint.

The work gives examples when the above-said structural solutions are justified. In order to ensure long-term exploitation of such large structures, innovative technologies and active seismic protection systems are to be employed more intensely.

The connecting scheme, which prevents the transfer of static loads to the existing wall and ensures the suppression of undesirable oscillations to prevent their impact on the wall, is a scientific novelty. A new alternative structural plan of retaining the façade wall to be maintained and frame building with friction links, with polyurethane mass placed between them to ensure the force of friction is proposed.

Theoretically, there are three options to connect the existing façade wall and the new building: (1) no connection, (2) rigid connection, and (3) non-rigid (elastic) connection.

The first option (no connection) is in fact unacceptable, as due to the above-standard deviation in the isolated brick wall under the seismic impact, intense stretching forces arise what may lead to the damage or even destruction of the wall.

In order to identify the better option of the other two options, we made calculations by means of computing complex „LIRA SAPR-2016”.

Rigidity, loads and boundary conditions of the bearing structures are identical with both options. Only the model of the connection nodule differs: it is rigid in the first instance and it is non-rigid in the second case (an analog to the frictional connection).

When evaluating the analysis of the results of the calculation of the two options, we considered the following as the criteria: (1) maximum horizontal displacement of the brick wall under the seismic impact, (2) maximum tension force in the brick wall under the seismic impact, (3) maximum intersecting force in the brick wall under the seismic impact, and (4) maximum bending moment in the brick wall under the seismic impact.

Based on the analysis of the mentioned calculations, we can baldly state that the frictional connections of a new type will much simplify the modern problematic issues associated with the reconstruction of the structures with the status of a monument of cultural heritage.

სარჩევი

შესავალი-----	17
თავი I. კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლთა ზოგადი მიმოხილვა---	22
1.1 თბილისში არსებული ავარიული შენობა-ნაგებობები-----	25
1.2 წარსულში მომხდარი დამანგრეველი მიწისძვრები -----	28
თავი II. საკითხის დასმა, ლიტერატურის მიმოხილვა სეისმოდაცვის არსებული მეთოდები -----	31
2.1. სეისმოიზოლაციური სისტემები -----	35
2.1.1. კინემატიკური საყრდენების -----	36
2.1.2. დაკიდულსაყრდენიანი სისტემები -----	36
2.2. ადაპტაციური სისტემები -----	39
2.2.1. განრთვადკავშირებიანი სისტემების -----	39
2.2.2. ჩართვადკავშირებიან სისტემებს -----	40
2.3. დემპფირებადი სისტემები -----	40
2.3.1. ბლანტი დემპფერი -----	40
2.3.2. მშრალი ხახუნის დემპფერი -----	42
2.4. სისტემები რხევის ჩამხშობთა გამოყენებით -----	44
2.4.1. დინამიკური რხევის ჩამხშობი -----	44
თავი III. საქართველოში არსებული ძეგლის სტატუსის მქონე ავარიული ნაგებობების რეკონსტრუქციისას მიღებული კონსტრუქციული გადაწყვეტები -----	46
3.1 შესანარჩუნებელი ფასადის კედლის ადაპტირება (ახალ) საპროექტო ნაგებობასთან ხისტად მიერთების შემთხვევაში -----	46
3.1.1 ხისტად მიერთების შემთხვევაში, მაგალითი 1 -----	46
3.1.2 ხისტად მიერთების შემთხვევაში, მაგალითი 2 -----	56
3.2 შესანარჩუნებელი ფასადის კედლის ადაპტირება (ახალ) საპროექტო ნაგებობასთან სახსრულად მიერთების შემთხვევაში -----	59

თავი IV. შესანარჩუნებელი ფასადის კედლის დაკავშირება	71
ჰორიზონტალური ფრიქციული კავშირების საშუალებით -----	
4.1 ახალი ტიპის ფრიქციული კონსტრუქცია -----	71
4.2 აღნიშნული კონსტრუქციის სამონტაჟო ტექნოლოგია -----	76
4.3 გაანგარიშება ხისტად და ფრიქციული კავშირებით მიერთების შემთხვევაში -----	83
4.3.1 ხისტად მიერთების შემთხვევა, ვარიანტი I -----	84
4.3.2 ფრიქციული კავშირებით, ვარიანტი II -----	87
ძირითადი დასკვნები -----	90
გამოყენებული ლიტერატურა -----	92

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. მიღებული შედეგები -----	89
-----------------------------------	----

ნახაზების ნუსხა

2.1 რეზინა-ლითონის საყრდენით შენობის სეისმოიზოლაცია -----	35
2.2 კინემატიკური საყრდენებით შენობის სეისმოიზოლაცია -----	36
2.3 დაკიდულსაყრდენებიანი საძირკველი -----	37
2.4 მოსრიალე ქამრის ელემენტთა სქემა -----	38
2.5 სეისმოდაცვის ადაპტაციური სესტემები -----	39
2.6 ბლანტი დემპფერის სქემა -----	41
2.7 პლასტიკური დეფორმაციის უნარიანი ელემენტის მქონე რხევის ჩამხშობი -----	42
2.8 შენობის სეისმოიზოლაცია ფრიქციული დიაფრაგმებით -----	43
2.9 დარტყმითი რხევის ჩამხშობი -----	44
2.10 რხევის დინამიკური ჩამხშობები -----	45
3.1 ძალოვანი ხარაჩოების სქემა -----	49
3.2 კედლის დასაჭერი ლითონის კარკასი -----	50
3.3 ძალოვანი ხარაჩოს მიერთების დეტალები -----	51
3.4 ძალოვანი ხარაჩოს საძირკველი -----	52
3.5 არსებული კედლის დაკავშირება საპროექტო ნაგებობასთან -----	53
3.6 შემაკავშირებელი არმატურის სივრცული კარკასი -----	54
3.7 არსებული კედლის საპროექტო შენობის გადახურვის ფილის კვანძი 1 და კვანძი 2 -----	55
3.8 ფოლადის სარტყელის მოწყობა არსებულ კედელზე ხედი 1 -----	60
3.9 ფოლადის სარტყელის მოწყობა არსებულ კედელზე ხედი 2 -----	61
3.10 ფოლადის სარტყელის მოწყობა არსებულ კედელზე ხედი 3 -----	62
3.11 ხარაჩოს სივრცული სქემა -----	63
3.12 ხიმინჯების განლაგების სქემა -----	64
3.13 კედლის დაჭერა ნარანდებით -----	65
3.14 არსებულ კედელში გადახურვის ფილის შეერთების დეტალები ---	67
3.15 გადახურვის ფილის სახსრულად დაკავშირება არსებულ კედელთან -----	68

4.1 არსებული კედლისა და საპროექტო ნაგებობის დაკავშირება ჰორიზონტალური ფრიქციული კავშირების საშუალებით (ვარიანტი 1) -	73
4.2 კვანძი 1 -----	74
4.3 კვანძი 2 -----	75
4.4 კვანძი 3 -----	76
4.5 არსებული კედლისა და საპროექტო ნაგებობის დაკავშირება ჰორიზონტალური ფრიქციული კავშირების საშუალებით (ვარიანტი 2)	78
4.6 კვანძი 4 -----	79
4.7 კვანძი 5 -----	80
4.8 კვანძი 6 -----	81
4.9 საანგარიშო მოდელი -----	83

სქემების ნუსხა

2.1 შენობათა აქტიური სეისმოდაცვის სისტემების კლასიფიკაცია -----	34
4.1 გადაადგილება ხისტი მიერთების შემთხვევაში -----	78
4.2 გამჭიმავი ძაბვა ხისტი მიერთების შემთხვევაში -----	79
4.3 განივი ძალა ხისტი მიერთების შემთხვევაში -----	79
4.4 მღუნავი მომენტი ხისტი მიერთების შემთხვევაში -----	80
4.5 გადაადგილება ფრიქციული კავშირებით მიერთების შემთხვევაში --	81
4.6 გამჭიმავი ძაბვა ფრიქციული კავშირებით მიერთების შემთხვევაში -	81
4.7 განივი ძალა ფრიქციული კავშირებით მიერთების შემთხვევაში -----	81
4.8 მღუნავი მომენტი ფრიქციული კავშირებით მიერთების შემთხვევაში -----	82

სურათების ნუსხა

სურათი 1.1. რუკა 1 -----	2
სურათი 1.2. რუკა 2 -----	23
სურათი 1.3. რუკა 3 -----	23
სურათი 1.4. კოტე აფხაზის ქუჩა (კარვასლა) -----	25
სურათი 1.5. ავარიული შენობა 1 -----	25
სურათი 1.6. ავარიული შენობა 2 -----	26
სურათი 1.7. ავარიული შენობა 3 -----	26
სურათი 1.8. ავარიული შენობა 4 -----	27
სურათი 1.9. ავარიული შენობა 5 -----	27
სურათი 3.1 ნოტარიუსთა პალატის შენობა -----	47
სურათი 3.2 შვეიცარიის საელჩო -----	56
სურათი 3.3 შიდა სივრცის დემონტაჟი -----	57
სურათი 3.4 საძირკვლის გამაგრება -----	58
სურათი 3.5 რეკონსტრუქციის შემდგომი იერსახე -----	69

შესავალი

თემის აქტუალობა: კულტურული მემკვიდრეობის დაცვა ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი პრობლემაა, რომელიც დგას საზოგადოების წინაშე. ბოლო ათწლეულების განმავლობაში შეიქმნა კრიტიკული სიტუაცია, როდესაც კულტურულ მემკვიდრეობას უფრო და უფრო ემუქრება განადგურება. განსაკუთრებული ზიანი ადგებათ საუკუნოვანი ტრადიციის მქონე შენობა-ნაგებობებს, რომელთა არსებობა მთლიანად მუდმივ მოვლაზეა დამოკიდებული. ასეთ ვითარებაში ჩნდება კითხვა, არის თუ არა დაზიანება ისე შორს წასული, რომ შეკეთება უკვე შეუძლებელია; უნდა ვაღიაროთ თუ არა ძეგლის სრული განადგურება; თუ ერთადერთი ალტერნატივა რადიკალური განახლება და რეაბილიტაციაა. ჩვეულებრივი შენობებისაგან განსხვავებით, ისტორიული ნაგებობების აღდგენა-გამლიერებისას ყოველთვის უნდა ვითვალისწინებდეთ როგორც ნივთიერი ქსოვილის არაერთგვაროვნებას, ასევე კონსტრუქციის უნიკალურობას.

ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების თანამედროვე მეთოდიკა საჭიროებს მუდმივი დაკვირვების, შეფასების, პროგნოზის და კულტურული მემკვიდრეობის მართვის სისტემების არსებობას, რომლის ჩატარება უნდა ხორციელდებოდეს წინასწარ შემუშავებული პროგრამით. ამისათვის აუცილებელია ყველა ძეგლის სისტემური მონიტორინგი და კვლევა. საჭიროა ტექნიკური მდგომარეობის შეფასებისათვის ჩატარებული კვლევების შედეგების სისტემური შემუშავება, მისი ანალიზური დამუშავებისათვის.

თბილისში არსებული კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების მდგომარეობის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კონსტრუქციული ელემენტების დაზიანება ძირითადად გამოწვეულია მათზე ატმოსფერული ნალექების ხანგრძლივი ზემოქმედებით და განსაკუთრებით მრავალჯერადი მიწისძვრებით გამოწვეული ფაქტორებით. კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების ნაგებობების კონსტრუქციები, როგორც წესი, შესრულებულია ადგილობრივი სამშენებლო მასალებით. იმდროინდელი სამშენებლო

ტექნოლოგიები არ იყო საკმარისი მათში, დღეს კარგად ცნობილი, ანტისეისმური ელემენტების მოსაწყობად.

დისერტაციის მიზანს წარმოადგენს: კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების და ზოგადად, ისტორიული ღირებულების მქონე ნაგებობების გეგმიური კვლევა, მათი მომავალი ექსპლოატაციის პირობების შეფასება, ეფექტური და უსაფრთხო კონსტრუქციული გადაწყვეტები, იერსახის ავთენტურობის სრული დაცვით ავარიული შენობების შიდა შიდა კონსტრუქციების დემონტაჟი და ჩანაცვლება ახალი რ/ბ. კონსტრუქციული ელემენტებით, მისი ფასადის შენარჩუნებით. არსებული შესანარჩუნებელი ფასადის ნაწილის და ახალი საპროექტო შენობის მაკავშირებელ კონსტრუქციებში სეისმოდამცავი სისტემების მოწყობა. ღირებულების და ეკონომიურობის შეფასება. ჩატარებული კვლევის საფუძველზე საქართველოში შეიქმნას ისეთ სეისმომედეგ კონსტრუქციათა სისტემა, რომელიც საანგარიშო მიწისძვრის ინტენსივობას გაუძლებს, არ გამოიწვევს ადამიანთა მსხვერპლს და მატერიალურ ზარალს.

ექსპერიმენტული კვლევის ამოცანაა: შესანარჩუნებელი კედლის მაკავშირებელი კონსტრუქციული ელემენტების ჩამაგრება საპროექტო (ახალ) ნაგებობასთან ხისტად და ფრიქციული კავშირების საშუალებით.

მეცნიერული სიახლე: ნაშრომში განხილულია კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსის მქონე ნაგებობების რეკონსტრუქციისას არსებული, შესანარჩუნებელი პერიმეტრის კედლის მიერთების სხვადასხვა ვარიანტები საპროექტო ნაგებობასთან, კონსტრუქციული გადაწყვეტების დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

ძირითად მეცნიერულ სიახლეს წარმოადგენს შემოთავაზებული ახალი ტიპის მაკავშირებელი კონსტრუქციული სქემა, რომელშიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სეისმოდამცავი ღონისძიებები.

მიღებული შედეგების პრაქტიკული ღირებულება: სადისერტაციო ნაშრომში ჩატარებული კვლევები და სიახლეები გვამღებს იმის საფუძველს, რომ მოცემული მეთოდის დანერგვა და პრაქტიკული განხორციელება

მნიშვნელოვნად გაამარტივებს და აღმოფხვრავს იმ პრობლემებს, რაც ძეგლის სტატუსის მქონე ნაგებობების რეკონსტრუქციისას წარმოიშვება. აქტიური სეისმოდამცავი სისტემების გამოყენება მსგავსი ტიპის ნაგებობების აღდგენისას უზრუნველყოფს უამრავი ავარიული ნაგებობის ალტერნატიული გზით ჩანაცვლებას, მისი იერსახის მაქსიმალურად შენაჩუნებით. აღნიშნული მეთოდით ჩანაცვლება არქიტექტორებს მისცემს საშუალებას ნაგებობის შიდა სივრცის სურვილისამებრ დაგეგმარებაში, ნებისმიერი მიზნის განსახორციელებლად. საბოლოოდ, უსარგებლო, ავარიული ნაგებობების მაგივრად, მივიღებთ თანამედროვე სტანდარტებით აღდგენილ ძეგლს, რომლის ხანგრძლივი ექსპლოატაცია გარანტირებული იქნება.

სამუშაოს მოცულობა: სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლისაგან, ოთხი თავისაგან, დასკვნა რეკომენდაციებისა და გამოყენებული ლიტერატურისაგან. იგი წარმოდგენილია 100 გვერდზე, შეიცავს 30 ნახაზს, 14 სურათს, 1 ცხრილს, 9 სქემას, ძირითად დასკვნებსა და გამოყენებულ ლიტერატურას.

პირველი თავი - ეხება კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლთა ზოგად მიმოხილვას, სადაც საუბარია იმ ძირეულ პრობლემებზე და მათი გადაჭრის აუცილებლობაზე, რამაც დროის გარკვეულ ეტაპებზე მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენა ჩვენი წინაპრების დანატოვარს. ასევე საუბარია სეისმური ზემოქმედებების შედეგად მიყენებულ დაზიანებებზე და მათი აღმოფხვრის გზებზე, რასაც ჩვენი წინაპრები საუკუნეების მანძილზე მიმართავდნენ.

მეორე თავში - წარმოდგენილია ფართოდ გამოყენებადი ნაგებობათა აქტიური სეისმოდამცავი სისტემების კლასიფიკაცია. როგორც ირკვევა, აქტიური სეისმოდამცავის საშუალებათა ეფექტური გამოყენებით შესაძლებელია ნაგებობის სეისმური დატვირთვის ორ-სამჯერ შემცირება, რაც საშუალებას იძლევა გაანგარიშება ჩატარდეს ერთი ბალით ნაკლებ სეისმურ ზემოქმედებაზე. როგორც წესი, სეისმოდამცავის თითოეულ სისტემას ნაგებობის კონსტრუქციის, მისი სართულების რაოდენობის, მოსალოდნელი მიწისძვრის ხასიათის და სხვა ფაქტორთა გათვალისწინებით გამოყენების განსაზღვრული

სფერო აქვს. ჩვენი მიზანია აქტიური სეისმოდაცვის არსებული სისტემებიდან თითოეული მათგანის დადებითი და უარყოფითი მხარეების შეფასება.

მესამე თავში - მოყვანილია მაგალითები თუ რა კონსტრუქციული გადაწყვეტებით ხორციელდება დღესდღეობით ძეგლის სტატუსის მქონე, ავარიული ნაგებობების რეკონსტრუქცია, უფრო კონკრეტულად ყურადღება გამახვილებულია იმ ძირეულ და ყველაზე რთულად გადასაჭრელ პრობლემაზე, რომელიც უკავშირდება ავარიული ნაგებობის შიდა სივრცის დემონტაჟის შემდგომ დარჩენილ, შესანარჩუნებელი ფასადის კედლის და ახალი საპროექტო ნაგებობის ადაპტირებას.

მეოთხე თავში - მოცემულია ახალი ალტერნატიული კონსტრუქციული სქემა შესანარჩუნებელი ფასადის კედლის და კარკასული შენობის მიერთება ჰორიზონტალური ფრიქციული კავშირების საშუალებით. კომპიუტერული ექსპერიმენტის გაანგარიშების საფუძველზე შედარებულია შედეგები ხისტად დაკავშირებულის და აღნიშნული ახალი ტიპის სეისმოდამცავი ელემენტების.

სადისერტაციო ნაშრომის ბოლოში მოცემულია საერთო დასკვნები და რეკომენდაციები, მიღებული შედეგების პრაქტიკაში გამოყენების მიზნით. მოყვანილია ასევე გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალი.

სადისერტაციო ნაშრომში ჩატარებული კვლევები ასახულია შემდეგ სამეცნიერო შრომებში:

1. ნ. ბახტაძე, ო. გიორგიშვილი, ა. თათანაშვილი, ი. სალუქვაძე - შენობა-ნაგებობათა თიხოვანი გრუნტებისაგან წარმოდგენილი ფუძეების გამლიერების თანამედროვე მეთოდები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“ ISSN 1512-0120 №4(76), თბილისი 2015;

2. ი. სალუქვაძე, ა. თათანაშვილი, ნ. ბახტაძე, ო. გიორგიშვილი - კატალიზატორის ტექნოლოგიის გამოყენებით პოლიმერ ელვალლით მოდიფიცირებული ბიტუმის წარმოების სამუშაო ინსტრუქციები; სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“ ISSN 1512-0120 #4(75), თბილისი 2015;

3. ა. თათანაშვილი, ი. სალუქვაძე, ნ. ბახტაძე - ორთოგონალური სტრუქტურული ქსელის მქონე ვანტური სახურავების ფორმაწარმოქმნის პრინციპი ჰიპერბოლურ პარაბოლოიდზე. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“ #4(75), თბილისი 2015;

4. მ. ლორთქიფანიძე, ო. გიორგიშვილი, ი. სალუქვაძე, ნ. ბოჭორიშვილი, ა. თათანაშვილი, თ. ნინიძე - ადგილობრივ საშენ მასალებზე დამზადებული დანამატიანი სამშენებლო მასალების თვისებების კვლევა და დანერგვა სამშენებლო წარმოებასა და საავტომობილო გზების ინფრასტრუქტურაში. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“ #4(80), თბილისი 2016;

5. Aleksandre Tatanashvili - Improvement of Seismic Stabiliti of Cultural Monuments through Installation of Active Seismic Protective Sitems. International scholarly and scientific research and innovation; Eissn-1307-6892 may 10-11, 2018 amsterdam the Netherlands;

6. ალექსანდრე თათანაშვილი - რკინაბეტონის კონსტრუქციაში ბზარების წარმოქმნა და მათი გამოკვლევის მეთოდები. საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი სტუდენტთა მე-10 საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია 2016;

7. Aleksandre Tatanashvili - Improvement of Seismic Stabiliti of Cultural Monuments through Installation of Active Seismic Protective Sitems. International research conference proceedings; Eissn-1307-6892 may 10-11, 2018 amsterdam the Netherlands.

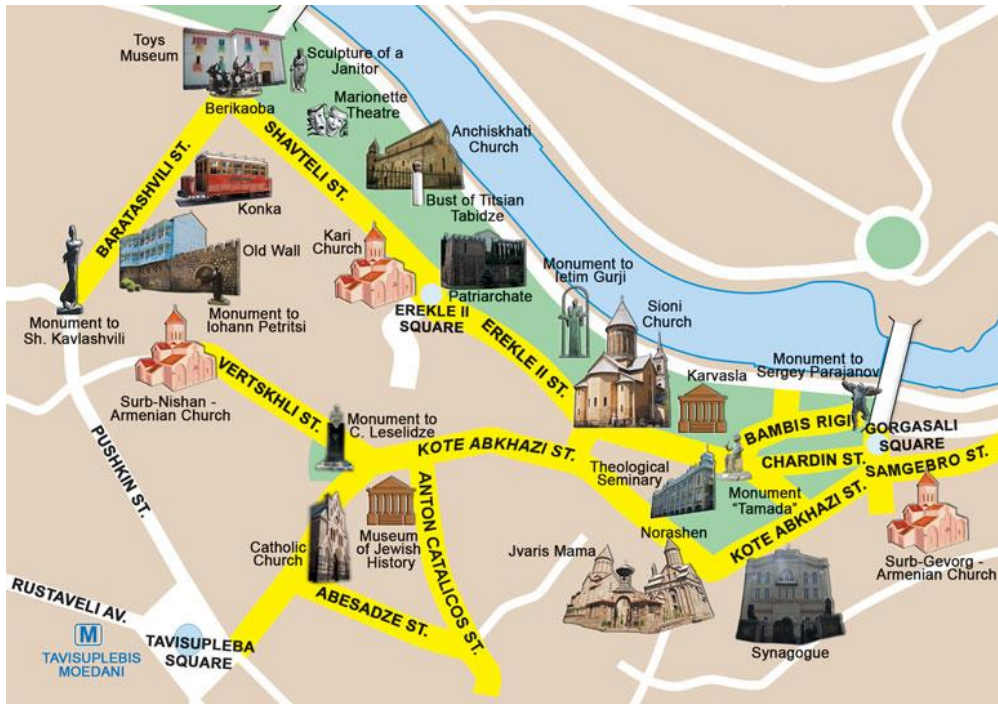
თავი I კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლთა ზოგადი მიმოხილვა

„კულტურული მემკვიდრეობა ის ფასეულობაა, რომელიც წარსულთან გვაკავშირებს, აწმყოსთვის მყარ საყრდენს გვაძლევს და მომავლისკენ გზას გვიკვალავს“.

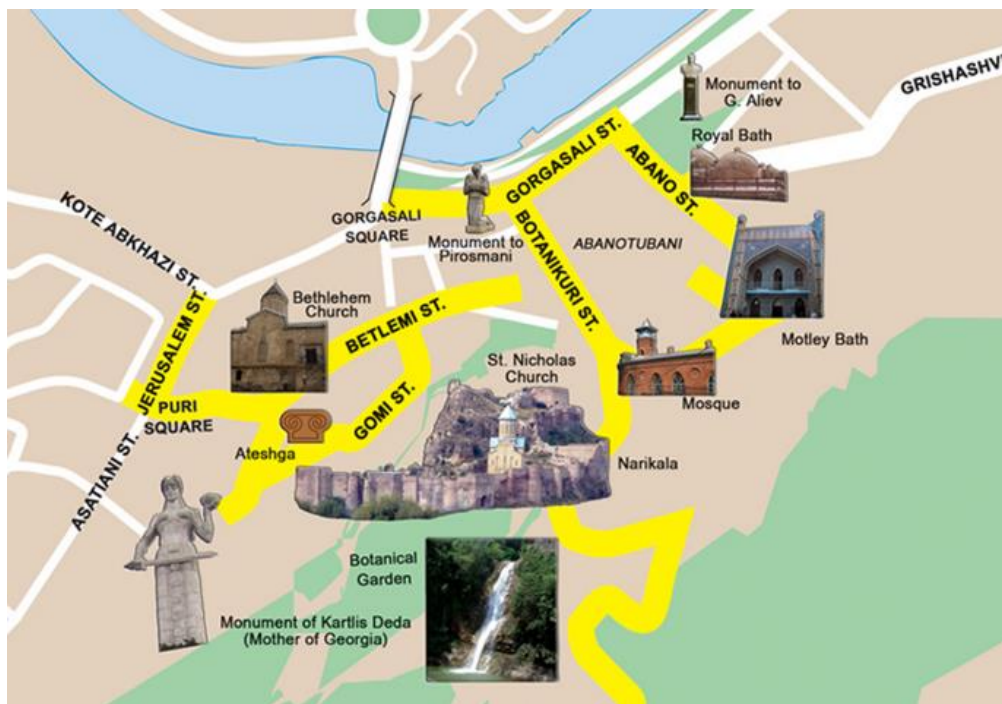
საქართველოს კულტურული მემკვიდრეობის დაცვა და განვითარება უძველეს ისტორიაში იღებს სათავეს. ძეგლთა დაცვის სფერომ კი როგორც დარგმა ჩამოყალიბება XIX საუკუნეში დაიწყო. ამ პერიოდში უკვე ცალკეული მეცნიერები და საზოგადო მოღვაწეები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების შესწავლისა და დაცვის საქმეში – აყალიბებენ სხვადასხვა გაერთიანებებს, საზოგადოებებსა და ორგანიზაციებს. მიზანად ისახავენ შემორჩენილ სიძველეთა თავმოყრას, შენარჩუნებას, კვლევასა და დაცვას.



სურათი 1.1 რუკა 1



სურათი 1.2 რუკა 2



სურათი 1.3 რუკა 3

სურ. 1.1, 1.2 და 1.3-ზე წარმოდგენილია თბილისის რამოდენიმე უბანში არსებული კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების ამსახველი რუკები. აღსანიშნავია თუ რამდენად მდიდარია ჩვენი ქვეყანა ისტორიული ღირებულების მქონე ნაგებობებით, მათი სიახლოვე ცხადყოფს ამ ყოველივეს.

კულტურული მემკვიდრეობის დაცვა ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი პრობლემაა, რომელიც დგას საზოგადოების წინაშე. ბოლო ათწლეულების განმავლობაში შეიქმნა კრიტიკული სიტუაცია, როდესაც კულტურულ მემკვიდრეობას უფრო და უფრო ემუქრება განადგურება. განსაკუთრებული ზიანი ადგებათ საუკუნოვანი ტრადიციის მქონე შენობა-ნაგებობებს, რომლის არსებობა მთლიანად მუდმივ მოვლაზეა დამოკიდებული. ასეთ ვითარებაში ჩნდება კითხვა, არის თუ არა დაზიანება ისე შორს წასული, რომ შეკეთება უკვე შეუძლებელია; უნდა ვაღიაროთ თუ არა ძეგლის სრული განადგურება, თუ ერთადერთი ალტერნატივა რადიკალური განახლება და რეაბილიტაციაა. ჩვეულებრივი შენობებისაგან განსხვავებით, ისტორიული ნაგებობების აღდგენა-გაძლიერებისას ყოველთვის უნდა ვითვალისწინებდეთ როგორც ნივთიერი ქსოვილის, ასევე კონსტრუქციის უნიკალურობას. შესაბამისად, ძირითად ამოცანას წარმოადგენს კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის დაზიანებული კონსტრუქციული ელემენტების მზიდუნარიანობის აღდგენა, მისი პირველადი იერსახის მაქსიმალურად შენარჩუნებით.

ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების თანამედროვე მეთოდიკა საჭიროებს მუდმივი დაკვირვების, შეფასების, პროგნოზის და კულტურული მემკვიდრეობის მართვის სისტემების არსებობას, რომლებიც ჩატარდება წინასწარ შემუშავებული პროგრამით. ამისათვის აუცილებელია ყველა ძეგლის სისტემური მონიტორინგი და კვლევა. საჭიროა ტექნიკური მდგომარეობის შეფასებისათვის ჩატარებული კვლევების შედეგების სისტემური შემუშავება, მისი ანალიზური დამუშავებისათვის.

1.1 თბილისში არსებული ავარიული შენობა-ნაგებობები

თბილისში არსებული კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების მდგომარეობის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კონსტრუქციული ელემენტების დაზიანება ძირითადად გამოწვეულია მათზე ატმოსფერული ნალექების ხანგრძლივი ზემოქმედებით და განსაკუთრებით მრავალჯერადი მიწისძვრებით გამოწვეული ფაქტორებით. კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლების ნაგებობების კონსტრუქციები, როგორც წესი, შესრულებულია ადგილობრივი სამშენებლო მასალებით. იმდროინდელი სამშენებლო ტექნოლოგიები არ იყო საკმარისი მათში, დღეს კარგად ცნობილი, ანტისეისმური ელემენტების მოსაწყობად.



სურათი 1. 4. (კოტე აფხაზის ქუჩა, ქარვასლა)



სურათი 1.5
ავარიული შენობა 1



სურათი 1.6 ავარიული შენობა 2



სურათი 1.7 ავარიული შენობა 3



სურათი 1.8 ავარიული შენობა 4



სურათი 1.9 ავარიული შენობა 5

ამავე დროს საქართველო მიეკუთვნება მაღალი სეისმური აქტივობის რეგიონს და ძეგლების უმეტესი ნაწილი მდებარეობს 8-9 ბალიან სეისმურ რაიონებში. აქედან გამომდინარე კონსტრუქციული ელემენტების მზიდუნარიანობის აღდგენასთან ერთად, უაღრესად აქტუალურია მათში თანამედროვე ანტისეისმური ელემენტების მოწყობა, სათანადო სეისმომდეგობის უზრუნველყოფით.

ჩვენი მოსაზრებით აღნიშნული მიზნის მისაღწევად ეფექტურად შეიძლება იქნას გამოყენებული მზიდი კონსტრუქციების საყრდენ ზონებში, სეისმოდამცავი ელემენტების მოწყობა, რომლებიც უზრუნველყოფენ ზემოქმედების ინტენსივობის მნიშვნელოვნად შემცირებას. აღნიშნული მეთოდოლოგიის შესწავლა და მოდერნიზება, კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლებში გამოყენების მიზნით ეფექტურად შეიძლება იქნას დანერგილი სეისმურად აქტიურ რეგიონებში მდებარე ნაგებობების გაძლიერების პროექტებში.

ძეგლის აღდგენის ზოგადი ცნებით ჩვენ ვიგულისხმებთ: გამაგრების, რესტავრაციის და შენობა - ნაგებობის მზიდი კონსტრუქციული ელემენტების სეისმომდეგობის ამაღლებას აქტიური სეისმოდამცავი სისტემების საშუალებით, საქართველოში მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების სრული დაცვით.

1.2 წარსულში მომხდარი დამანგრეველი მიწისძვრები

საქართველოს ტერიტორია მდებარეობს მაღალი სეისმური აქტივობის ზონაში. მიწისძვრის ზემოქმედებით, საუკუნეების მანძილზე, დაინგრა და აშკამადაც 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 .

გიორგი მთაწმინდელი XI ს-ში: აღნიშნავს. რომ მიწისძვრამ გაანადგურა ყოველივე. ცნობილია დამანგრეველი მიწისძვრა მცხეთაში 1283 (1275) წელს, რომლის დროსაც ჩამოიქცა სვეტიცხოვლის გუმბათი, მნიშვნელოვანი დაზიანებაც მიიღო ტაძარმა.

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

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

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.

აღსანიშნავია ისიც, რომ რიყის ქვისაგან ნაგებ საცხოვრებელ სახლებშიც, ქართლსა და კახეთში იყენებდნენ ხის მასალის ანტისეისმური სარტყლებს.

პირველად, ძველი ხუროთმოძღვრების ძეგლებში, წრომის ტაძრის (VII საუკუნის დასაწყისი), ცენტრალური გუმბათი გარე კედლებს კი არ ეყრდნობა, 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 ანტიისეისმური ნაკერებით.

ასევე საინტერესოა, ე.წ. ლუნეტების მოწყობა კამარის ან გუმბათის წყობაში დატოვებული სინათლის დიობი. დიობის თავზე განლაგებული ქვის ზღუდარის განსატვირთავად ეწყობა სოლისებრი თაღოვანი ზღუდარი (აგურისაგან ან თლილი ქვისაგან), რომელიც ვერტიკალურ დატვირთვას გადასაცემს ზღუდარის საყრდენებს და ქვას ღუნვაზე აღარ ამუშავებს. სივრცე ორივე ზღუდარს შორის შეიძლება შეივსოს შედარებით მსუბუქი მასალით ან დარჩეს განათებისათვის. ზემოთ ჩამოთვლილი ანტიისეისმური ღონისძიებები გვიჩვენებს, რომ ქართველ მშენებლებს, ოსტატებს, ხუროთმოძღვრებს გაუთავებელმა შემოსევებმა, დამანგრეველმა მიწისძვრებმა და გარე ზეგავლენით გამოწვეულმა ფაქტორებმა ასწავლეს ისეთი მეთოდები, რომ მათ შემდგომ შთამომავლებს დახვედროდათ მათი ხელით ნაგები მარადიული ძეგლები[10].

თავი II . საკითხის დასმა, ლიტერატურის მიმოხილვა

სეისმოდაცვის არსებული მეთოდები

ა.ს. უშკოვი სტატიაში “ნაგებობის საძირკვლების სეისმოიზოლაციის მეთოდები” განიხილავს შემთხვევას, როდესაც დამპროექტებელი შენობის სეისმომდეგობის ამალღების მიზნით ზრდის კონსტრუქციების კვეთებს, მასალის კლასს, რაც გაზრდის შენობის მდგრადობას, მაგრამ აუარესებს მის ეკონომიურ ეფექტიანობას. აღნიშნულს მივყავართ ახალი კონსტრუქციული სისტემების ძიებასთან, 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.

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 გრეხაზე. 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 ამაღლების საფასურად. წარმოიქმნება ურთიერთ ადგილმონაცვლეობა იზოლირებულ და არაიზოლირებულ ნაწილებთან

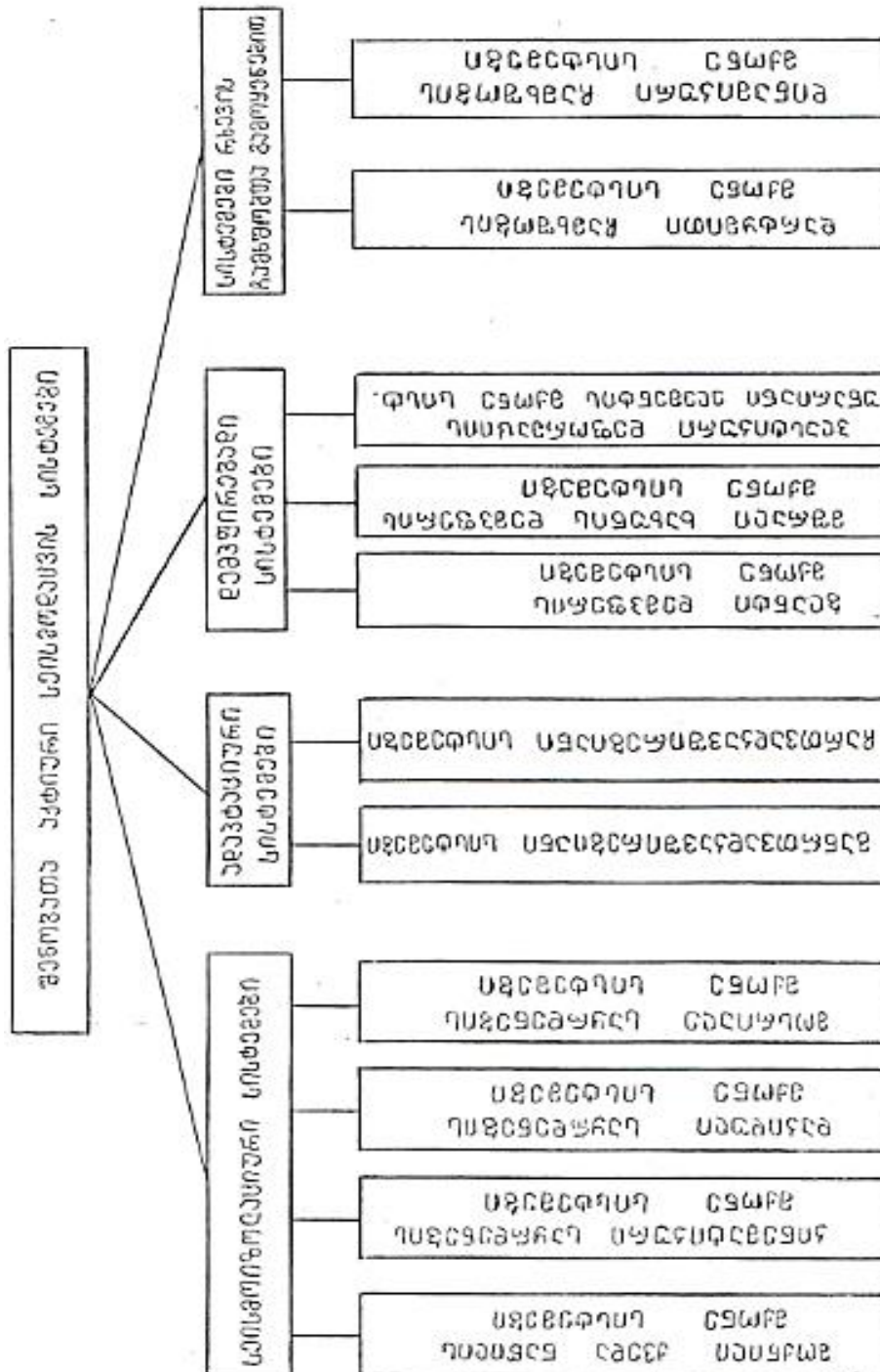
მიმართებაში და ამის სანაცვლოდ ეწყობა დემპფერები, რომელიც განაზღვრავს სეისმური ზემოქმედების ენერგიას.

1925 წელს გამოქვეყნდა ვისკორდინის წინადადება ნაგებობების სარდაფის ნაწილში სფერული დაბოლოებების მქონე სვეტების გამოყენების შესახებ. ავტორის აზრით, ასეთი კონსტრუქცია მნიშვნელოვნად შეამცირებდა მიწისძვრის დროს შენობაში აღძრულ ინერციის ძალებს. ეს თარიღი ითვლება ნაგებობათა აქტიური სეისმოდაცვის საშუალებათა გამოყენების დასაწყისად. ამ დრომდე მთელი ყურადღება ეთმობოდა კონსტრუქციათა მზიდუნარიანობის გაზრდას, რაც ბუნებრივია, მასალის დიდ ხარჯს იწვევდა. ამ ხერხს შენობათა პასიური სეისმოდაცვის ღონისძიებებს მიაკუთვნებენ. იგი დღეს ნაკლებად პოპულარულია. უფრო ხშირად გამოიყენება სისტემები, რომლებიც ამცირებენ გრუნტისაგან შენობაზე გადაცემულ სეისმურ აჩქარებას. ასეთი სისტემები, ანუ აქტიური სეისმოდაცვის საშუალებები, შეიძლება რამდენიმე ჯგუფად დაიყოს: სეისმოიზოლაციური სისტემები; ადაპტაციური სისტემები; დემპირეფადი სისტემები; სისტემები რხევის ჩახშობათა გამოყენებით[2].

თითოეული ეს ჯგუფი რამდენიმე ქვეჯგუფს მოიცავს. ისინი ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან სეისმოდაცვის საშუალების კონსტრუქციული გადაწყვეტის ან მისი და ნაგებობის დინამიკური ურთიერთქმედების ხასიათის მიხედვით. ამ პრინციპითაა შედგენილი სქემა 2.1. ამასთან, შესაძლებელია და გამართლებულიც ზოგჯერ სეისმოდაცვის კომბინირებული სისტემების გამოყენება, რაც თითოეული მათგანის დადებითი თვისებების სრულად გამოყენების და უარყოფით მხარეთა გავლენის შესუსტების საშუალებას იძლევა.

როგორც ირკვევა, აქტიური სეისმოდაცვის საშუალებათა ეფექტური გამოყენებით შესაძლებელია ნაგებობის სეისმური დატვირთვის ორ-სამჯერ შემცირება, რაც საშუალებას იძლევა გაანგარიშება ჩატარდეს ერთი ბალით ნაკლებ სეისმურ ზემოქმედებაზე. როგორც წესი, სეისმოდაცვის თითოეულ სისტემას ნაგებობის კონსტრუქციის, მისი სართულების რაოდენობის, მოსალოდნელი მიწისძვრის ხასიათის და სხვა ფაქტორთა გათვალისწინებით

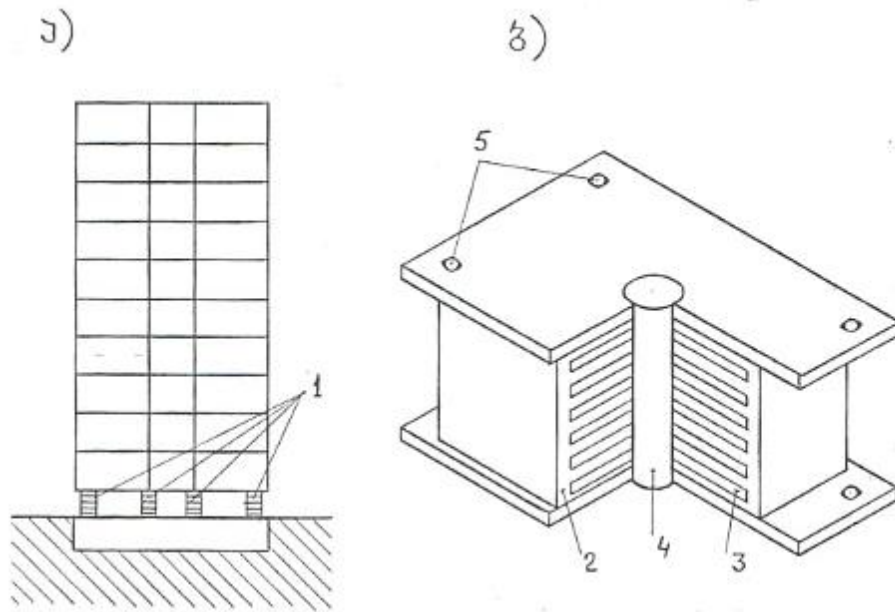
გამოყენების განსაზღვრული სფერო აქვს. ჩვენი მიზანია აქტიური სეისმოდაცვის არსებული სისტემებიდან თითოეული მათგანის დადებითი და უარყოფითი მხარეების შეფასების გზით,



სქემა 2.1 შენიშნული აქტიური სეისმოდაცვის სისტემების კლასიფიკაცია

2.1. სეისმოიზოლაციური სისტემები

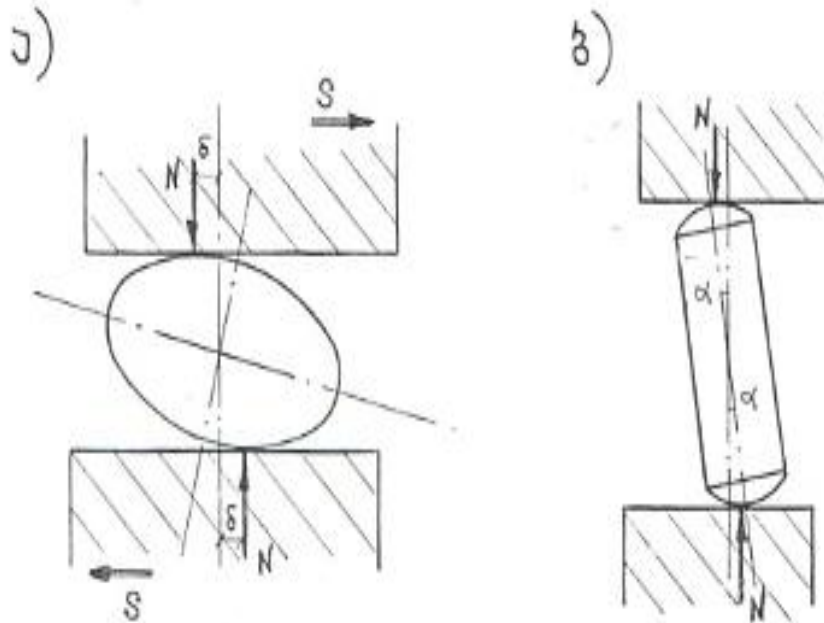
საკმაოდ გავრცელებულია რეზინისა და ლითონისაგან დამზადებული საყრდენების გამოყენება საძირკველსა და შენობის მზიდ კონსტრუქციებს შორის (ნახ. 2.1) საყრდენების ჰორიზონტალური სიხისტე ასჯერ ნაკლებია ვერტიკალურ სიხისტესთან შედარებით.



ნახაზი 2.1 რეზინა-ლითონის საყრდენით შენობის სეისმოიზოლაცია ა) საყრდენების განლაგების სქემა; ბ) საყრდენის კონსტრუქციის სქემა; 1-საყრდენი; 2-რეზინა; 3-ფოლადი; 4-ტყვია; 5-ხვრელები საანკერო ჭანჭიკისათვის.

ამის გამო ისინი საკმაოდ მტკიცენი არიან კუმშვისას და უზრუნველყოფენ ჰორიზონტალური გადაადგილების დრეკადობას. მიწისძვრის შედეგებმა ცხადყო ასეთი საყრდენების ეფექტურობა-ნაგებობა თითქმის უვნებელი გადარჩა, თუმცა თვითონ საყრდენები მნიშვნელოვნად დაზიანდნენ. სპეციალისტთა აზრით სესიმური აჩქარება შემცირდა სამჯერ. ასეთი სისტემების უარყოფით მხარედ უნდა ჩაითვალოს დამზადებისა და მონტაჟის შედარებითი სირთულე, ერთი შენობისათვის საჭირო საყრდენთა დიდი რაოდენობა, აგრეთვე დაბალსიხშირიან ზემოქმედებაზე მომეტებული მგრძნობიარობა.

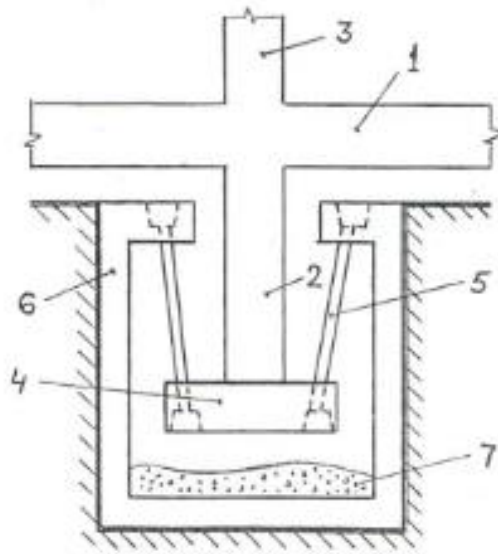
2.1.1. კინემატიკური საყრდენების მრავალი ვარიანტია დამუშავებული, თუმცა პრაქტიკულად იშვიათად გამოიყენება (ნახ. 2.2). მიზეზი ისაა, რომ ნაკლებადაა შესწავლილი ასეთი სისტემების მუშაობა დაბალი სიხშირის სეისმური ზემოქმედებისას. ასეთი მიწისძვრისას კინემატიკური საყრდენების მქონე შენობამ შეიძლება დაკარგოს მდგრადობა და დაინგრეს.



ნახაზი 2.2 კინემატიკური საყრდენებით შენობის სეისმოიზოლაცია ა) ელიქსოიდური საყრდენი; ბ) სფერული დაბოლოების მქონე დგარი.

მისი გამოყენება რეკომენდირებულია მხოლოდ იმ რაიონებში, სადაც მოსალოდნელია მაღალი სიხშირის მიწისძვრა. სხვა შემთხვევაში საჭირო გახდება სეისმოდაცვის დამატებითი ღონისძიებების ჩატარება. სფერული ზედაპირის მქონე დგარების დამზადება დიდ სიზუსტეს მოითხოვს, ისევე როგორც მათი მონტაჟი. ეს კი აძვირებს მათ ღირებულებას.

2.1.2. დაკიდულსაყრდენიანი სისტემებიც იშვიათად გამოიყენება სეისმომედეგ მშენებლობაში, ძირითადად, კონსტრუქციის სირთულისა და სიძვირის გამო. ნახ. 2.3-ზე ნაჩვენებია ერთერთი ასეთი სისტემა.

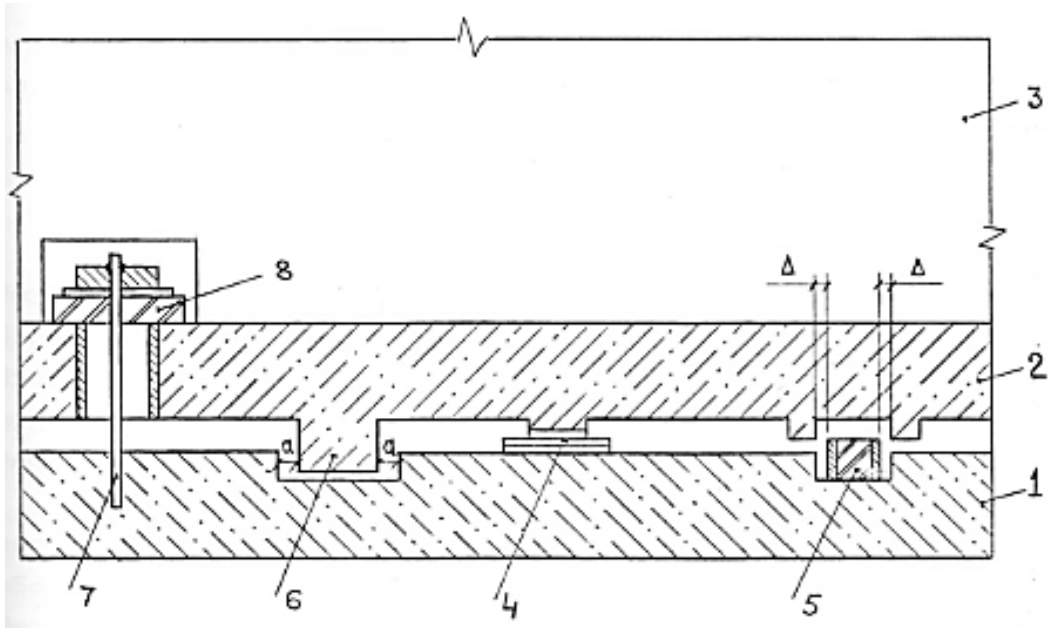


ნახაზი 2.3 დაკიდულსაყრდენებიანი საძირკველი

1 - როსტვერკი; 2 - სვეტისქვეშა დგარი; 3 - სვეტი; 4 - ფილა; 5 - რკინაბეტონის წინასწარდაძაბული მჭიმი; 6 - ბეტონის ჭიქა; 7 - ქვიშა.

ბეტონის ჭიქაში ოთხ წინსწარდაძაბულ დახრილ რკინაბეტონის მჭიმზე დაკიდულია რკინაბეტონის ფილა. ამ ფილას ეყრდნობა სვეტისქვეშა დგარები, რომლებიც ზემოდან შეკრულია როსტვერკით. როგორც ჩანს, ასეთი კონსტრუქცია მართლაც რთულია შესასრულებლად და არარაციონალური.

სეისმოიზოლაციის ამავე ჯგუფს მიეკუთვნება დაკიდულსართულებიანი შენობებიც. ისინი არქიტექტურული გადაწყვეტის მეტ თავისუფლებას იძლევიან, მცირედი საძირკვლების მოსაწყობად შესასრულებელ სამუშაოთა მოცულობა, შენობა ნაკლებად მგრძნობიარეა საძირკვლის არათანაბარი ჯდენისადმი. ასეთი სისტემების საიმედობის გაზრდის მიზნით რეკომენდირებულია მშრალი ხახუნის კვანძების მოწყობა.



ნახაზი 2.4 მოსრიალე ქამრის ელემენტთა სქემა. 1 - საძირკვლების ზედა შემკრავი; 2 - როსტვერკი; 3 - შენობის მიწისზედა ნაწილი; 4 - მოსრიალე საყრდენი; 5 - ჰორიზონტალური გადაადგილების დრეკადი შემზღუდველი (დემპფერი); 6 - ჰორიზონტალური გადაადგილების ხისტი შემზღუდველი; 7 - ვერტიკალური გადაადგილების შემზღუდველი; 8 - ვერტიკალური ამორტიზატორი.

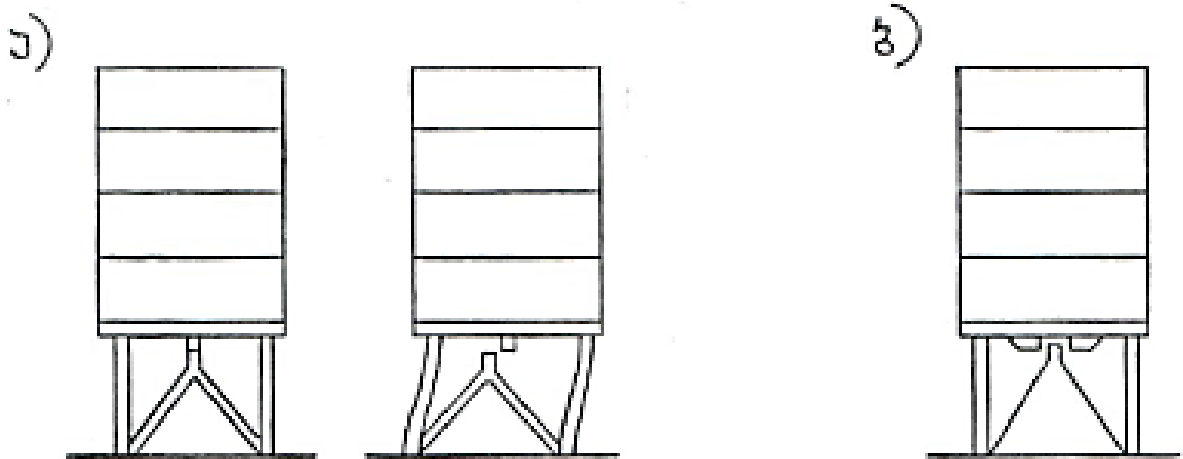
მოსრიალე საყრდენების მქონე სისტემებიდან შევჩერდებით ერთერთ მათგანზე-მოსრიალე ქამრის მქონე შენობებზე. მისი ელემენტების სქემა მოცემულია ნახ. 2.4-ზე. ნაგებობის მზიდ კონსტრუქციებსა და საძირკველს შორის, ან ჰორიზონტალურ სიბრტყეში ორად გაყოფილ საძირკველში ეწყობა მცირე ხახუნის კოეფიციენტის მქონე მასალისაგან დამზადებული საყრდენები (მაგალითად, უჟანგავი ფოლადისა და ფტოროპლასტის ფურცლები). მცირე რხევისას ფუძის აჩქარება მთლიანად გადაეცემა მიწისზედა ნაწილს-როგორც მათი ხისტი შეერთების შემთხვევაში. აჩქარების გაზრდით ხდება ხახუნის ძალების შესუსტება და შენობის გასრილება საძირკვლის მიმართ, რაც ამცირებს ნაგებობის ზედა ნაწილში აღძრული ინერციის ძალებს. გათვალისწინებულია ჰორიზონტალური და ვერტიკალური გადაადგილების შემზღუდველთა მოწყობა. ავტორთა მტკიცებით, აღნიშნული კონსტრუქციის ეფექტურობა დადასტურდა როგორც ექსპერიმენტებით, ისე ნატურალური გამოცდის შედეგებით[1].

2.2. ადაპტაციური სისტემები

ადაპტაციური სისტემები ორი სახისაა: განრთვადკავშირიანი და ჩართვადკავშირიანი. მათ შესწევთ უნარი მიწისძვრის პროცესში დინამიკური მახასიათებლების გარკვეულ ფარგლებში ცვალებადობისა. ეს საშუალებას აძლევს სისტემას „გაექცეს“ რეზონანსს, თუ მიწისძვრის რხევის დომინანტური პერიოდი დაემთხვევა შენობის საკუთარი რხევის პერიოდს.

2.2.1. განრთვადკავშირებიანი სისტემების დინამიკური მახასიათებლების ცვლილება ხდება რხევის გარკვეულ ამპლიტუდაზე სპეციალურად მოწყობილი კვანძების გაწყვეტის (განრთვის) ხარჯზე. განრთვად კავშირად გამოიყენება სარეზერვო ელემენტები ან ცალკეული მზიდი კონსტრუქცია (ნახ. 2.5).

ასეთი სისტემები, ძირითადად, გამოიყენება ხისტი კონსტრუქციის მქონე შენობებში, რომელთაც აქვთ მოქნილი პირველი სართული. ყველაზე მეტი ეფექტი მათ ექნებათ იმ რაიონებში, სადაც მოსალოდნელია მაღალი სიხშირის მიწისძვრები.



ნახაზი 2.5 სეისმოდაცვის ადაპტაციური სესტემები ა) განრთვადკავშირებიანი; ბ) ჩართვადკავშირებიანი.

ნაკლად შეიძლება ჩაითვალოს ის, რომ ზოგჯერ მიწისძვრის ბოლო სტადიაზე ხდება დომინანტური სიხშირის კლება და შესაძლებელია ის მეორედ დაემთხვეს (უკვე განრთულკავშირებიან) შენობის რხევის საკუთარ სიხშირეს, რაც გამოიწვევს კონსრუქციის მზიდუნარიანობის დაკარგვას. ეს ნაკლი შეიძლება გამოსწორდეს ჰორიზონტალური გადაადგილების შემზღუდველების ან დემპფერების გამოყენებით.

2.2.2. ჩართვადკავშირებიან სისტემებს არაწრფივ დინამიკურ სისტემებს აკუთვნებენ. განრთვადკავშირებიანი სისტემებისაგან განსხვავებით აქ არ ხდება კავშირის გაწყვეტა და ამიტომ არც მათი აღდგენაა საჭირო მიწისძვრის შემდეგ.

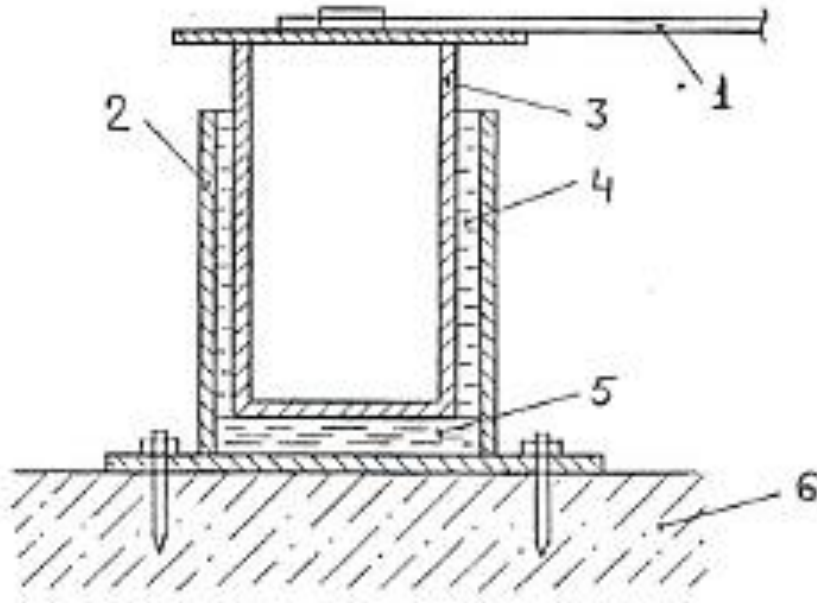
ჩართვადკავშირებიანი სისტემით აღჭურვილ შენობას უნდა ჰქონდეს რხევის საკუთარი დაბალი სიხშირე. თუ მიწისძვრის დროს მზიდი კონსტრუქციების გადაადგილებამ მიაღწია განსაზღვრულ სიდიდეს, ხდება სპეციალურად მოწყობილი კავშირების ჩართვა, მყისიერად იზრდება შენობის სიხისტე და შესაბამისად, რხევის სიხშირე, რის გამოც შენობა „გაექცევა“ მისთვის საშიშ რხევის რეზონანსულ რეჟიმს. იმისათვის, რომ კავშირების ჩართვის გამო არ წარმოიშვას დარტყმითი მოვლენა, საჭიროა სიხისტის ცვლილება მოხდეს თანდათან, კავშირების საფეხურებად ჩართვის ხარჯზე.

შესაძლებელია, ზოგჯერ უფრო ეფექტური გამოდგეს ჩართვად და განრთვადკავშირებიანი სისტემების ერთდროული გამოყენება, ან ჩართვადკავშირებიანი სისტემების და რხევის დინამიკური ჩამზობის ერთად დაყენება[62].

2.3. დემპფირებადი სისტემები

2.3.1. ბლანტი დემპფერის ერთერთი ნაირსახეობა მოცემულია ნახ. 2.6-ზე. იგი შედგება ცილინდრული კორპუსისა და მასში ჩაშვებული დგუშისგან. ცილინდრში ისხმება ორგვარი სითხე: ერთ მათგანს აქვს დიდი სიბლანტე და ნაკლები ხვედრითი წონა, მეორეს პირიქით-ნაკლები სიბლანტე და მეტი ხვედრითი წონა. ენერჯის გაბნევა ხდება დგუშის როგორც ჰორიზონტალური,

ისე ვერტიკალური მოძრაობისას. ასეთი დემპფერები საკმაოდ ძვირია მასში გამოყენებული სითხეების დეფიციტურობის გამო. გარდა ამისა, მათ სჭირდებათ პერიოდული შემოწმება ექსპლოატაციის პროცესში. ამის გამო მათ იშვიათად იყენებენ.



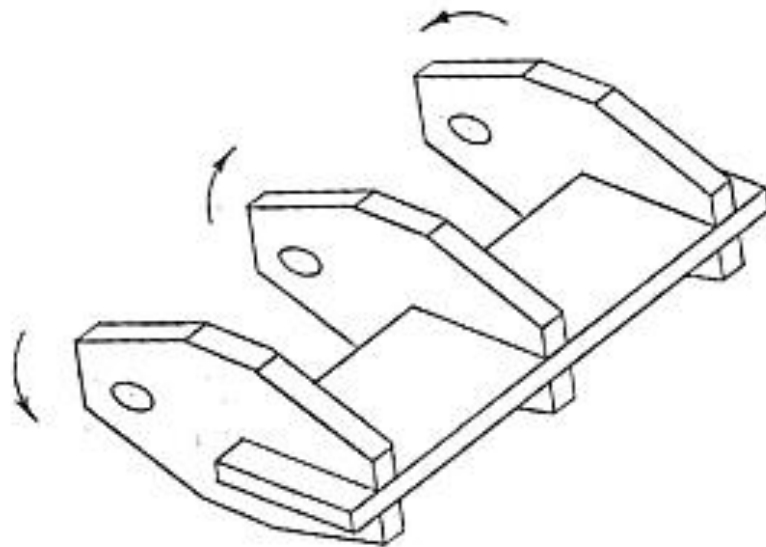
ნახაზი 2.6 ბლანტი დემპფერის სქემა

1 - ბერკეტი; 2 - ცილინდრული კორპუსი; 3 - დეფიციტი; 4 - დიდი სიბლანტის სითხე; 5 - მცირე სიბლანტის სითხე (წყალი); 6 - რკინაბეტონის ფილა.

პლასტიკური დეფორმაციის უნარის მქონე ელემენტთა გამოყენება სეისმოდაცვის საშუალებად ეფუძნება მასალის თვისებას შთანთქმის ენერჯია კონსტრუქციაში არადრეკადი დეფორმაციების განვითარების ხარჯზე. ასეთი სისტემები კეთდება კონსტრუქციის იმ ნაწილში, სადაც ყველაზე მეტადაა მოსალოდნელი პლასტიკური დეფორმაციების განვითარება. ნახ. 2.7 - ზე ნაჩვენებია შთანთქმის ძირითადი ელემენტია ფოლადის კოჭი, რომელსაც შეუძლია პლასტიკური დეფორმაციების განვითარებით შთანთქმის საგრძნობი ენერჯია. ასეთი კონსტრუქციის ღირსებაა მცირე ზომები, სხვადასხვა სქემის შენობებში გამოყენების შესაძლებლობა, აგრეთვე, საჭიროების შემთხვევაში შეცვლის სიადვილე. ვინაიდან მათი ეფექტური მუშაობის ხანგრძლივობა

შემოფარგლულია რამდენიმე ათეული ციკლით, ერთი-ორი მიწისძვრის შემდეგ ისინი ფაქტიურად შესაცვლელია.

არსებობს სხვა სახის შთანმთქმელებიც, რომლებშიც გამოყენებულია ელემენტების არადრეკადი დეფორმაციის უნარი, გაზრდილია მათი ექსპლოატაციის ვადა, თუმცა, ძირითადად, მათ ახასიათებთ ის თვისებები, რაც ზემოთაღწერილ ნიმუშს.

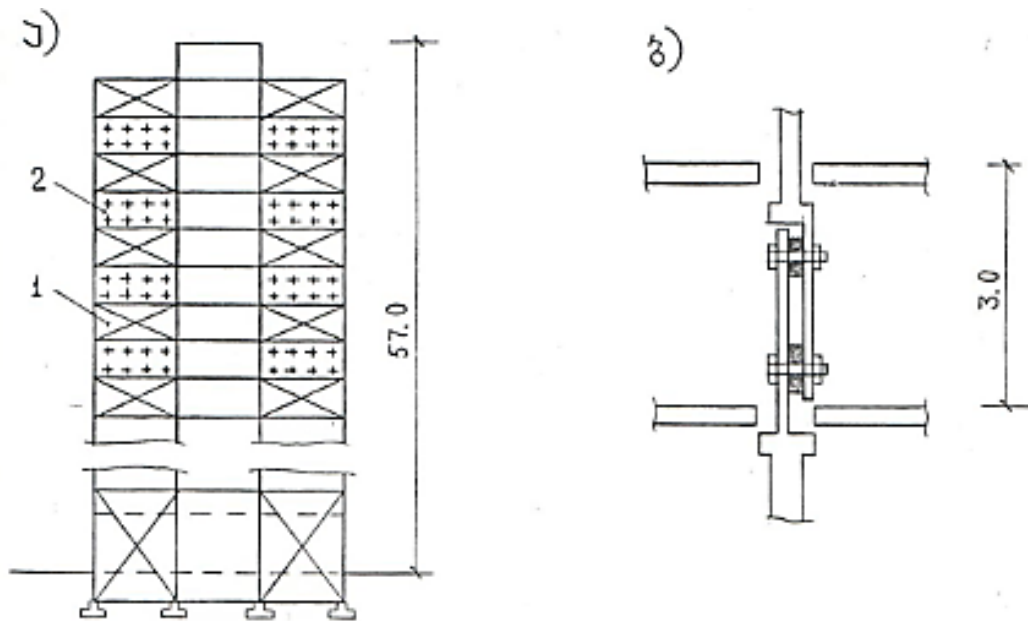


ნახაზი 2.7 პლასტიკური დეფორმაციის უნარიანი ელემენტის მქონე რხევის ჩამხშობი

2.3.2. მშრალი ხახუნის დემპფერის მქონე სისტემებიდან საინტერესოა ფრიქციული დიაფრაგმები, რომლებიც გამოყენებულია თბილისში 16 სართულიანი კარკასულ-პანელური შენობის პროექტში (ნახ. 2.8) დიაფრაგმა შედგება ორი პანელისაგან-ერთი დამაგრებულია ზედა სართულის რიგელთან, ხოლო მეორე ქვედა სართულის რიგელთან. პანელებს შორის მოთავსებულია ფრიქციული მასალა. ამგვარად მიღებული სამფენოვანი დიაფრაგმა შეკრულია ჭანჭიკებით, რომელთა რაოდენობაც ანგარიშით მიიღება. დიაფრაგმა მუშაობაში ერთვება მაშინ, როცა დეფორმაციები გარკვეულ სიდიდეს აღწევს. იწყება ფენების ერთმანეთის მიმართ გაცურება, რასაც ეწინააღმდეგება მათ

შორის არსებული ხახუნის ძალა. ხდება ენერგიის შთანთქმა-გაბნევა, რაც ამცირებს მზიდ კონსტრუქციაზე მოსულ დატვირთვას.

მშრალი ხახუნის დემპფერების გამოყენების საყურადღებო შემთხვევაა V - სუბური ლითონისა და ქვიშის დემპფერების მოწყობა ბირთვულ-კარკასული შენობის ბირთვისა და სართულებზე გადახურვების შეერთების კვანძებში [64]. ავტორის მტკიცებით ექსპერიმენტმა აჩვენა ასეთი დემპფერების ეფექტურობა-საგრძობლად გაიზარდა რხევის ლოგარითმული დეკრემენტი და შემცირდა როგორც ბირთვის, ისე კარკასის დეფორმაციები.



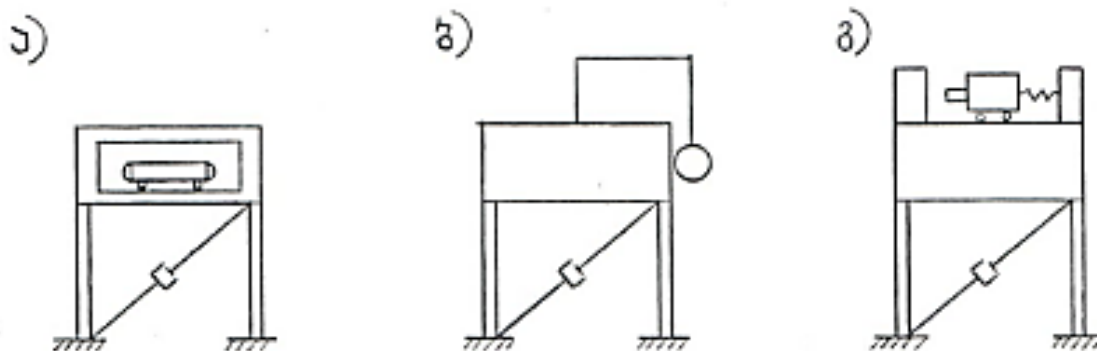
ნახაზი 2.8 შენობის სეისმოიზოლაცია ფრიქციული დიაფრაგმებით
 ა) 16 სართულიანი საცხოვრებელი სახლის კონსტრუქციული სქემა; ბ) ფრიქციული დიაფრაგმის კონსტრუქცია; 1 - სტაციონარული დიაფრაგმა; 2 - ფრიქციული დიაფრაგმა.

გარდა ზემოთაღწერილი ვარიანტებისა, როცა დემპფერები მონტაჟდება ნაგებობის მთელ სივრცეში, გავრცელებულია ისეთი გადაწყვეტებიც, სადაც დემპფერები თავმოყრილია ერთ ადგილას, ძირითადად პირველ სართულზე. ამის გაკეთება ყველაზე მოხერხებულია მოქნილი პირველი სართულის მქონე შენობებში. ეს მოსაზრება გათვალისწინებული იქნა ჩვენს შემთხვევაში სეისმოდაცვის საშუალების შესარჩევად გადაწყვეტილების მიღებისას[31].

2.4. სისტემები რხევის ჩამხშობთა გამოყენებით

რხევის ჩამხშობი მიეკუთვნება სპეციალურ მოწყობილობას, რომელიც განკუთვნილია კონსტრუქციის შესამცირებლად. განასხვავებენ აქტიური და პასიური ტიპის ჩამხშობებს. აქტიური რხევის ჩამხშობები, ძირითადად, მანქანათმშენებლობაში გამოიყენება. მოწყობილობის სირთულისა და სიძვირის გამო ისინი მშენებლობაში არაა გავრცელებული.

პასიური ჩამხშობები კონსტრუქციასთან ურთიერთქმედების ხასიათის მიხედვით ორგვარია: დარტყმითი და დინამიკური.

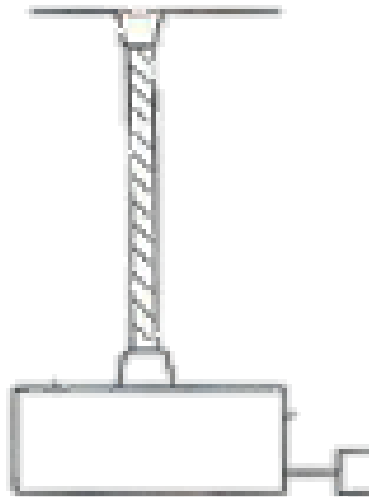


ნახაზი 2.9 დარტყმითი რხევის ჩამხშობი. ა) საგორავის ტიპის; ბ) ქანქარას ტიპის; გ) ზამზარას ტიპის.

დარტყმითი რხევის ჩამხშობების რამდენიმე სახეობა ნაჩვენებია ნახ. 2.9-ზე. მოწყობილობის სიმარტივისა და საიმედოობის გამო მათ კარგა ხანია იყენებენ, ძირითადად, კოშკური ტიპის მაღლივ შენობებში.

2.4.1. დინამიკური რხევის ჩამხშობი ვიბრაციისაგან კონსტრუქციის დაცვის ერთერთ ეფექტურ საშუალებად მიიჩნევა. უფრო ხშირად მას იყენებენ მანქანა-დანადგარების და ქარის შედეგად გამოწვეული რხევების შესამცირებლად. დადგენილია, რომ დინამიკური რხევის ჩამხშობი მნიშვნელოვნად ზრდის შენობის რხევის ლოგარითმულ დეკრემენტს, განსაკუთრებით, მაღალ, მოქნილ შენობებში.

ნაგებობის სეისმური რეაქციის შესამცირებლად განკუთვნილი ჩამხშობი შედგება შენობის კონსტრუქციასთან დრეკადი კავშირით მიერთებული ხისტი ელემენტებისა და დემპფერისგან (ნახ. 2.10). მიწისძვრის რხევის პერიოდისა და შენობის რხევის საკუთრი პერიოდის დამთხვევისას დინამიკური რხევის ჩამხშობის ხისტი ელემენტი იწყებს მოძრაობას. მისი ამპლიტუდა ბევრად არემატება შენობის რხევის ამპლიტუდას. ამ დროს რხევის ჩამხშობის ელემენტებში აღძრული დრეკადი და დისიპატიური ძალები, მოქმედებენ რა ნაგებობაზე, ამცირებენ მისი რხევის ამპლიტუდას.



ნახაზი 2.10 რხევის დინამიკური ჩამხშობები. 1 - შენობა; 2 - ხისტი ელემენტი; 3 - დრეკადი კავშირი; 4 - დემპფერი.

დინამიკური რხევის ჩამხშობის გამოყენება შეიძლება როგორც ცალკე, ისე აქტიური სეისმოდაცვის სხვა საშუალებებთან ერთად[32].

თავი III. საქართველოში არსებული ძეგლის სტატუსის მქონე ავარიული ნაგებობების რეკონსტრუქციისას მიღებული კონსტრუქციული გადაწყვეტები

ცნობილია, რომ მიწისძვრის შედეგად ნაგებობაში ჩნდება სხვადასხვა სიდიდის ბზარები, შემდგომში განმეორებითი ბიძგების დროს ბზარების რაოდენობა იზრდება, შენობის სიხისტე მცირდება და შედეგად მცირდება შენობის სეისმომდეგობა. მაგრამ, 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 სეისმურ ზემოქმედებისაგან დაცვის სისტემების ძიება. უკანასკნელი 20-25 წლის განმავლობაში შეიქმნა რამოდენიმე, პრაქტიკაში დანერგილი მეთოდი: სეისმოიზოლაციის სისტემები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ჩვენი ქვეყნის გარეთ.

3.1 შესანარჩუნებელი ფასადის კედლის ადაპტირება (ახალ) საპროექტო ნაგებობასთან ხისტად მიერთების შემთხვევაში

ნებისმიერ განვითარებულ ქვეყანაში, სადაც წარსულის დანატოვარს განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა, ხშირია შემთხვევა, რომ ავარიულ ნაგებობას უკეთებენ შიდა სივრცის დემონტაჟს და ხდება დარჩენილი ფასადის ნაწილის ადაპტირება ახალ, საპროექტო ნაგებობასთან, რომელიც ისე უნდა იყოს დაპროექტებული, რომ უზრუნველყოს არა მხოლოდ ძველი პერიმეტრის კედლის მზიდუნარიანობა, არამედ მისი სეისმომდეგობის ამაღლებაც. აღნიშნული კონსტრუქციული გადაწყვეტის აქამდე ცნობილი ვარიანტები არ არის სრულყოფილად დახვეწილი, რადგან არსებობს მოსაზრება, რომ ძირითად შენობასთან მაკავშირებელი კვანძი იყოს ხისტად, ან სახსრულად ჩამაგრებული.

3.1.1 ხისტად მიერთების შემთხვევაში, მაგალითი 1. მისი ტექნიკური გადაწყვეტის ერთ-ერთი უარყოფითი მხარე ისაა, რომ ნარჩენი ფასადის კედელი განსხვავებული მასალებით ნაშენებია, ვიდრე დღევანდელი

თანამედროვე ნაგებობები, რომელთა საძირკვლები შესაძლებელია რამდენიმე ათეულ მეტრზეც კი იყოს მიწის ზედაპირის ნიშნულიდან ჩასული. შემდეგი უარყოფითი მხარეც სწორედ ესაა, საძირკვლების დონეების სხვაობა და მათი ტიპები. შესაბამისად, სეისმური ძალების ზემოქმედების შემთხვევაში ნარჩენი კედლის საძირკვლების გაძლიერების უზრუნველყოფითაც კი ადგილი ექნება არათანაბარ გადაადგილებებს, რასაც საბოლოოდ შენობის საყრდენ კვანძებში რღვევამდე მივყავართ, თუმცა ხშირია შემთხვევა, როდესაც კონსტრუქციის თავისებურების გამო აუცილებელიც კი ხდება ამ ტიპის გადაწყვეტილების მიღება.

ამის მკაფიო მაგალითია თბილისში, ჯავახიშვილის №60-ში მდებარე „საქართველოს ნოტარიუსთა პალატის“ შენობის სარეკონსტრუქციოდ მიღებული კონსტრუქციული გადაწყვეტები.



სურათი 3.1 ნოტარიუსთა პალატის შენობა

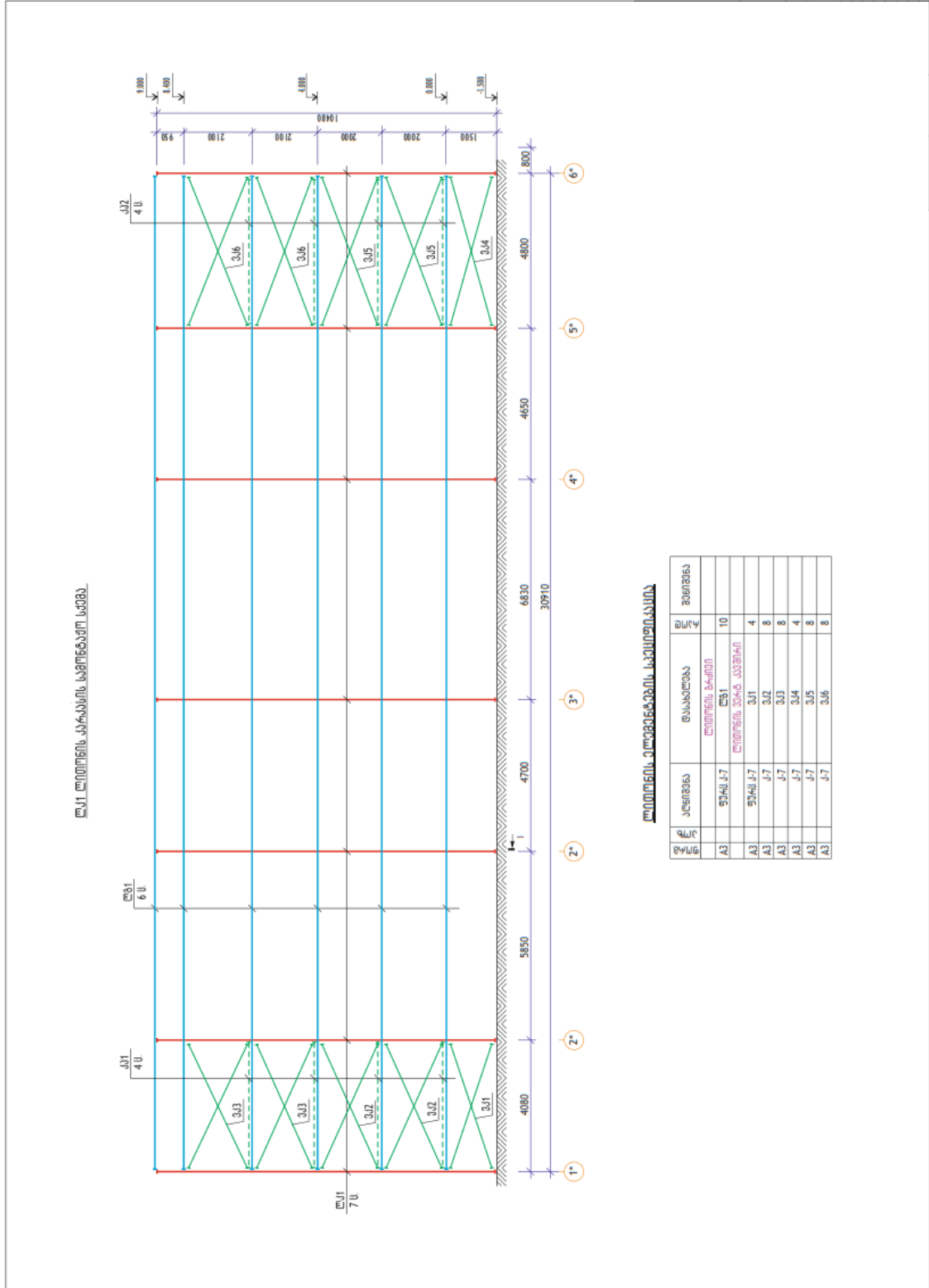
თავდაპირველად განხორციელდა ნაგებობის ვიზუალური და დეტალური გამოკვლევა. გამოკვლევის მიზანი იყო შენობის კონსტრუქციული მზიდი ელემენტების შეფასება შემდგომში სარეაბილიტაციო პროექტის

დამუშავებისათვის. ჩატარებულმა გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ ძირითადი დაზიანებები აღინიშნებოდა შენობის შიდა ნაწილში, ეს გამოიხატებოდა კედლებზე დახრილ ბზარებსა და სართულშუა გადახურვების დეფორმაციებში. ასევე ადგილ-ადგილ შესრულებული იყო თვითნებური მიშენება-გადლიერებები, დროის გარკვეულ ეტაპებზე, რაც კიდევ უფრო ართულებდა ნაგებობის შენარჩუნებას. იქიდან გამომდინარე, რომ ნაგებობა კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლთა სიაში გახლდათ დაუშვებელი იყო მისი იერსახის შეცვლა, ამიტომ შეიქმნა საკმაოდ რთული ვითარება, რადგან ან უნდა მომხდარიყო ძალიან რთული გაძლიერებითი სამუშაოების განხორციელება, ან შეენარჩუნებინათ ფასადის კედელი და მოეხდინათ დანარჩენი შიდა სივრცის დემონტაჟი.

დამუშავებულმა გაძლიერების პროექტის განფასებამ ცხადყო, რომ ჩასატარებელი გასაძლიერებელი სამოშაოთა ხარჯები მნიშვნელოვნად აღემატებოდა ახალი ნაგებობის ასაშენებლად საჭირო ხარჯებს, მითუმეტეს რომ ნებისმიერი სახით გაძლიერებული ნაგებობის ხანმედეგობა მაინც ეჭვქვეშ დგება ხანგრძლივი ექსპლოატაციის თვალსაზრისით. ასევე ახალი პროექტის განხორციელებით არქიტექტორს ეძლეოდა ფართო არეალი შიდა სივრცის ალტერნატიულად გამოყენებისათვის.

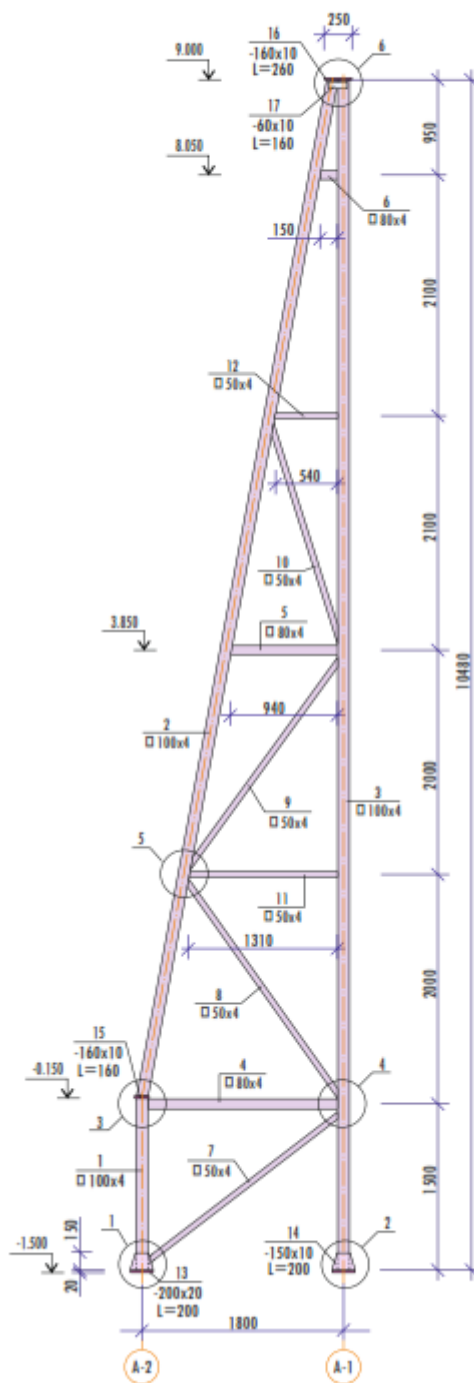
ყოველივე ამის გათვალისწინებით მიღებული იქნა გადაწყვეტილება მოეხდინათ საფასადე კედლის შენარჩუნება და ამ უკანასკნელზე ახალი საპროექტო ნაგებობის დაკავშირება ხისტად, რადგან კედლის სისქიდან და მისი წყობის თავისებურებიდან გამომდინარე არ იყო საშუალება და არც აუცილებლობა იმის, რომ მიერთების კვანძი ყოფილიყო ან სახსრულად, ან სეისმოდამცავი სისტემებით დაკავშირებული.

საწყის ეტაპზე განხორციელდა ძალოვანი ხარაჩოების მოწყობა ფასადის კედელზე, რომელიც უზრუნველყოფდა დემონტაჟის პროცესში კედლის დაჭერას.



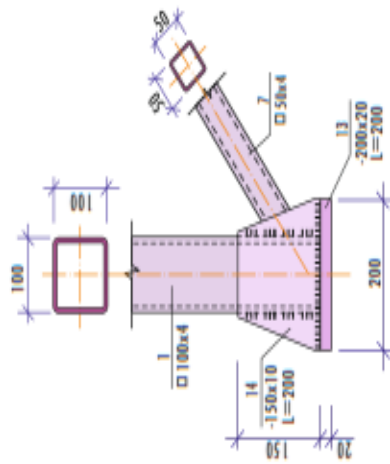
ნახაზი 3.1 ძალოვანი ხარაჩოების სქემა

შპს კედლის დასაჭერი ლითონის კარკასის
სამონტაჟო სქემა
მ 1:100

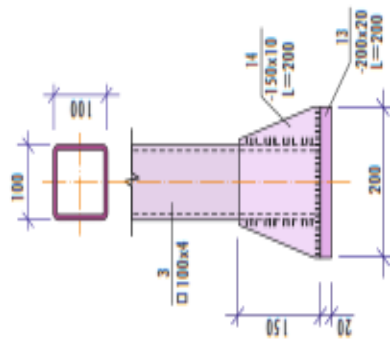


ნახაზი 3.2 კედლის დასაჭერი ლითონის კარკასი

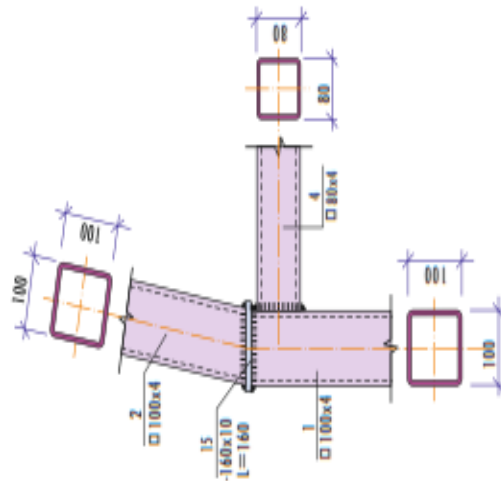
დეტალი 1
შ 1:10



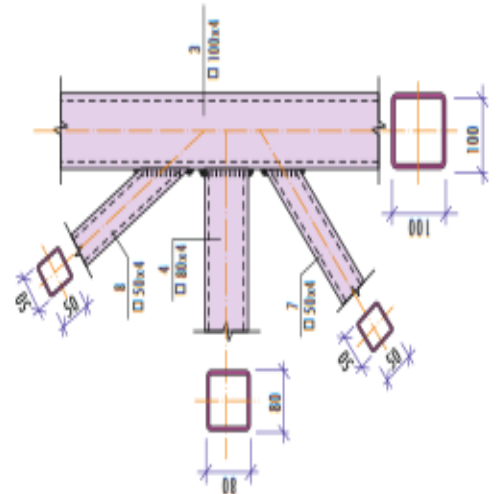
დეტალი 2
შ 1:10



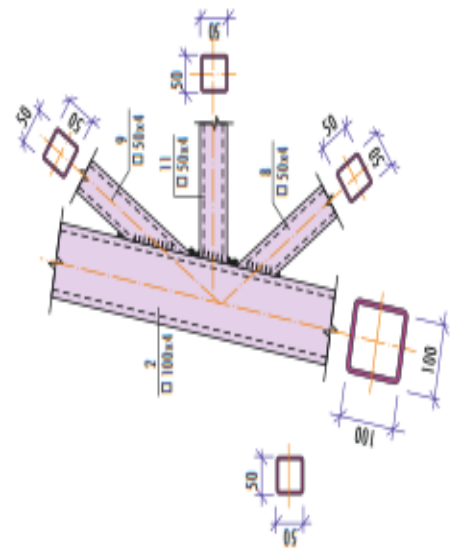
დეტალი 3
შ 1:10



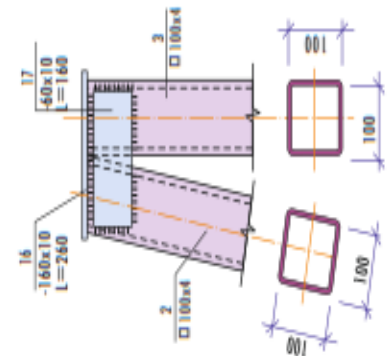
დეტალი 4
შ 1:10



დეტალი 5
შ 1:10

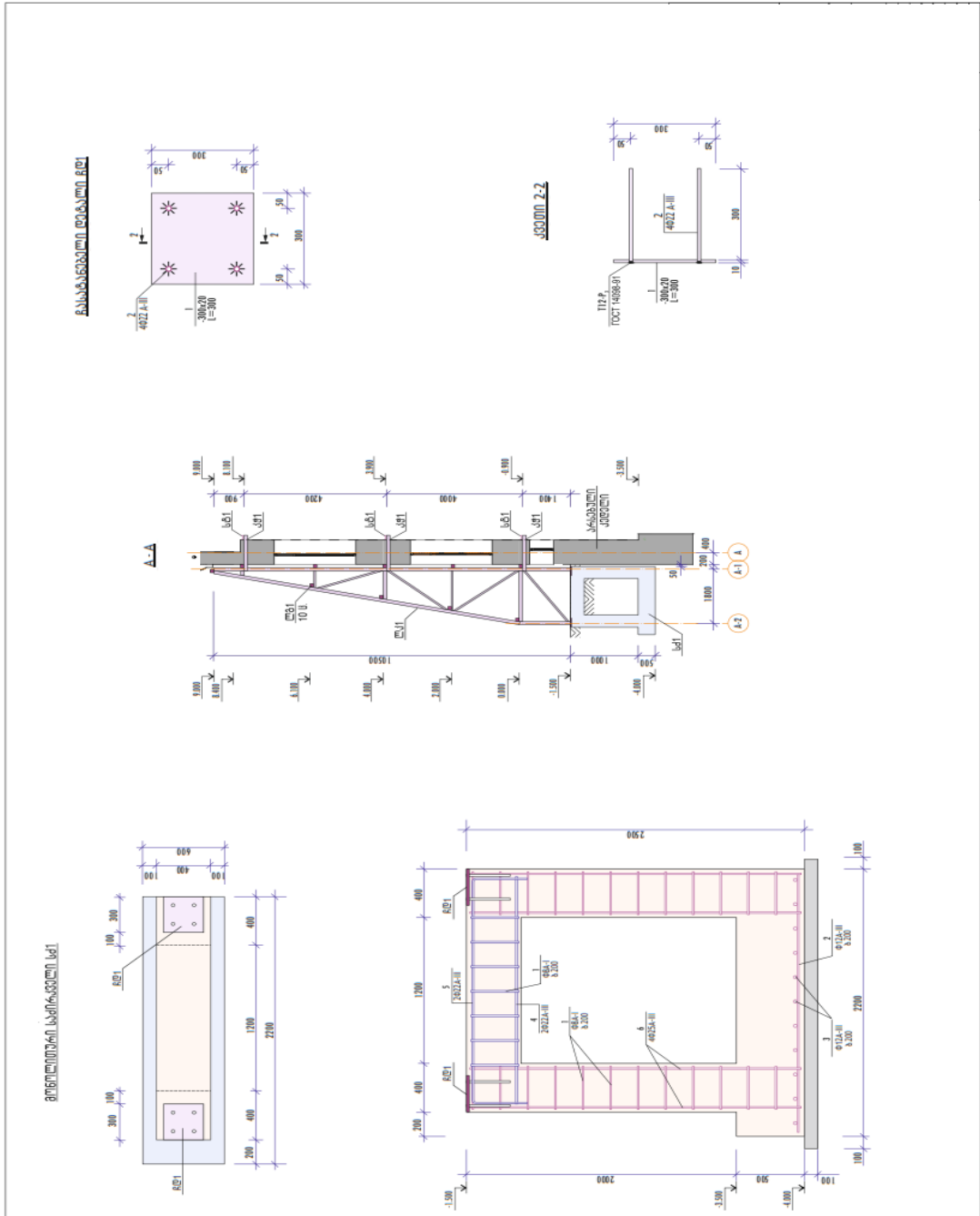


დეტალი 6
შ 1:10



ნახაზი 3.3 ძალოვანი ხარაჩოს მიერთების დეტალები

კედლის დასაჭერი კონსტრუქცია წარმოდგენილია ლითონის სივრცული კარკასის სახით, რომელიც მოწყობილია რკინაბეტონის საძირკვლებზე, იგი წარმოადგენს დროებით დამჭერ კონსტრუქციას, რომლის დემონტაჟიც განხორციელდება სამუშაოების დასრულების შემდგომ.

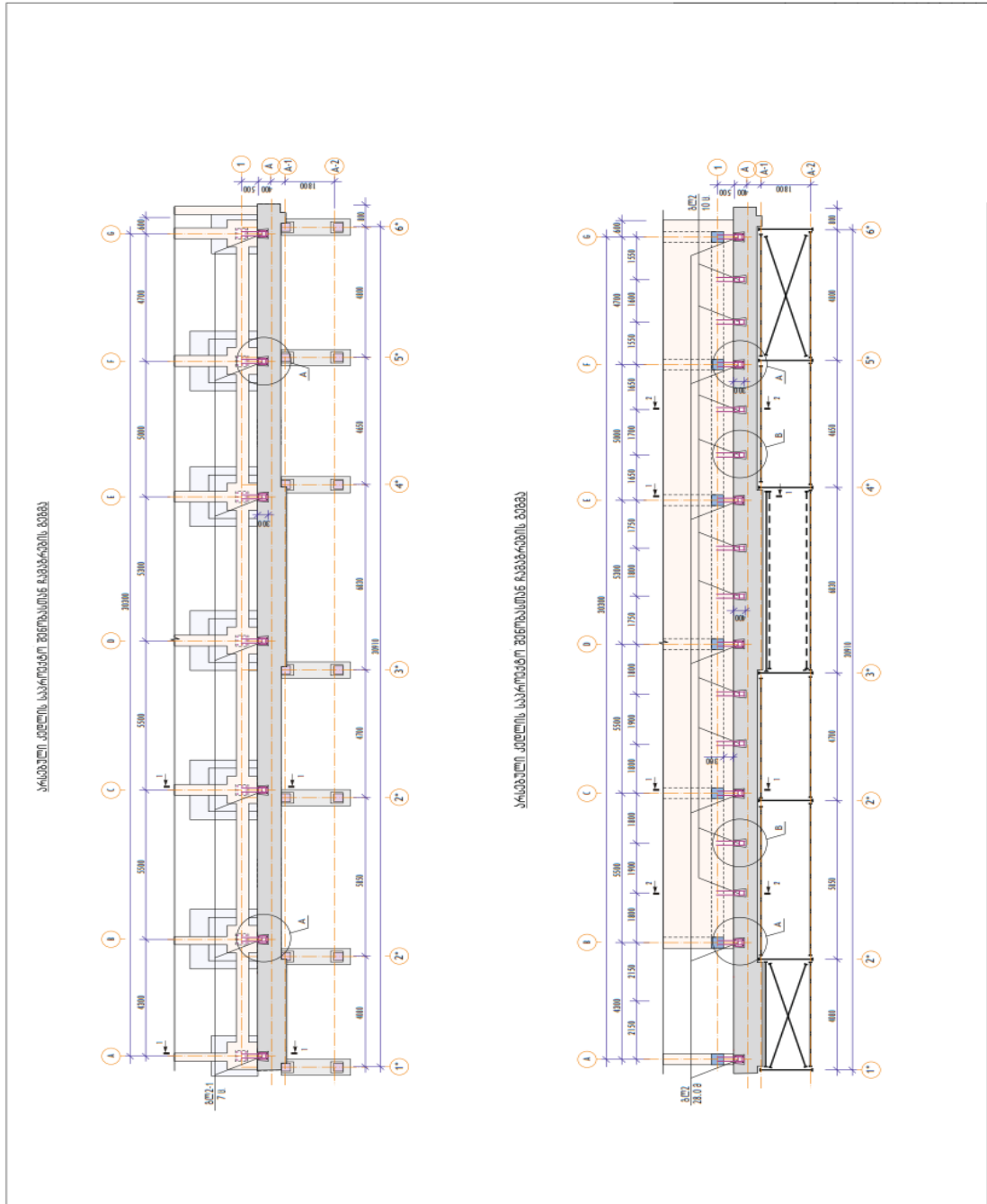


ნახაზი 3.4 ძალოვანი ხარაჩოს საძირკველი

ამ ეტაპზე მიმდინარეობს აღნიშნული ღონისძიებების განხორციელება. ძალოვანი ხარაჩოების მოწყობის შემდგომ დაგეგმილია უკვე შიდა სივრცის

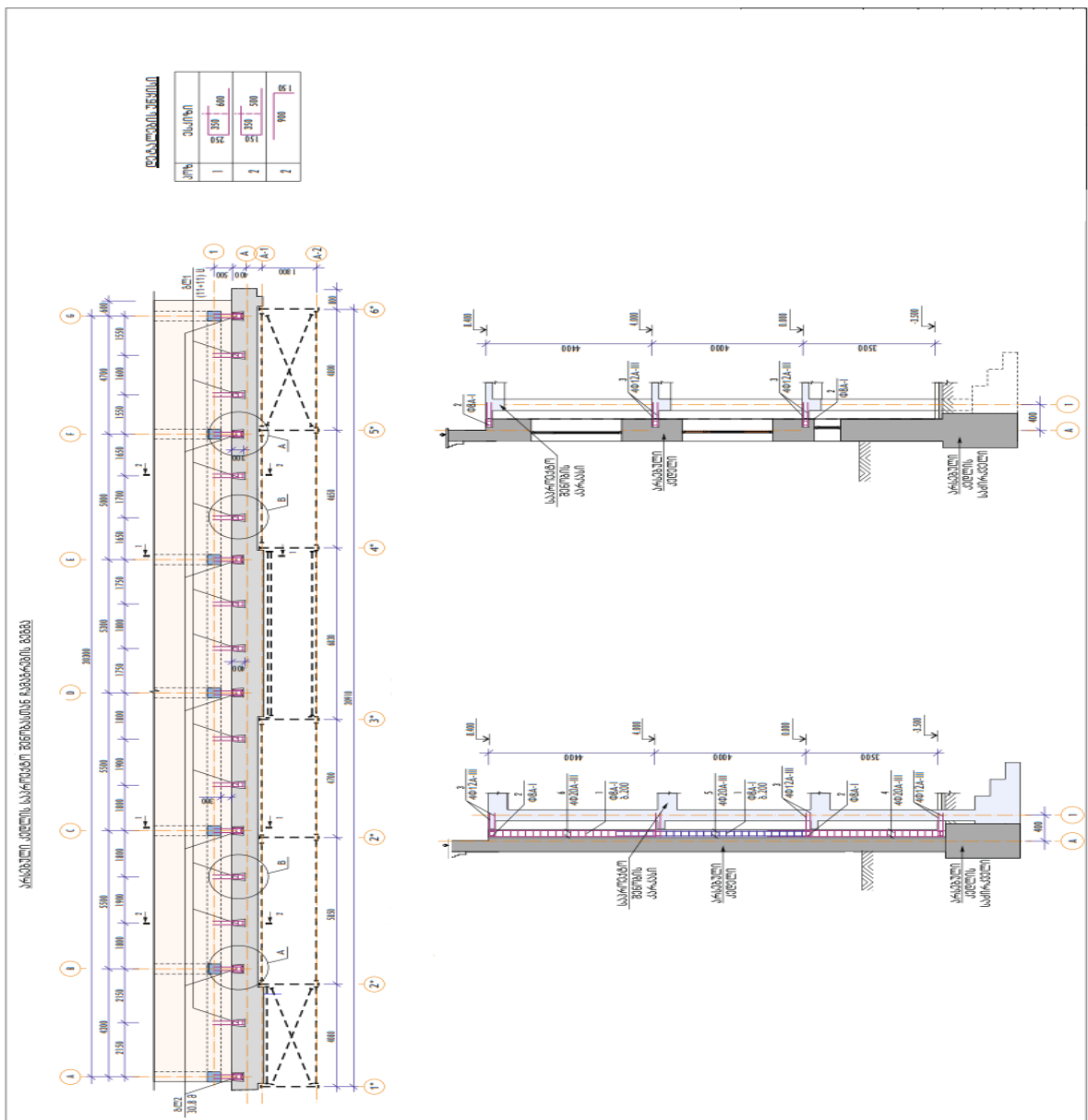
სადემონტაჟო სამუშაოების ჩატარება და შემდგომ საპროექტო ნაგებობის მშენებლობა. სწორედ შემდგომი პროცესები იწვევს ჩვენ განსაკუთრებულ ყურადღებას, არსებული კედლის და საპროექტო ნაგებობის დაკავშირება.

აღნიშნული გადაწყვეტა შემოთავაზებულია შემდეგი სახით:

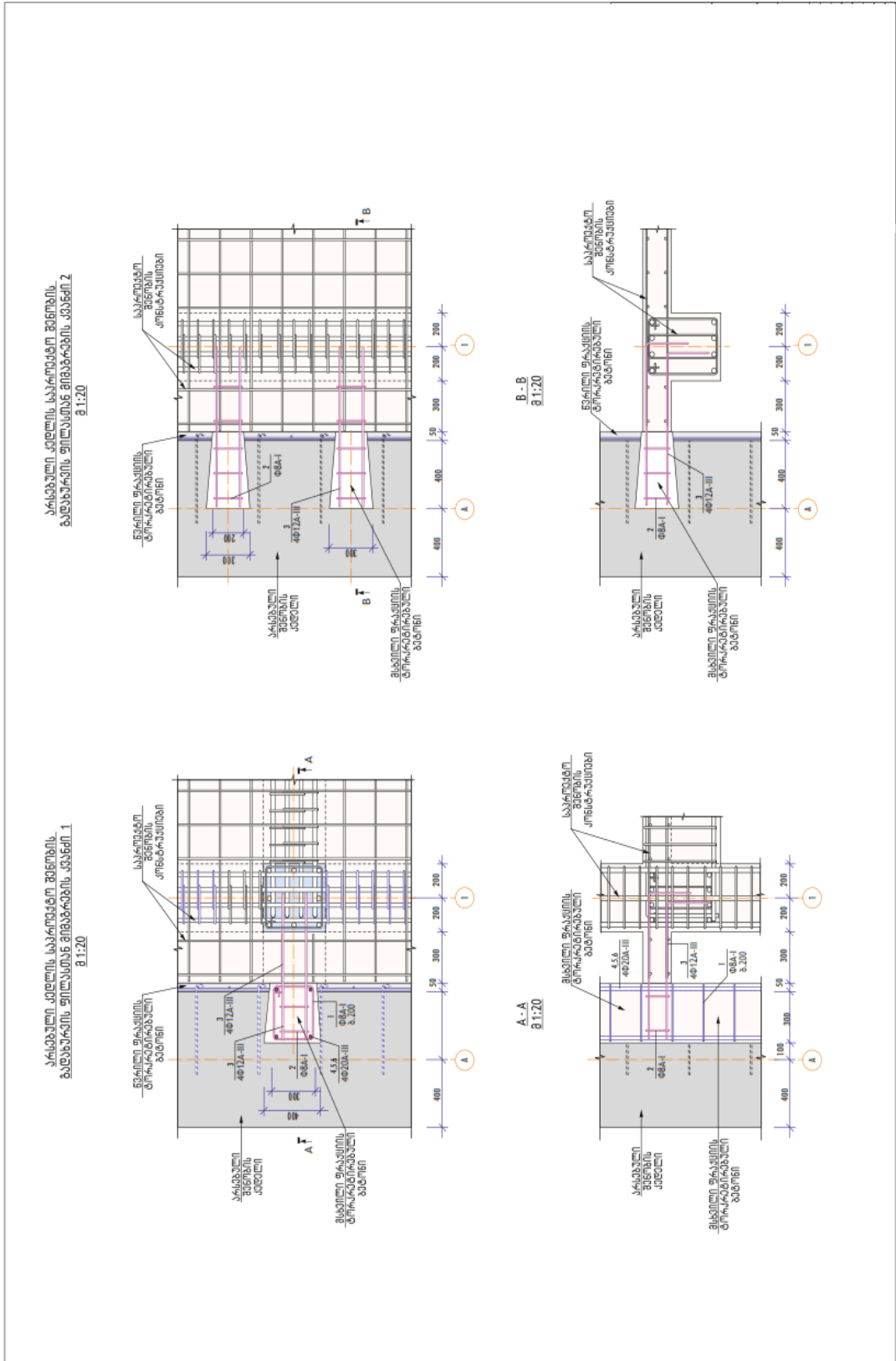


ნახაზი 3.5 არსებული კედლის დაკავშირება საპროექტო ნაგებობასთან.

არსებული კედლის საპროექტო მზიდ კონსტრუქციებთან ჩამაგრება ხდება საპროექტო გადახურვის ფილების დონეებზე 1550±2150 მმ. ბიჯით. არსებული კედლის ნაწილობრივი დემონტაჟი შიდა მხრიდან ზომებით 200±200 მმ; სიღრმე 300 და 400 მმ. ასევე ყველა საპროექტო ღერძის მიმდებარედ მთელ სიმაღლეზე, სიგანით 300±400 მმ. და სიღრმით 400 მმ. არსებულ კედელში და საპროექტო ფილებში ეწყობა შემაკავშირებელი არმატურის სივრცული კარკასი, ასევე სივრცული კარკასით არმირდება კედელში გამოღებული ვერტიკალური ნაწილიც (რკინაბეტონის გულარები).



ნახაზი 3.6 შემაკავშირებელი არმატურის სივრცული კარკასი



ნახაზი 3.7 არსებული კედლის საპროექტო შენობის გადახურვის ფილის კვანძი 1 და კვანძი 2

შეიძლება ითქვას, რომ ასეთი კონსტრუქციული გადაწყვეტით შესრულებული ნაგებობა არის ხისტად მიერთებული არსებულ კედელთან, სეისმური ზემოქმედებების შემთხვევაში კედლის ფუნქცია არ იქნება დამოუკიდებლად მიიღოს გადაადგილების შედეგად გამოწვეული დარტყმები, რადგან აღნიშნული კონსტრუქცია მთლიანად შეკიდული იქნება ძირითად ნაგებობაზე, მათ შორის საძირკვლებითაც. ამიტომ შეიძლება ითქვას რომ აღნიშნული კონსტრუქციული გადაწყვეტა შეიძლება გამოყენებული იქნეს მხოლოდ მცირე ზომის ნაგებობების სარეკონსტრუქციო პროექტებში.

3.1.2 ხისტად მიერთების შემთხვევაში, მაგალითი 2. ასეთივე კონსტრუქციული გადაწყვეტილება მიიღეს თბილისში, რადიანის ქუჩაზე მდებარე შვეიცარიის საელჩოს რეკონსტრუქციისასაც. სავარაუდოდ სწორედ შენობის მცირე გაბარიტებიდან და კედლის სისქიდან გამომდინარე როგორც ზემოთ აღნიშნულ შემთხვევაში.



სურათი 3.2 შვეიცარიის საელჩო

ეს ფაქტი მეტყველებს იმაზე, რომ საკმაოდ მომრავლდა ისტორიული ნაგებობების ამ სახით რეკონსტრუქცია, რაც მისასაღმებელია.

აღნიშნულ ნაგებობაზეც განხორციელდა შიდა ნაწილის დემონტაჟი, განსხვავება ისაა, რომ აქ შესანარჩუნებელი გახლდათ არა ერთი კონკრეტული კედელი, არამედ მთლიანად პერიმეტრის კედლები, თუმცა კონსტრუქციული გადაწყვეტა ისეთივე ხასიათისაა, რაც ნოტარიუსთა პალატის შენობის.



სურათი 3.3 შიდა სივრცის დემონტაჟი

პრინციპულად, ორივე ნაგებობაზე აუცილებელი გახდა ხისტი გადაწყვეტილებების მიღება საჭირო, რაც გამოიხატება შესანარჩუნებელი ნაწილის და საპროექტო ახალი ნაგებობების მიერთების იდენტურობაში.



სურათი 3.4 საძირკვლის გამაგრება

ზემოთ მოყვანილი ვარიანტები განხილულია ხისტად მიერთების შემთხვევები, რომლებიც შეიძლება ჩაითვალოს გამართლებულ ვარიანტებად სიხისტის საჭიროების თვალსაზრისით.

3.2 შესანარჩუნებელი ფასადის კედლის ადაპტირება (ახალ) საპროექტო ნაგებობასთან სახსრულად მიერთების შემთხვევაში

სახსრულად მიერთების შემთხვევაში კიდევ უფრო რთულ კონსტრუქციულ სქემასთან გვაქვს საქმე, რადგან კონსტრუქცია არ მოისაზრება როგორც ერთი მთლიანი ჩარჩო. ორივე მათგანი ცალ-ცალკე იღებს გარე ფაქტორების შედეგად მოსულ ზემოქმედებებს, ამიტომ მიწისძვრის შედეგად გამოწვეულმა ძალებმა შესაძლებელია მათი რხევების პერიოდის დამთხვევისას გამოიწვიოს რეზონანსი, რაც სავალალო შედეგს გამოიწვევს. თუმცა ამ ვარიანტსაც აქვს გარკვეული ლოგიკური გამართლება.

ამის მკაფიო მაგალითია რუსთაველის #30 მდებარე ნაგებობა, რომელიც აშენებულია მე-19 საუკუნის ბოლოს, როგორც ცალ-ცალკე აგებული ორი სამსართულიანი II-ს ფორმის ნაგებობა, რომლებიც ქმნიან სხვადასხვა დონიან საერთო მართკუთხა ეზოს. შენობის ძირითადი ნაწილი გრიბოედოვის მხრიდან სამსართულიანია (გააჩნია ნახევარსარდაფი). ძირითად მზიდ კონსტრუქციას წარმოადგენს კერამიკული აგურისაგან აგებული კედლები კირის ხსნარზე, რომელთა სისქე გარე კედლებისთვის 100-160 სანტიმეტრია. სართულშუა გადახურვები ხის კონსტრუქციისაა.

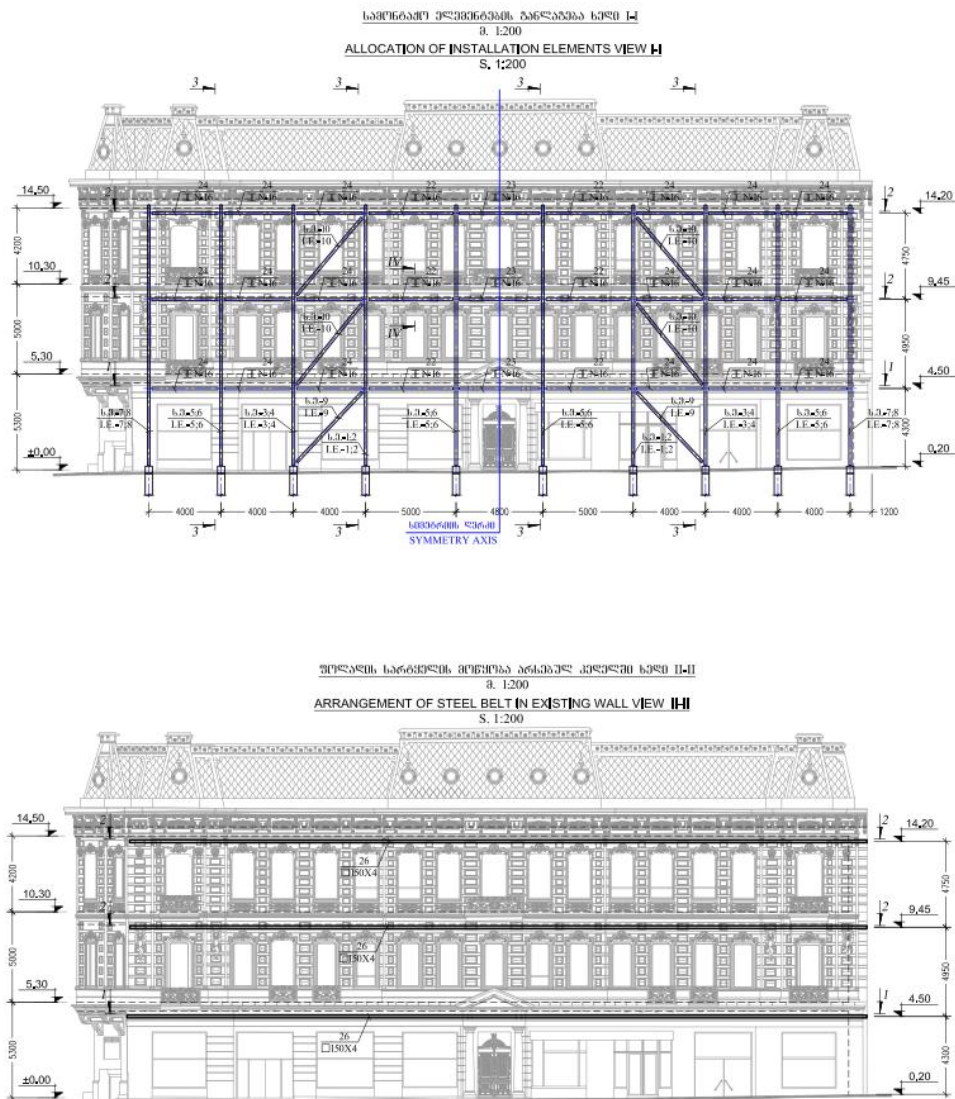
აღნიშნული ნაგებობაც წარმოადგენს კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლს, რომლის რეკონსტრუქციის პროცესშიც ჩვენი კანონმდებლობით დაუშვებელია ძირითადი იერსახის შეცვლა, ამიტომ ამ შემთხვევაშიც მიიღეს გადაწყვეტილება შეენარჩუნებინათ ფასადის ავთენტურობა, თუმცაღა მოახდინეს სართულიანობის გაზრდა

არქიტექტურული პროექტის მოთხოვნებიდან, ასევე არსებული სიტუაციისა და გეოლოგიური პირობებიდან გამომდინარე „ARTSTUDIO PROJECT“-მა დაამუშავა რეკონსტრუქციის პროექტი, სადაც შენობის ძირითად

სქემად მიღებულია რ/ზ მონოლითური კარკასი პერიმეტრის აგურის კედლების შენარჩუნებით.

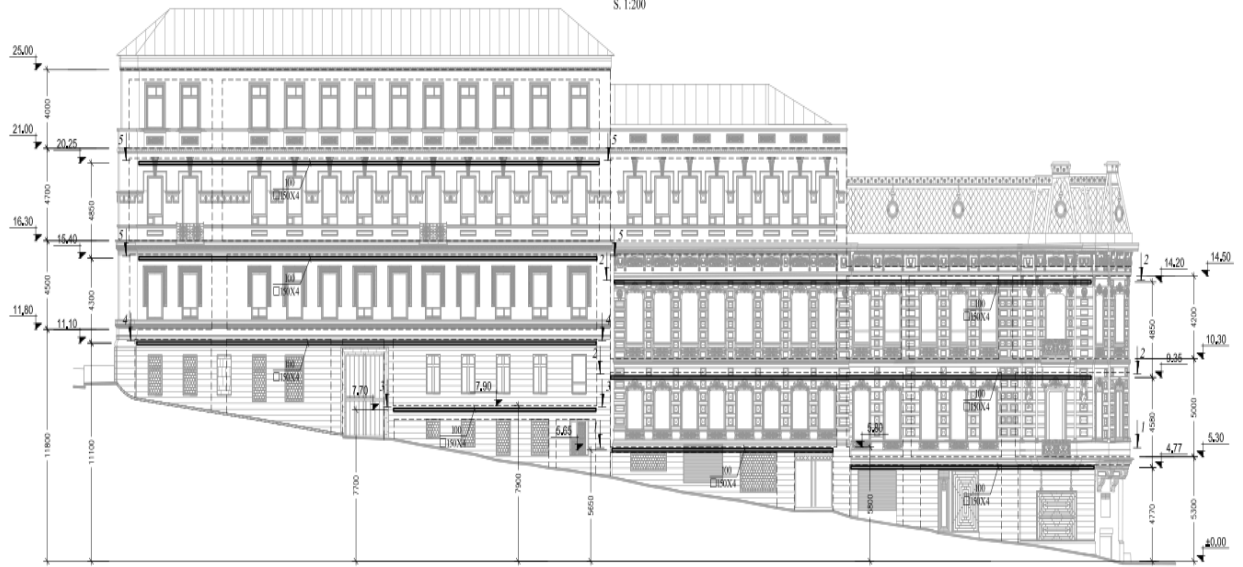
ამ შემთხვევაში პროექტის მიხედვით დამუშავებულია არსებული შესანარჩუნებელი პერიმეტრის კედლების მიერთება საპროექტო ნაგებობასთან სახსრულად რომელსაც ავტორი გვთავაზობს საკმაოდ საინტერესო კონსტრუქციული გადაწყვეტებით.

ისევე როგორც წინა შემთხვევები, აქაც თავდაპირველად განხორციელდა შესანარჩუნებელი ფასადის კედლების დაჭერა ლითონის სივრცული კონსტრუქციით, რომლის მოწყობა განხორციელდა მთლიან ფასადზე.

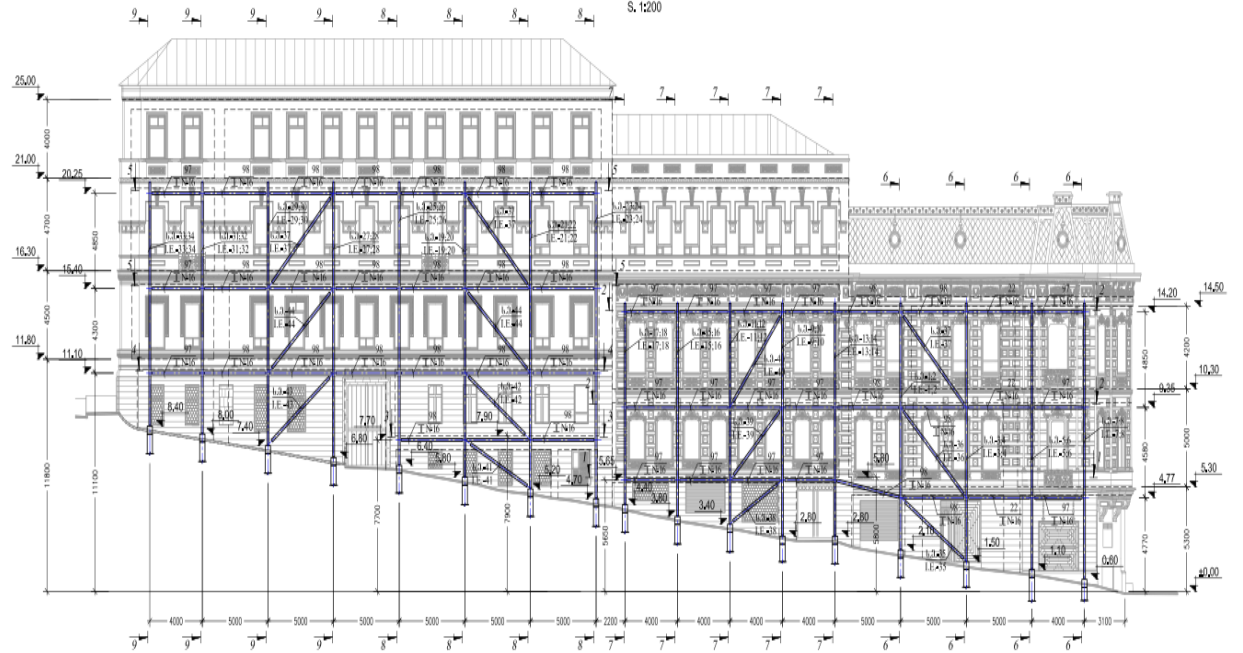


ნახაზი 3.8 ფოლადის სარტყელის მოწყობა არსებულ კედელზე ხედი 1

შპს "საქსტალი" მიწის ნაკვეთი № 010/010/001/20
 8. 1200
ARRANGEMENT OF STEEL BELT IN EXISTING WALL VIEW II
 S. 1:200

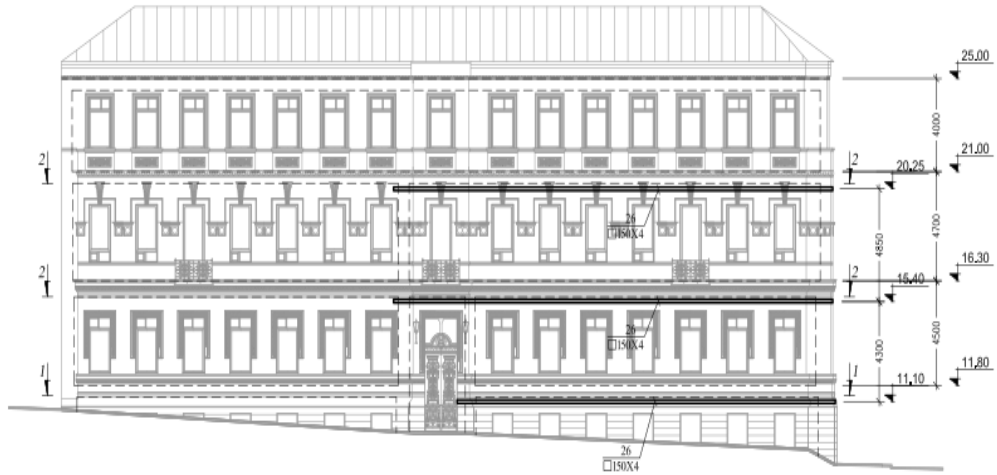


საპლანო განლაგების გეგმა ნაწილი II
 8. 1200
ALLOCATION OF INSTALLATION ELEMENTS VIEW II
 S. 1:200

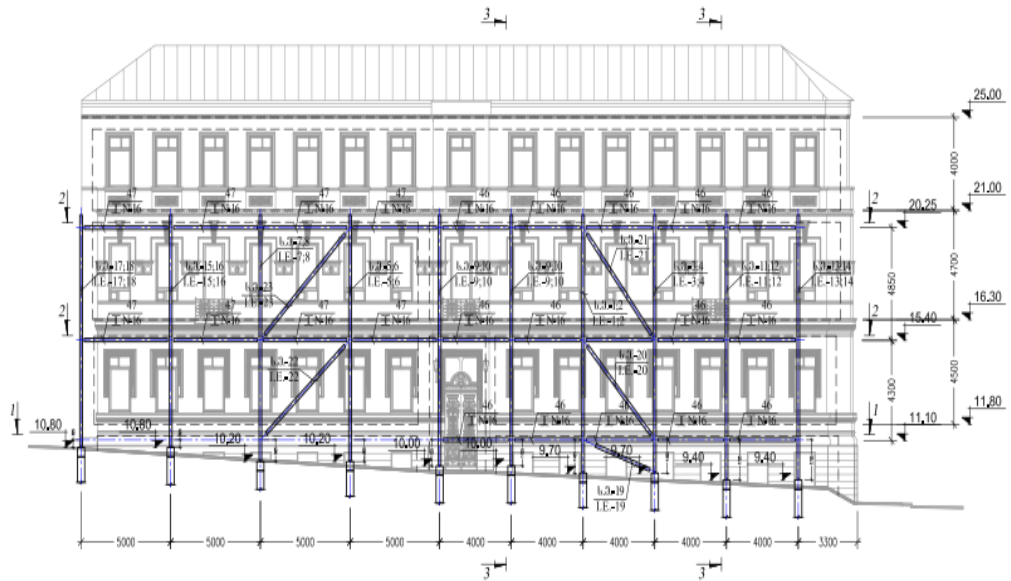


ნახაზი 3.9 ფოლადის სარტყელის მოწყობა არსებულ კედელზე ხედი 2

ფოლადის სარტყელის მოწყობა არსებულ კედელზე ხედი II-I
 შ. 1:200
 ARRANGEMENT OF STEEL BELT IN EXISTING WALL VIEW II-I
 S. 1:200

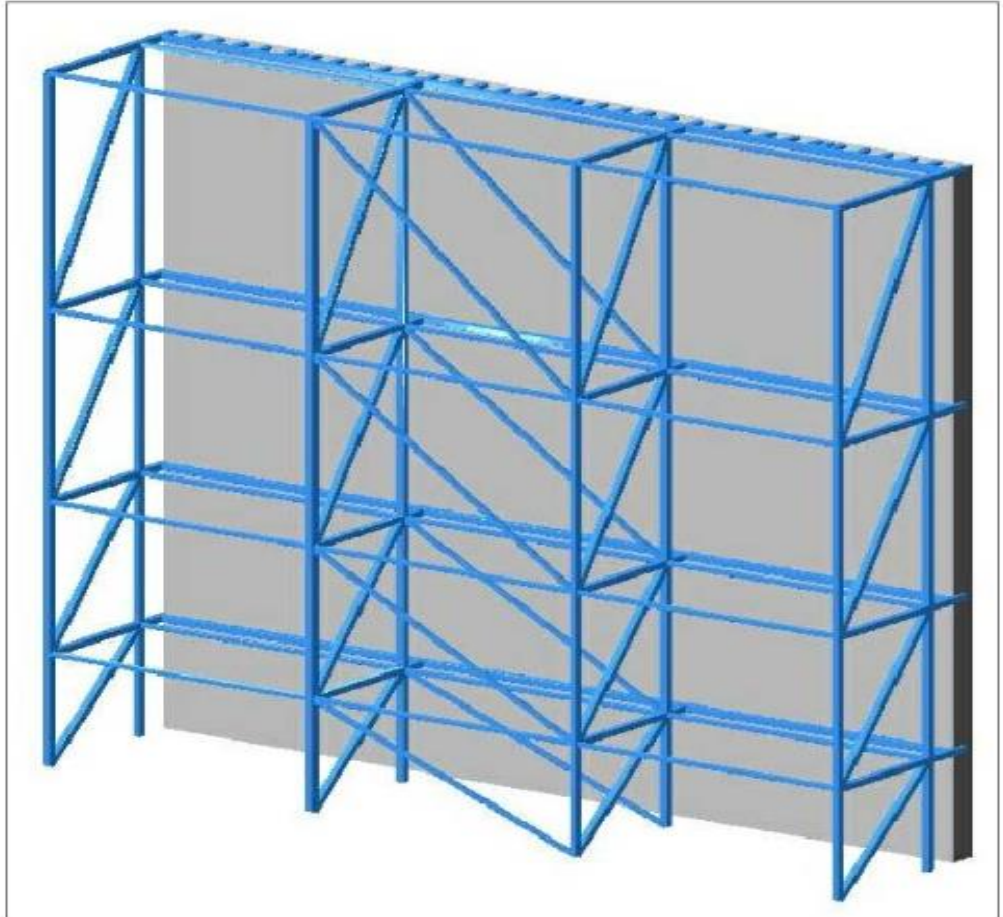


სარტყელის მოწყობის განლაგება ხედი III-III
 შ. 1:200
 ALLOCATION OF INSTALLATION ELEMENTS VIEW III-III
 S. 1:200



ნახაზი 3.10 ფოლადის სარტყელის მოწყობა არსებულ კედელზე ხედი 3

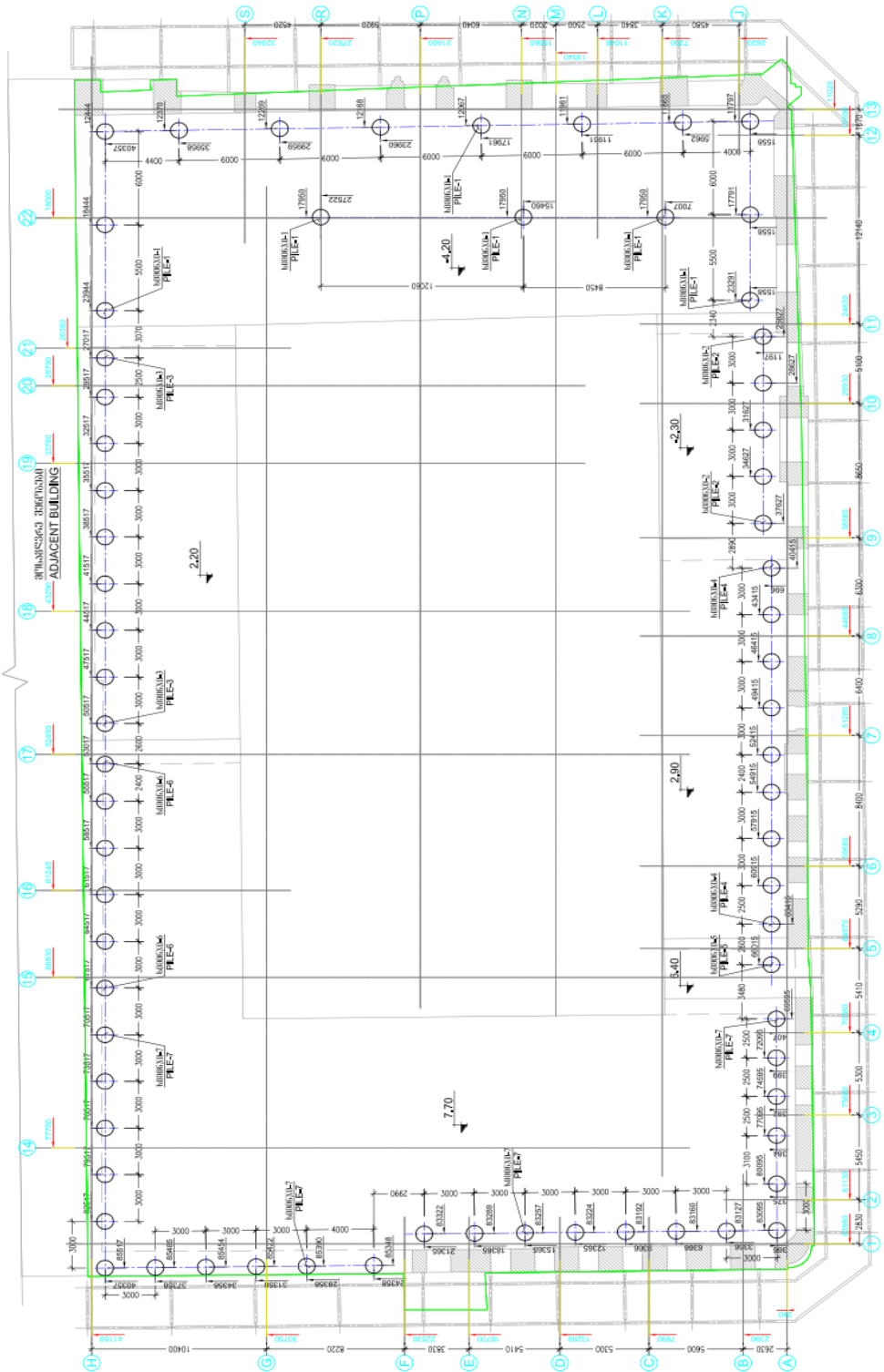
არსებული შესანარჩუნებელი ხედლების დაჭერა ფოლადის ელემენტებით



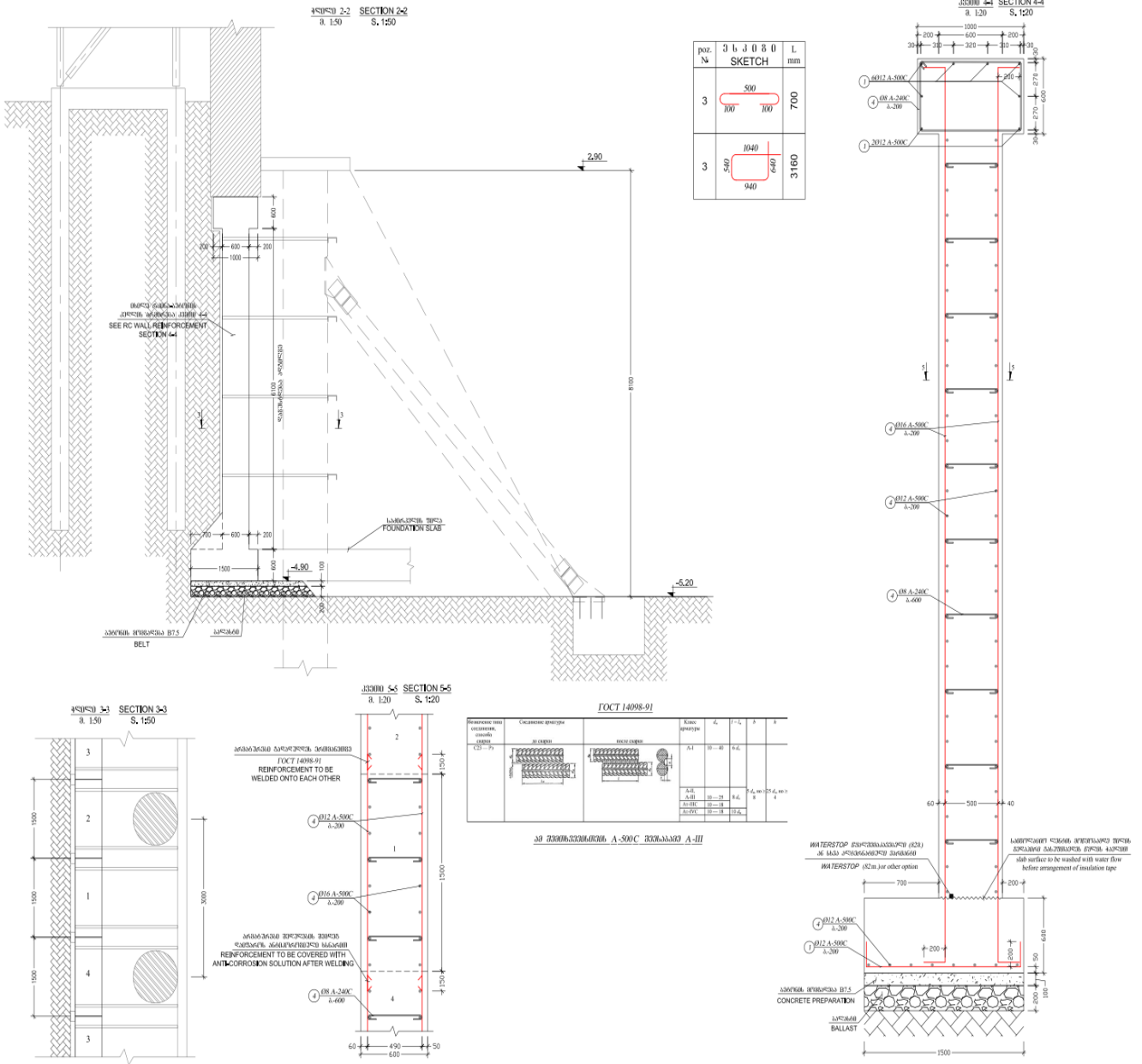
ნახაზი 3.11 ხარაჩოს სივრცული სქემა

გარე კედლების კონტურზე, შენობის შიდა მხრიდან, კედლების დაღრმავებისთვის, შესანარჩუნებელი კედლების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად და სამეზობლო მიჯნაზე მეზობელ ნაგებობებზე ახალი მშენებლობის უარყოფითი (დაუშვებელი) ზეგავლენის თავიდან აცილების მიზნით საძირკვლის ფილის ქვეშ გათვალისწინებული იქნა ხიმინჯების მოწყობა.

შპს "საქსტრასტის" პროექტი
 რ. 1:200
 PILES LOCATION PLAN
 S. 1:200



ნახაზი 3.12 ხიმინჯების განლაგების სქემა



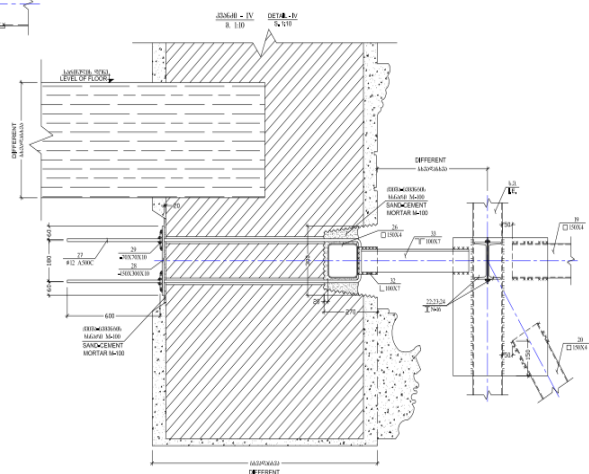
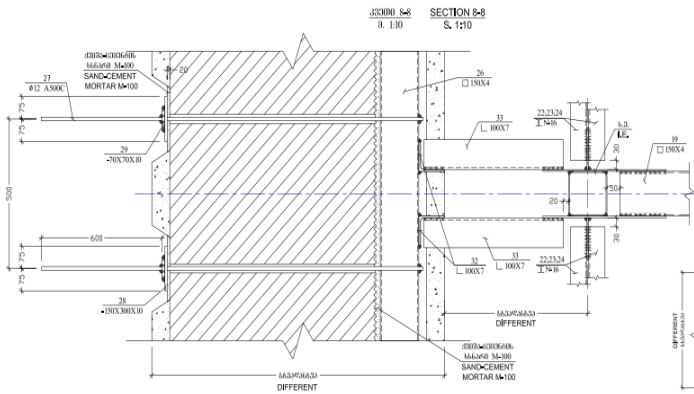
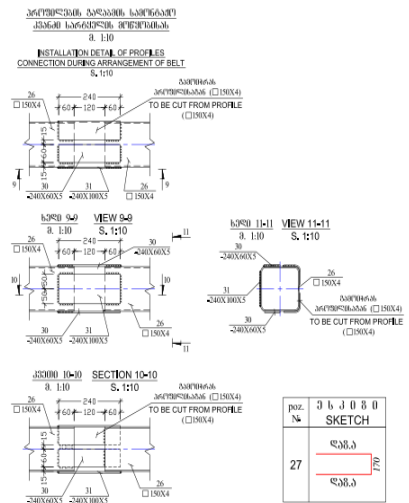
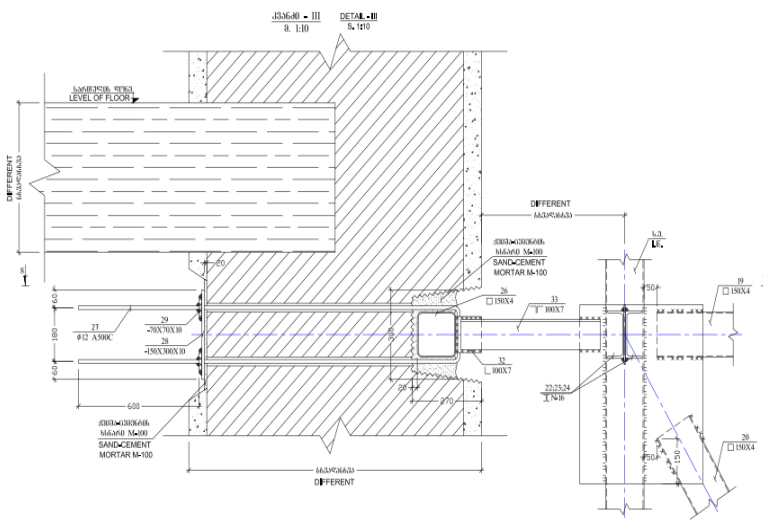
ნახაზი 3.13 კედლის დაჭერა ნარანდებით

პრინციპი, შესანარჩუნებელი კედლის დაჭერისას თითქმის იდენტურია ყველა შემთხვევისთვის, ამიტომ ასეთი ტიპის სამუშაოების შესრულებისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მიწისზედა კონსტრუქციების

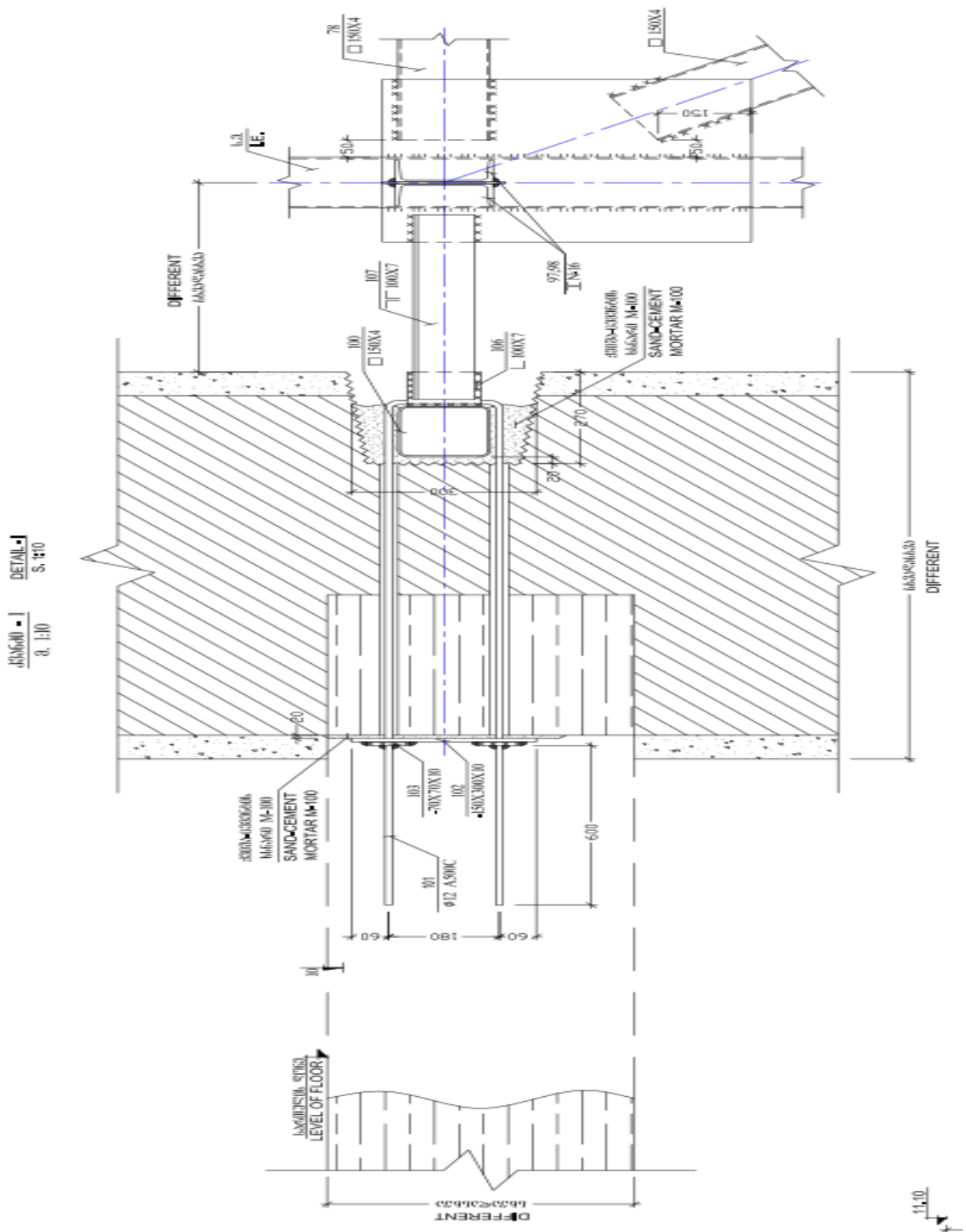
მიერთების დეტალებს, რადგან სეისმური ზემოქმედებების შემთხვევაში სწორედ ისინი მოდიან დინამიკაში.

იმის გათვალისწინებით, რომ არსებული კედელი შესრულებულია წითელი აგურის და ყორე ქვის წყობის მონაცვლეობით, ასევე მისი ზომებიდან გამომდინარე, კონსტრუქტორებს არ მიეცათ საშუალება ისეთივე გადაწყვეტილებები მიეღოთ როგორც ზემოთ აღნიშნულ ორ შემთხვევაში (ხისტად მიერთების შემთხვევა), ამიტომ აუცილებელი გახდა ერთმანეთთან მაკავშირებელი კვანძი ყოფილიყო სახსრულად. არსებულ (შესანარჩუნებელ) კედელსა და საპროექტო (ახალ) რკინაბეტონის კონსტრუქციებს შორის გათვალისწინებულია სადეფორმაციო ნაკერის მოწყობა, რის გამოც შესანარჩუნებელ კედელს ახალ შენობაზე მოსული სტატიკური დატვირთვები არ გადაეცემა. ასევე გათვალისწინებულია ქვის კედლების სეისმომდეგობის ამაღლება, რისთვისაც სართულშუა გადახურვის დონეებზე მოეწყობა ანტისეისმური სარტყელები და კედლების ზედაპირზე შიდა მხრიდან გაუკეთდება არმირებული ტორკრეტბეტონის შრე.

სწორედ აღნიშნული კედლის დაჭერის შემოთავაზებული მეთოდია მეტად მნიშვნელოვანი, რადგან განსაკუთრებულ სირთულეს ასეთი ტიპის კონსტრუქციული გადაწყვეტებისას სწორედ მათი ერთმანეთთან დაკავშირება წარმოადგენს. კონსტრუქტორის მოსაზრებით აღნიშნულის მიზნის მისაღწევად აუცილებელია საპროექტო შენობის სართულშუა ფილები არსებულ კედლებს დაუკავშირდეს Ø12 არმატურების მეშვეობით, რომელიც ერთი ბოლოთი ჩაბეტონებული იქნება საპროექტი ნაგებობის გადახურვის ფილაში, ხოლო მეორე ბოლოთი მისვარკებული იქნება შესანარჩუნებელ კედელში მოწყობილ ლითონის ელემენტებთან.



ნახაზი 3.14 არსებულ კედელში გადახურვის ფილის შეერთების დეტალები



ნახაზი 3.15 გადახურვის ფილის სახსრულად დაკავშირება არსებულ კედელთან

ავტორის მოსაზრებით, მაკავშირებელი კვანძის მოქნილობას სწორედ აღნიშნული კონსტრუქციული გადაწყვეტა უზრუნველყოფს, არმატურის დენადობის და მისი ფარდობითი წაგრძელების ხარჯზე.

საბოლოოდ ნაგებობა მიიღებს შემდეგ სახეს:



სურათი 3.5 რეკონსტრუქციის შემდგომი იერსახე

რალა თქმა უნდა აღნიშნულ მეთოდს აქვს გარკვეული დადებითი მხარეები, ტექნოლოგიური სიმარტივისა და ეკონომიურობის თვალსაზრისით, თუმცა მიგვაჩნია რომ ასეთი ტიპის მასშტაბური ნაგებობების ხანგრძლივი ექსპლოატაციის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია ინოვაციური ტექნოლოგიების და აქტიური სეისმოდაცვის სისტემების მეტად ჩართულობა.

ამიტომ ჩვენი მთავარია მიზანია შევქმნათ ისეთი მაკავშირებელი სქემა, რომელიც სტატიკურ დატვირთვებს არ გადასცემს არსებულ კედელს, ასევე

სეისმური ძალების ზემოქმედების შემთხვევაში უზრუნველყობს მასზე მოსულ არასასურველი რხევების მილევადობას.

თავი IV. შესანარჩუნებელი ფასადის კედლის დაკავშირება

ჰორიზონტალური ფრიქციული კავშირების საშუალებით

მოცემულია ახალი ალტერნატიული კონსტრუქციული სქემა შესანარჩუნებელი ფასადის კედლის და კარკასული შენობის მიერთება ჰორიზონტალური ფრიქციული კავშირების საშუალებით. კომპიუტერული ექსპერიმენტის გაანგარიშების საფუძველზე შედარებულია შედეგები ხისტად დაკავშირებულის და აღნიშნული ახალი ტიპის სეისმოდამცავი ელემენტების.

კვლევის სიახლე განეკუთვნება მიწისზედა ნაგებობების მშენებლობას, კერძოდ, კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსის ან და განსაკუთრებული ფასეულობების მქონე ავარიული ნაგებობების ჩანაცვლებას ახალი, თანამედროვე სტანდარტებით დაპროექტებული შენობებით, ისე, რომ ავარიული ნაგებობის დემონტაჟი ხდებოდეს ნაწილობრივ, მხოლოდ შიდა სივრცის, ხოლო დარჩენილი პერიმეტრის ფასადის კედელი შენარჩუნებული იქნას მისი ხანგრძლივი ექსპლოატაციის უზრუნველყოფით, სეისმოდამცავი სისტემების გათვალისწინებით.

4.1 ახალი ტიპის ფრიქციული კონსტრუქცია

დემონტაჟის შედაგად დარჩენილ, შესანარჩუნებელი პერიმეტრის კედელში 1 მოწყობილია რ/ბ. სარტყელი 2, რომელიც თავის მხრივ ლითონის საკოჭებით 3 მიმაგრებულია არსებულ კედელთან დამატებითი სიხისტის უზრუნველსაყოფად. საპროექტო მონოლითური შენობის სართულშუა გადახურვების დონეზე არსებული კედლის მიმართულებით გადმოდის კონსოლური ფილა 4, ასევე კონსოლურად გადმოდის ფილა რ/ბ სარტყელიდან 5, რომლებიც ქმნიან ერთიან ფრიქციულ კონსტრუქციას. კონსოლებს შორის არსებულ სიცარიელეში თავსდება პოლიურეთანის ფენა 6, ზედა და ქვედა ფილები მოჭიმულია წრიული განიკვეთის მქონე ლითონის ღეროებით 7, რომელთაც საყრდენ ზონებში აქვთ შედარებით მკვრივი პოლიურეთანის

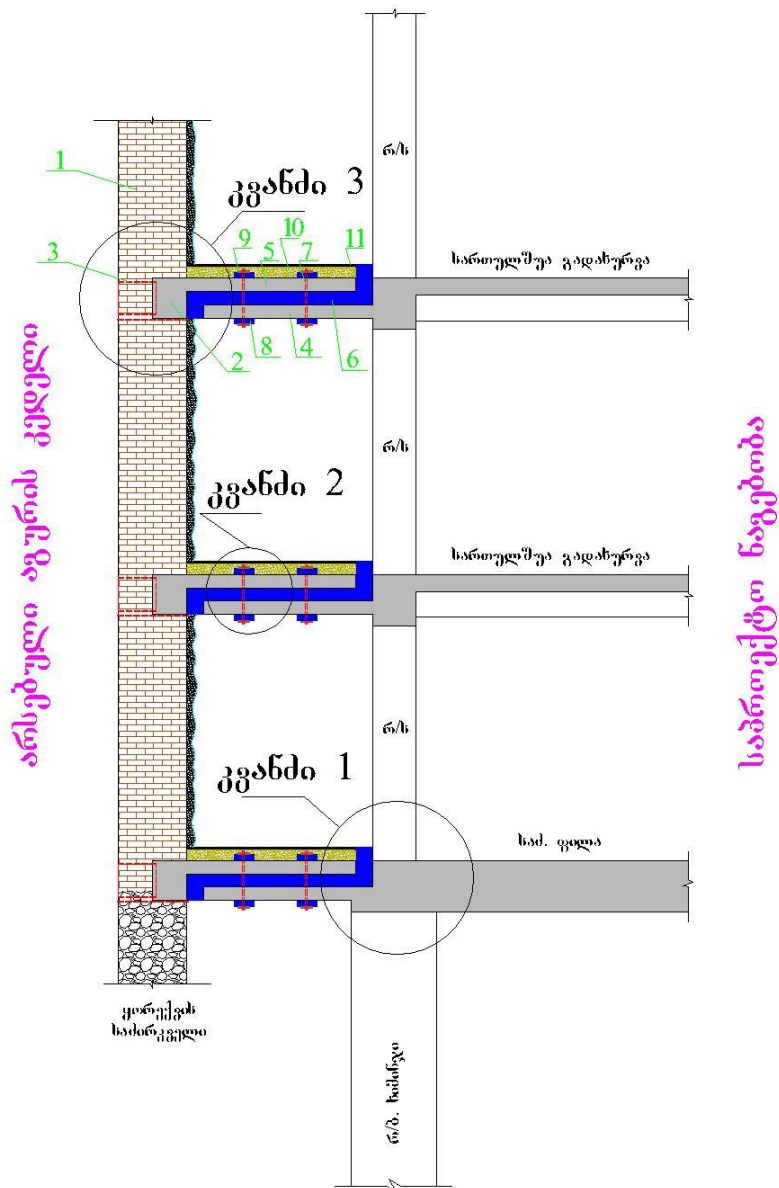
სადები 8, ხოლო სადების თავზე მოწყობილია ლითონის ფირფიტა 9. გადახურვის დონეზე მოფენილია თბოსაიზოლაციო პემზა 10, შესრულებულია მოჭიმვა 11. ასევე კედლის ცალ მხარეს (შიგნიდან) აუცილებელია გაუკეთდეს არმირებული ტორკრეტბეტონის შრე 4-5 სმ.

აღნიშნული კონსტრუქციული სქემით დაშვებულია ორი შესაძლო ვარიანტი:

1. მცირე მალის შემთხვევა, როდესაც შესანარჩუნებელი ფასადის კედელი და (ახალი) საპროექტო შენობა ერთმანეთთან დაშორებულია არაუმეტეს 1.2 მ. ასეთ ვითარებაში დასაშვებია ფასადის კედლიდან გადმოსულმა კონსოლურმა ფილამ შეასრულოს სართულშუა გადახურვის ფუნქცია.

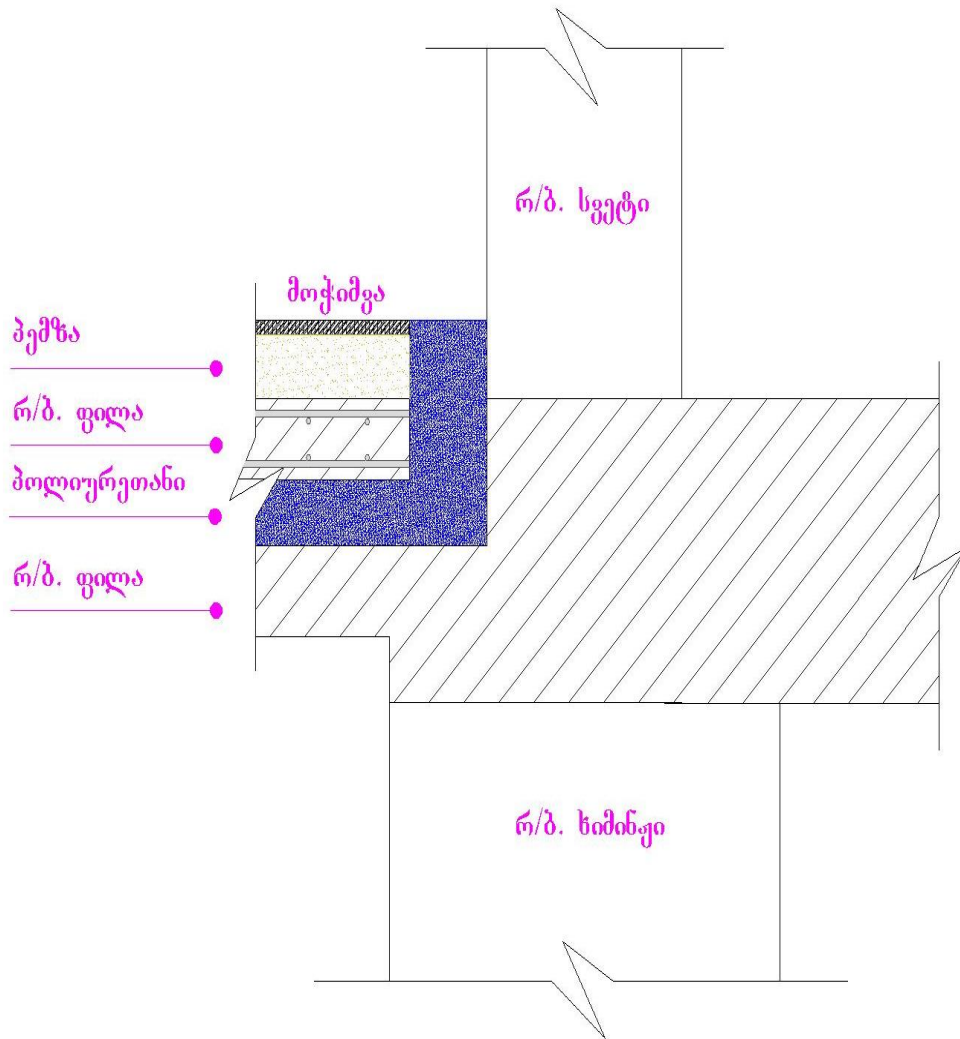
აღნიშნული კონსტრუქციული გადაწყვეტის მთავარი მიზანია შესანარჩუნებელ ფასადის კედელში მოწყობილი რ/ბ. სარტყელიდან გადმოსულ კონსოლურ ფილაზე მოსული სტატიკური დატვირთვების მაქსიმალურად აცილება, რომელიც ასევე პირდაპირპროპორციულად უზრუნველყოფს კედელზე მოსულ არასასურველი ზემოქმედებების მნიშვნელოვნად შემცირებას.

სქემატური ნახაზი 1



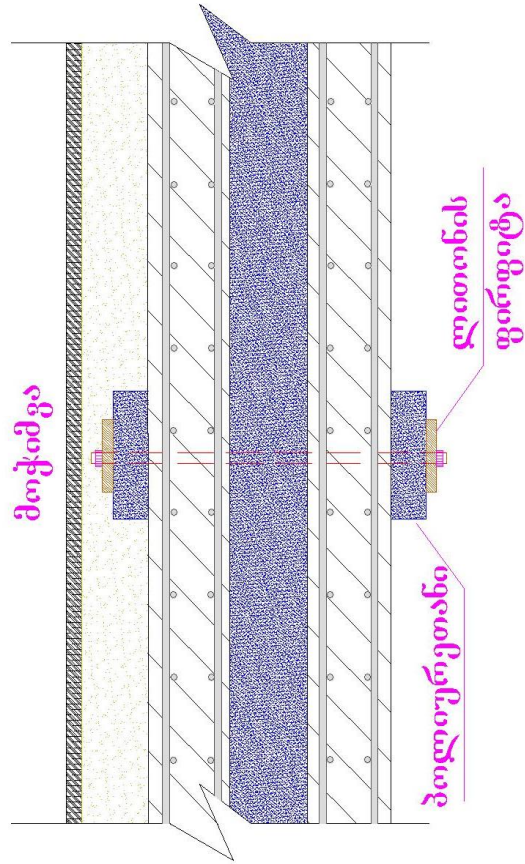
ნახაზი 4.1. არსებული კედლისა და საპროექტო ნაგებობის დაკავშირება
ჰორიზონტალური ფრიქციული კავშირების საშუალებით (ვარიანტი 1)

კვანძი 1



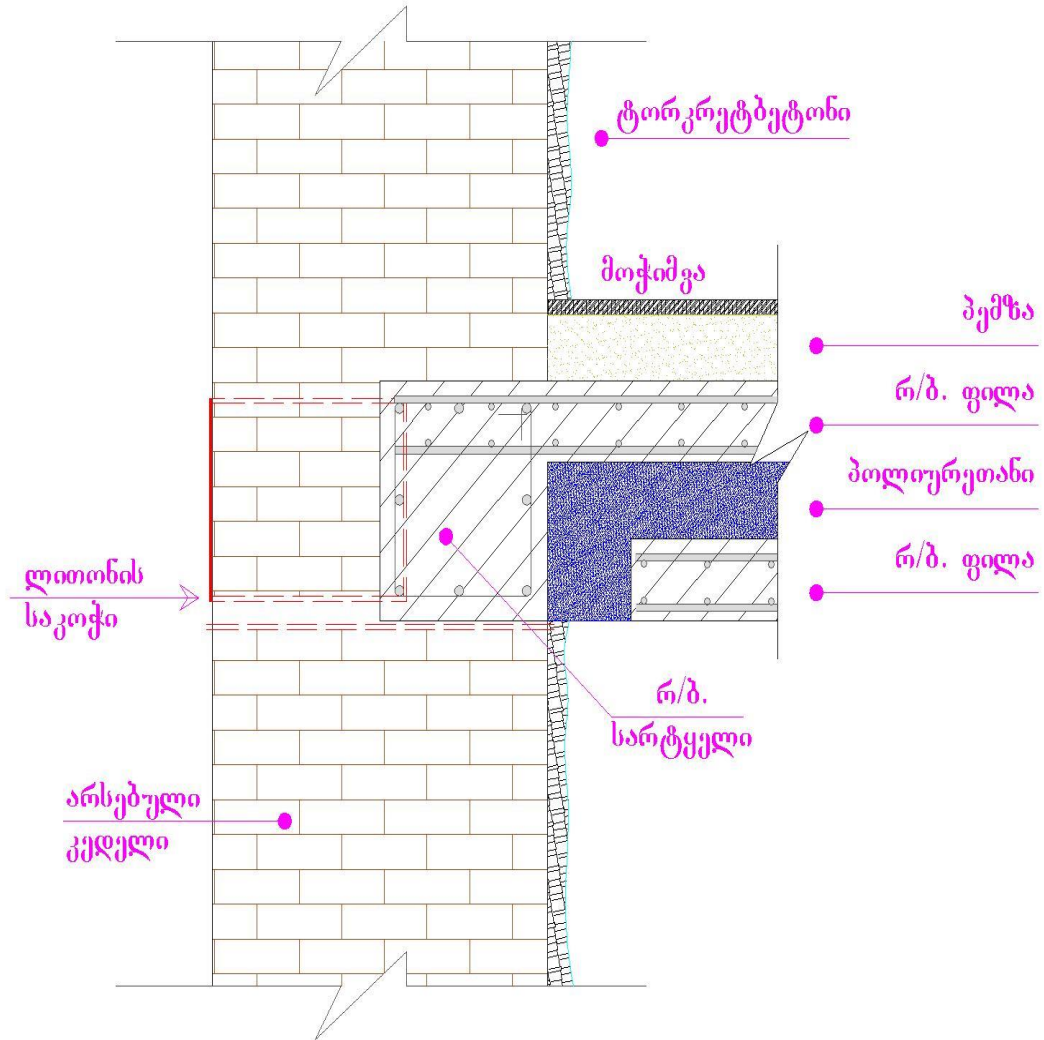
ნახაზი 4.2 კვანძი 1

კვანძი 2



- პეშა
- რ/ბ. ფილა
- პოლიურეთანი
- რ/ბ. ფილა

ნახაზი 4. 3. კვანძი 2



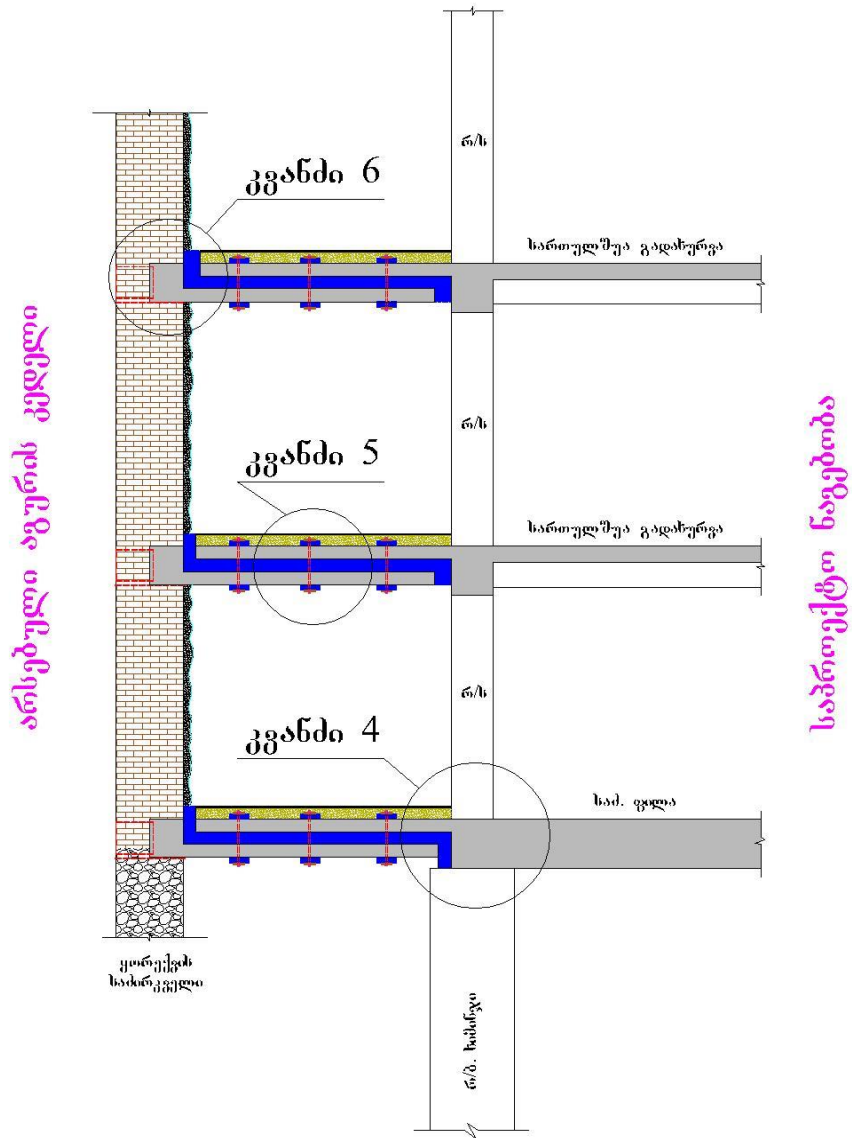
ნახაზი 4.4 კვანძი 3

2. შემთხვევა, როდესაც არქიტექტურული მოთხოვნებიდან გამომდინარე აუცილებელი ხდება შესანარჩუნებელი ფასადის კედლი საპროექტო ნაგებობასთან დაშორებული იყოს 1.2 მ-ზე მეტი მანძილით. ამ შემთხვევაში აუცილებელია სართულშუა გადახურვის ფუნქცია იტვირთოს საპროექტო ნაგებობიდან გადმოსულმა კონსოლურმა ფილამ.

აღნიშნული კონსტრუქციული სქემა უზრუნველყოფს სტატიკური დატვირთვების მთლიანად აცილებას შესანარჩუნებელ ფასადის კედელზე. ამ შემთხვევაში ექსპლოატაციისას მოსული სტატიკური დატვირთვები სრულიად გადაეცემა საპროექტო ნაგებობას. ხოლო, რაც შეეხება კედლიდან გამოსულ კონსოლს იგი მუშაობაში ჩაერთვება მხოლოდ სეისმური ზემოქმედებების შემთხვევაში და აღნიშნული ფრიქციული კონსტრუქცია უზრუნველყოფს რხევების მილევადობას.

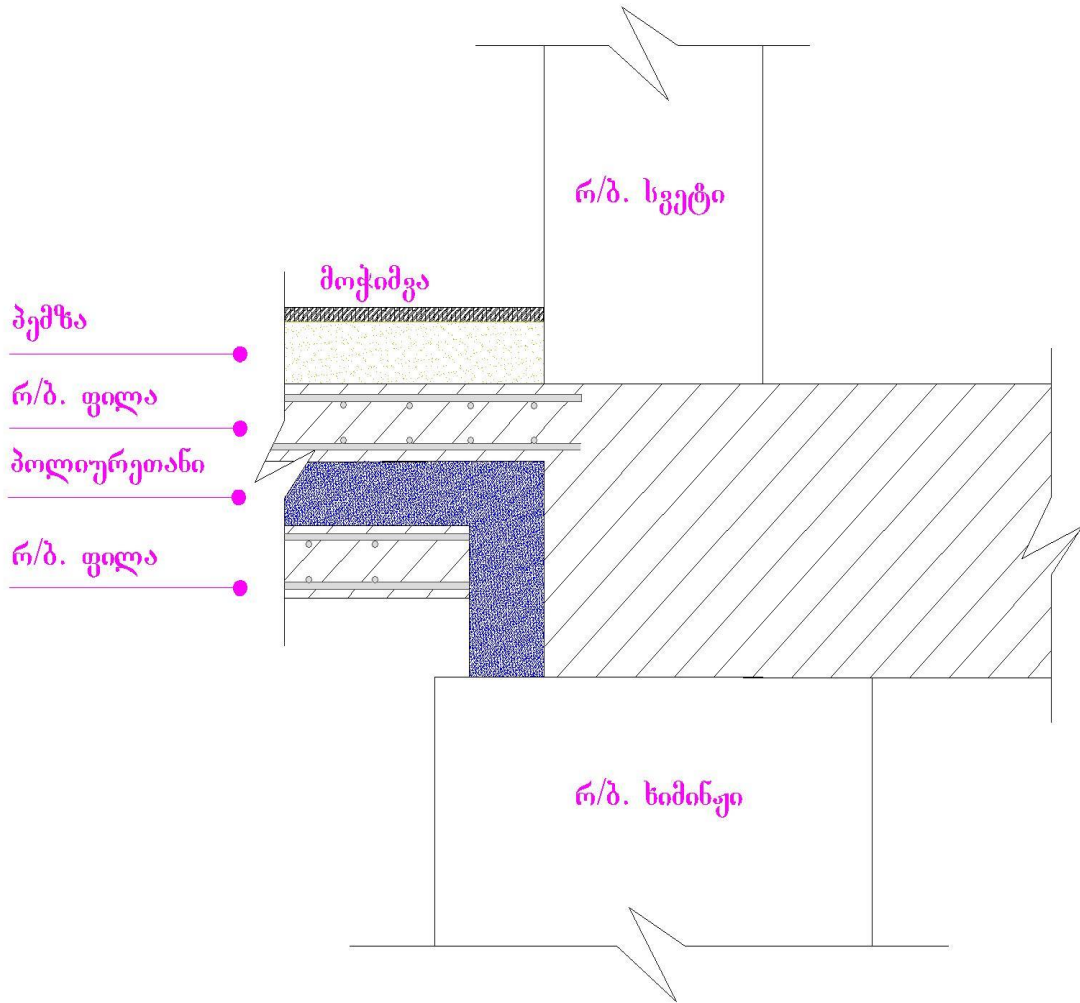
ამ შემთხვევაში მალის მაქსიმალური მანძილი არაუმეტეს 3 მეტრია.

სქემატური ნახაზი 2



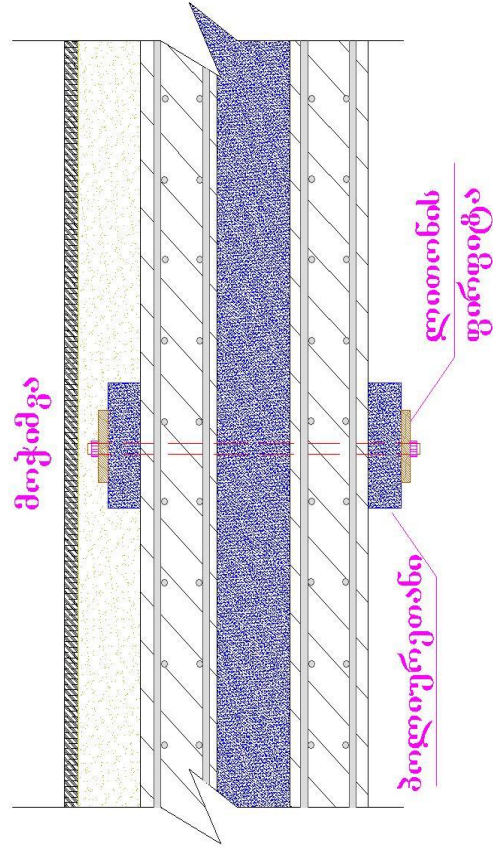
ნახაზი 4.5 არსებული კედლისა და საპროექტო ნაგებობის დაკავშირება ჰორიზონტალური ფრიქციული კავშირებით (ვარიანტი 2)

კვანძი 4



ნახაზი 4.6 კვანძი 4

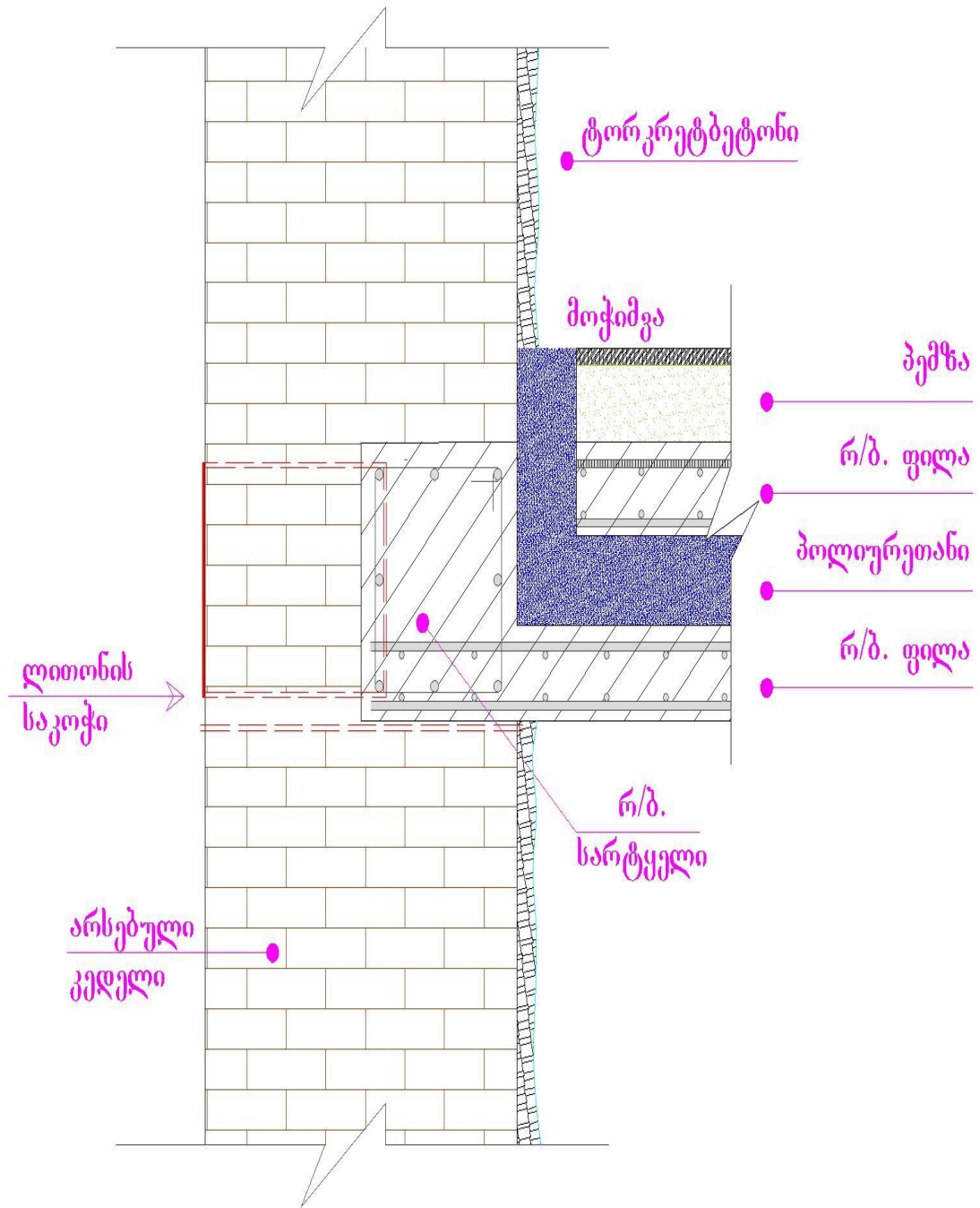
კვანძი 5



- პეშა
- რ/ბ. ფილა
- პოლიურეთანი
- რ/ბ. ფილა

ნახაზი 4.7 კვანძი 5

კვანძი 6



ნახაზი 4.8 კვანძი 6

შემოთავაზებული, ახალი ტიპის ფრიქციული კონსტრუქციის გამართული ექსპლოატაციის პირობები მიიღწევა სწორად დაგეგმილი ტექნოლოგიური პროცესების თანმიმდევრობით.

4.2 აღნიშნული კონსტრუქციის სამონტაჟო ტექნოლოგია

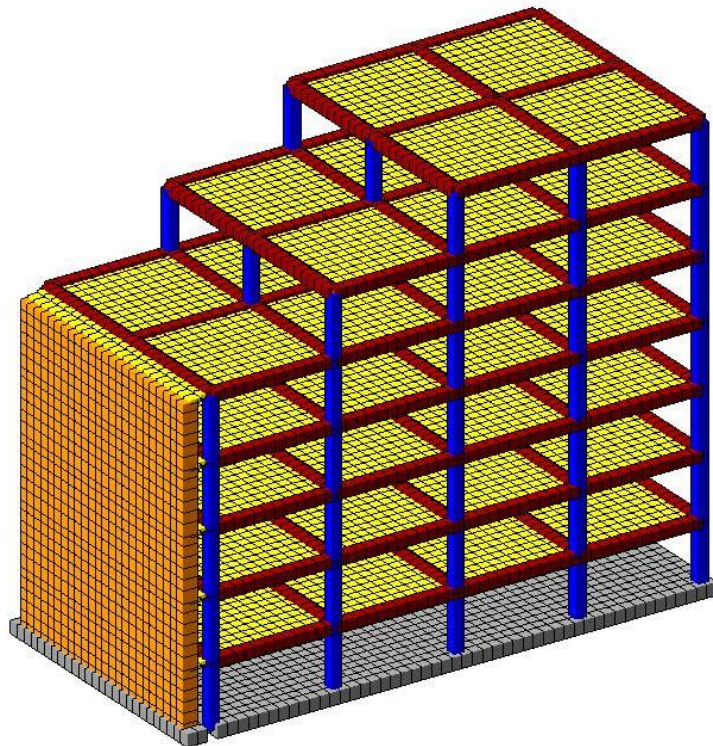
თავდაპირველად დემონტაჟის პროცესში აუცილებელია შესანარჩუნებელ ნაწილში ძალოვანი ხარაჩოების მოწყობა, რათა მექანიკური ზემოქმედებებით და შემდგომი გაძლიერების პროცესში განვითარებული ტექნიკური სამუშაოების ჩატარებისას არ მიადგეს კონსტრუქციას დამატებითი დაზიანებები. ამის შემდგომ სპეციალური კონსტრუქციული პროექტის მიხედვით ეწყობა მონოლითური სარტყელი 2, თავისივე კონსოლური ფილით 5. გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება სამუშაოთა წარმოების თანმიმდევრობას, რადგან დაუშვებელია ერთდროულად აღნიშნული სამუშაოს განხორციელება ყველა სართულის დონეზე. სამუშაოების მიმდინარეობა ხდება ქვედა სართულიდან ეტაპობრივად რადგან არ მოხდეს კონსტრუქციის გადატვირთვა. პარალელურად მიმდინარეობს საპროექტო ნაგებობის სამშენებლო სამუშაოებიც, როგორც აღნიშნეთ ზედა სართულების დაკავშირება შესანარჩუნებელ ფასადის კედელთან ხდება მხოლოდ ქვედა სართულების სრულყოფილად მიერთების შემდეგ, როდესაც მოხდება კონსოლებს შორის პოლიურეთანის მასის მოთავსება და მათი ერთმანეთთან მოჭიმვა ლითონის ღეროს მეშვეობით, მათზე ჭანჭიკების დაქაჩვით. ასე გრძელდება სახურავის დონემდე, ხოლო რაც შეეხება სახურავის კონსტრუქციებს, აუცილებელია უზრონველვეყოთ ძველი და ახალი ნაწილის შეერთების კვანძთან ნაკერით გამოყოფა, ან კონსტრუქციები ერთმანეთთან დავაკავშიროთ სახსრულად. დაუშვებელია მათი გახისტება.

4.3 გაანგარიშება ხისტად და ფრიქციული კავშირებით მიერთების შემთხვევაში

არსებული ფასადის კედლის და ახალი ნაგებობის შეერთების (დაკავშირების) სამი თეორიულად შესაძლო ვარიანტი არსებობს: 1. კავშირის გარეშე; 2. ხისტი კავშირით; 3. არახისტი (მოქნილი) კავშირით.

პირველი ვარიანტი (კავშირის გარეშე) პრაქტიკულად მიუღებელია, ვინაიდან ცალკე მდგომ აგურის კედელში ზენორმატიული გადახრის გამო სეისმური ზემოქმედებისას აღიძვრება დიდი გამჭიმავი ძაბვები, რამაც კედლის დაზიანება და შესაძლოა, ნგრევაც გამოიწვიოს.

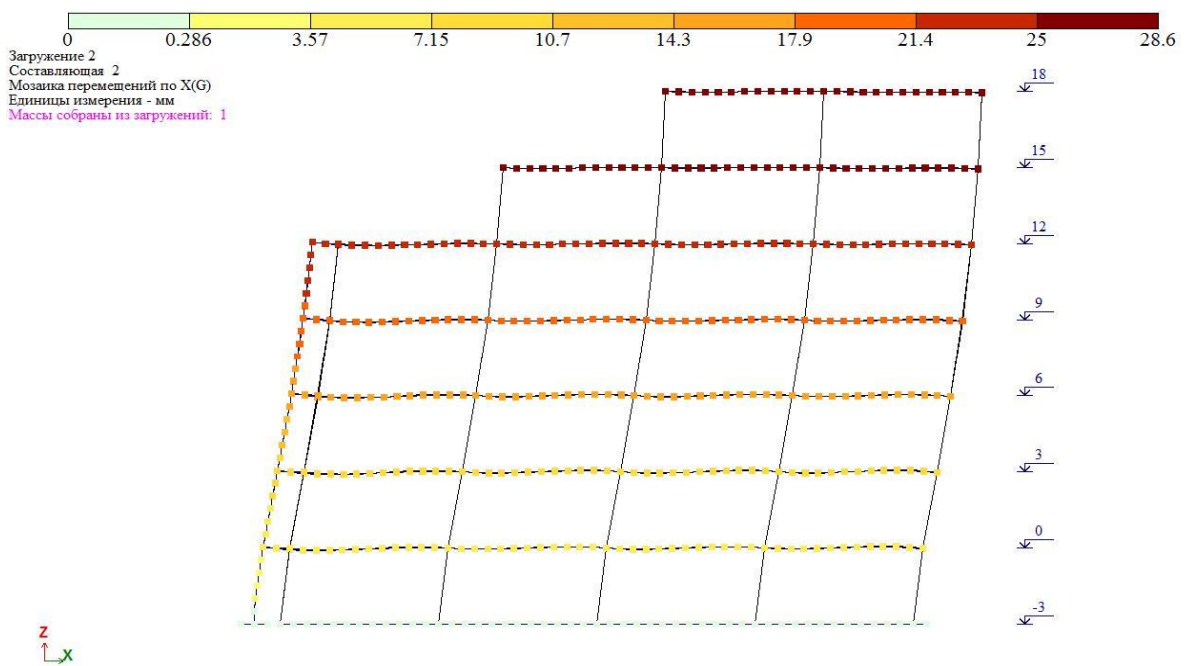
იმ მიზნით, რომ დაგვედგინა, დანარჩენი ორი ვარიანტიდან რომელს შეიძლება მიენიჭოს უპირატესობა, ჩვენს მიერ ჩატარდა გაანგარიშება გამოთვლითი კომპლექსისი „LIRA SAPR-2016“-ის საშუალებით. საანგარიშო მოდელი სივრცითია.



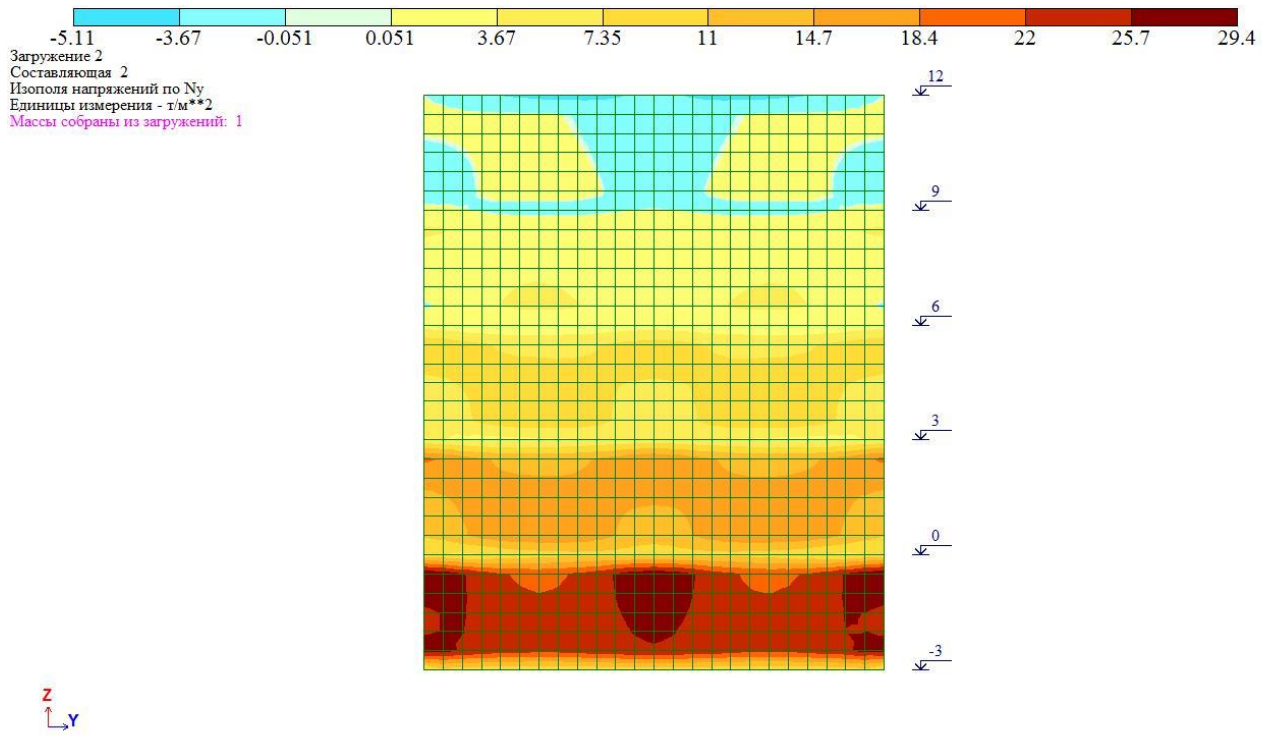
ნახაზი 4.9 საანგარიშო მოდელი

მზიდი კონსტრუქციების სიხისტეები, დატვირთვები და სასაზღვრო პირობები ორივე ვარიანტში იდენტურია. განსხვავებულია მხოლოდ შეერთების კვანძის მოდელი - პირველ შემთხვევაში იგი ხისტია, ხოლო მეორე შემთხვევაში - არახისტი (ფრიქციული კავშირის ანალოგი).

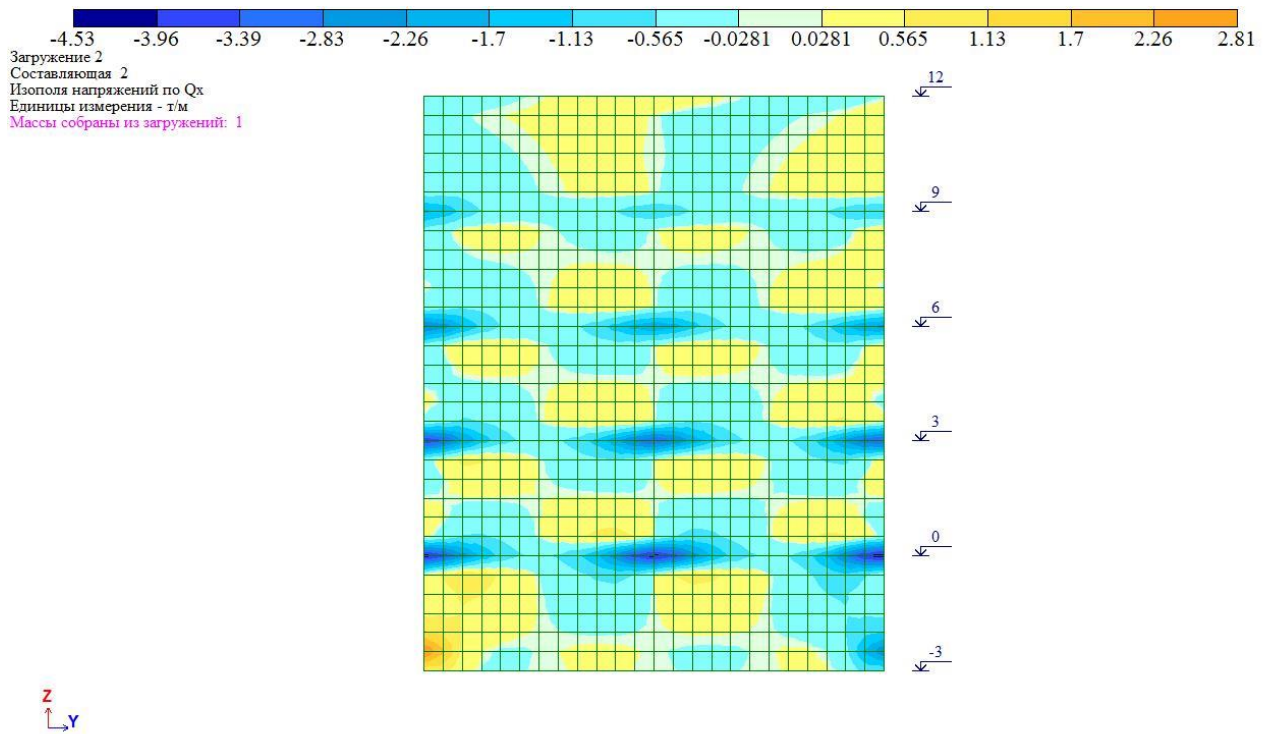
4.3.1 ხისტად მიერთების შემთხვევა, ვარიანტი I



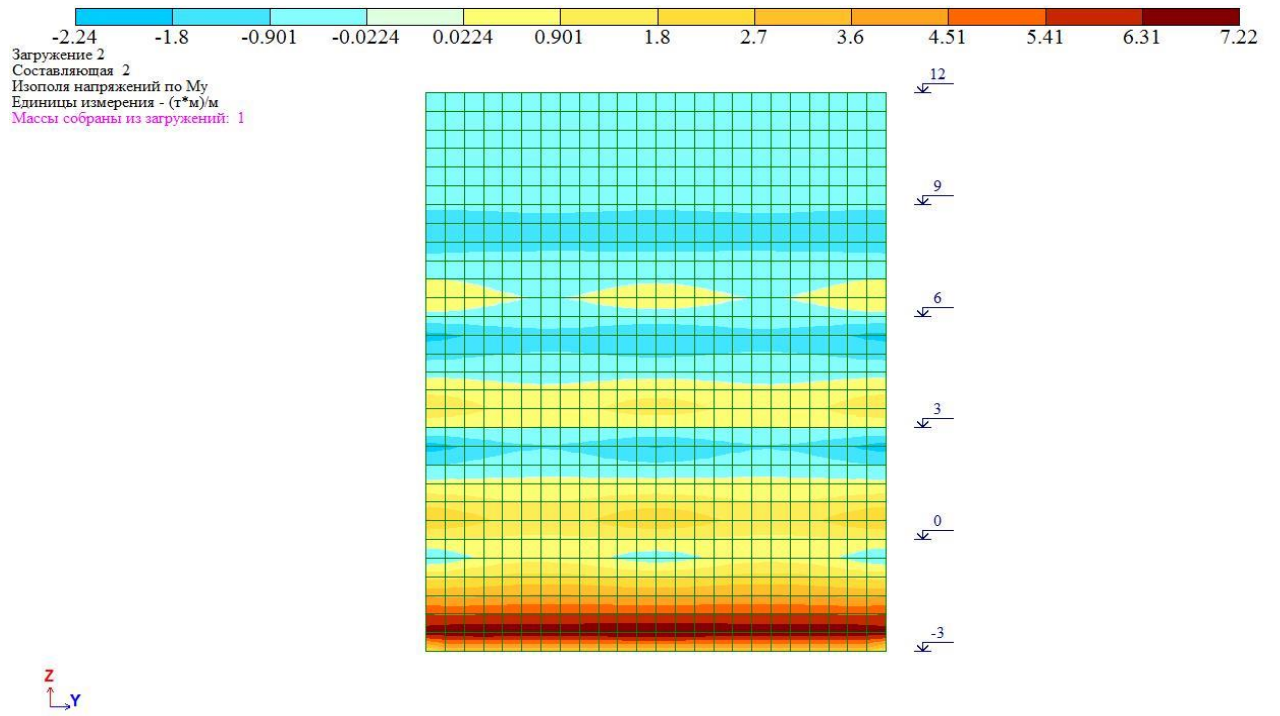
სქემა 4.1. გადაადგილება ხისტი მიერთების შემთხვევაში



სქემა 4.2. გამჭიმავი ძაბვა ხისტი მიერთების შემთხვევაში

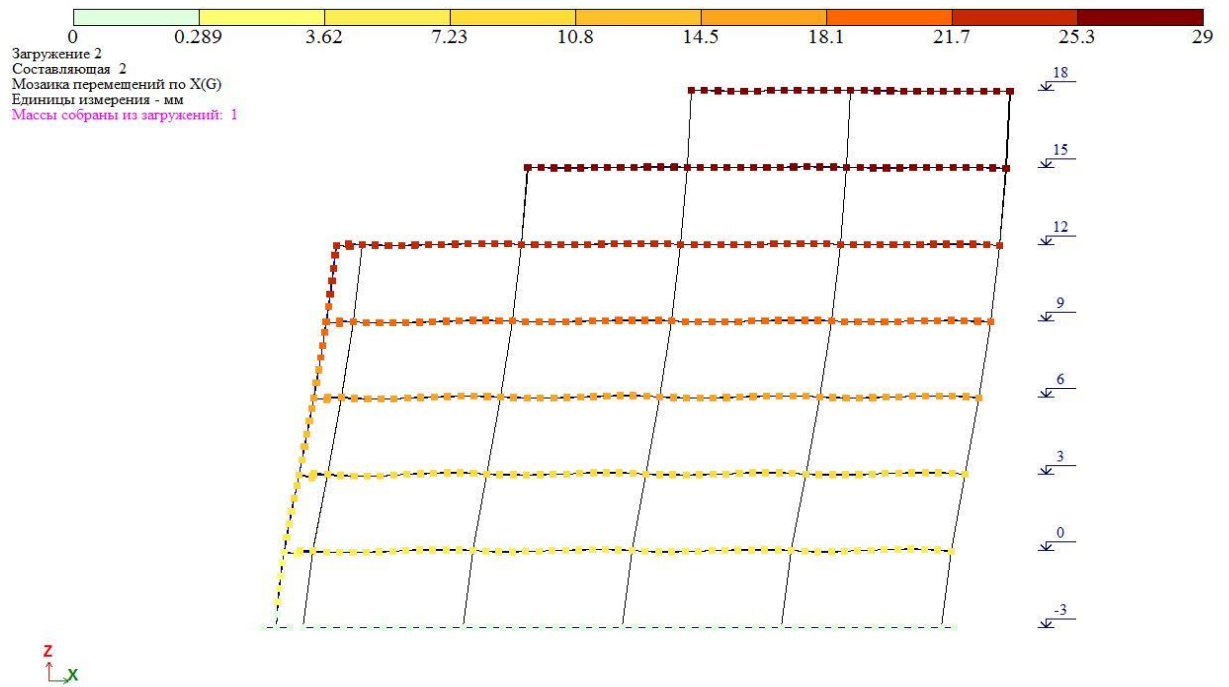


სქემა 4.3. განივი ძალა ხისტი მიერთების შემთხვევაში

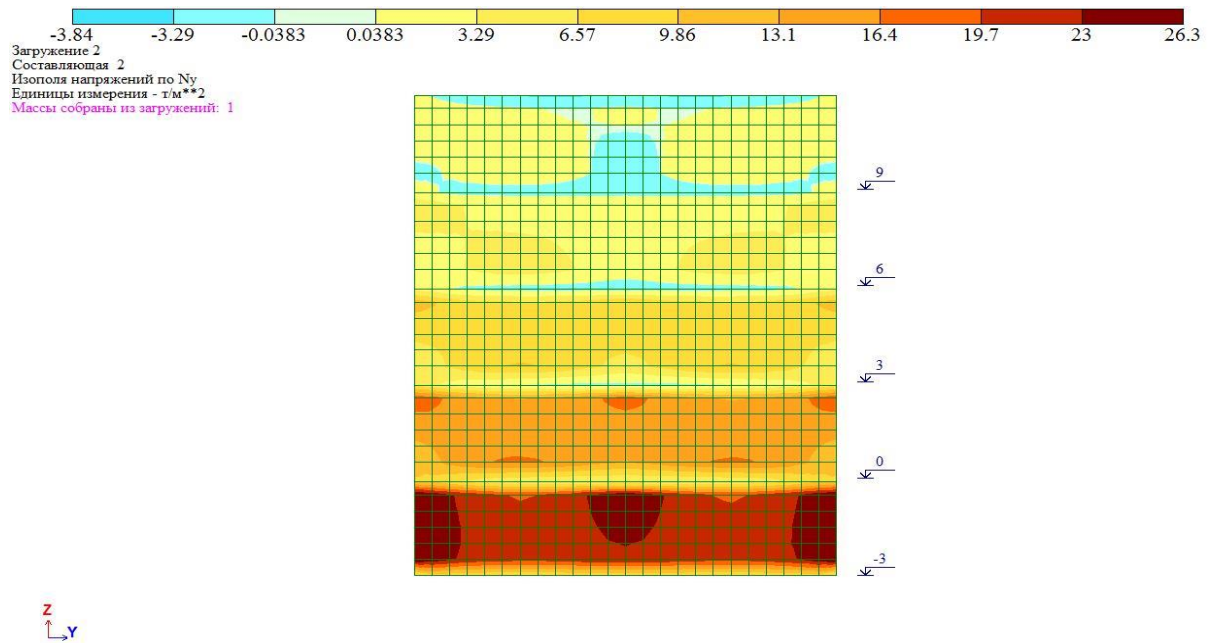


სქემა 4.4. მღუნავი მომენტი ხისტი მიერთების შემთხვევაში

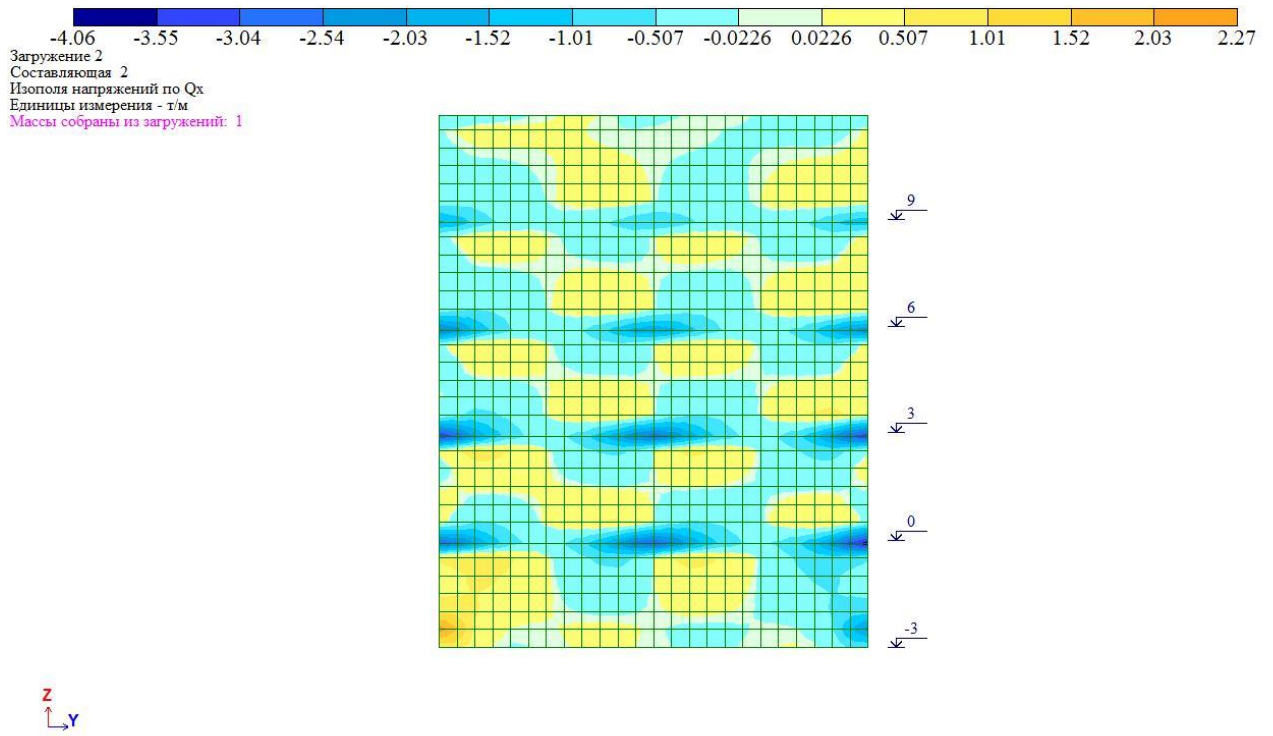
4.3.2 ფრიქციული კავშირებით, ვარიანტი II



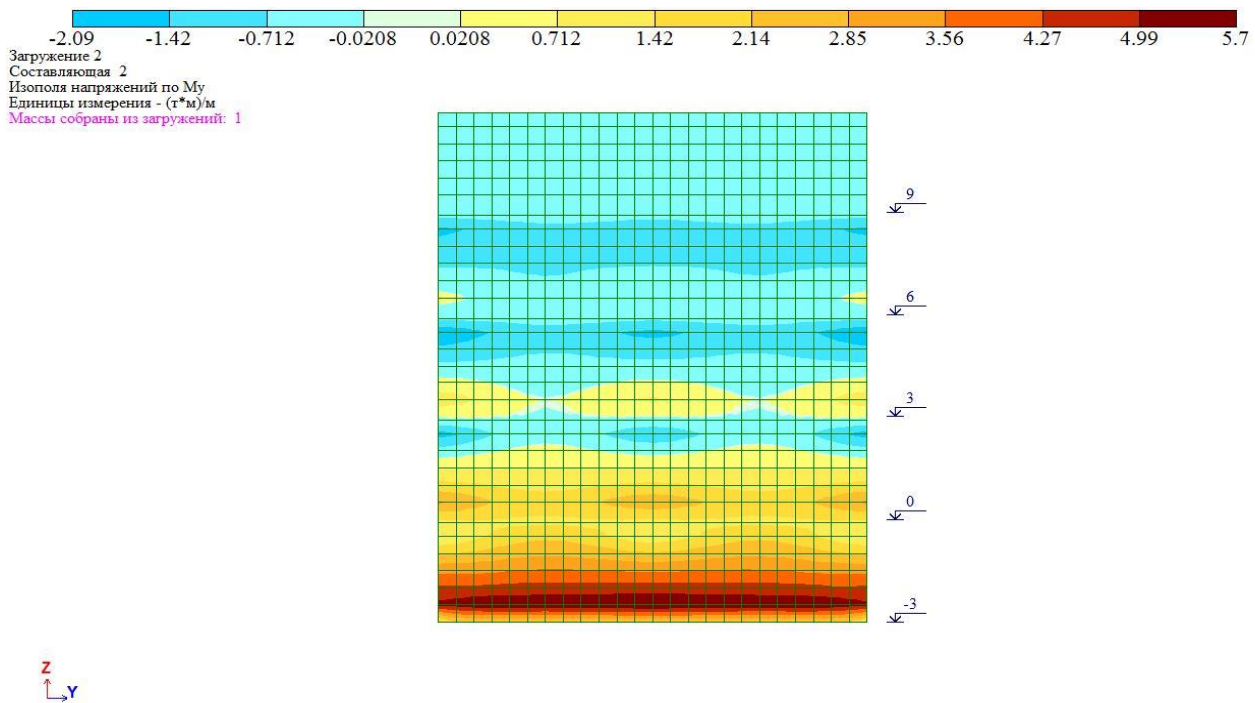
სქემა 4.5. გადაადგილება ფრიქციული კავშირებით მიერთების შემთხვევაში



სქემა 4.6. გამჭიმავი ძაბვა ფრიქციული კავშირებით მიერთების შემთხვევაში



სქემა 4.7. განივი ძალა ფრიქციული კავშირებით მიერთების შემთხვევაში



სქემა 4.8. მღუნავი მომენტი ფრიქციული კავშირებით მიერთების შემთხვევაში

ამ ორი ვარიანტის გაანგარიშების შედეგების ანალიზისას შეფასების კრიტერიუმე-ბად მივიღეთ:

1. აგურის კედლის მაქსიმალური ჰორიზონტალური გადაადგილება სეისმური ზემოქმედებისას;
2. მაქსიმალური გამჭიმავი ძაბვა აგურის კედელში სეისმური ზემოქმედებისას;
3. მაქსიმალური გადამჭრელი ძალა აგურის კედელში სეისმური ზემოქმედებისას;
4. მაქსიმალური მლუნავი მომენტი აგურის კედელში სეისმური ზემოქმედებისას.

მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში № 1.

ცხრილი № 1.

№	მახასიათებელი პარამეტრები	ხისტი შეერთება	ფრიქციული შეერთება	განსხვავება, %
1	აგურის კედლის მაქსიმალური გადაადგილება, მმ	24,2	25,2	3,97
2	მაქსიმალური გამჭიმავი ძაბვა აგურის კედლებში, კგ/სმ ²	2,94	2,63	10,54
3	მაქსიმალური გადამჭრელი ძალა აგურის კედელში, ტ	4,53	4,06	10,37
4	მაქსიმალური მლუნავი მომენტი აგურის კედელში, ტ.მ.	7,22	5,7	21,05

ძირითადი დასკვნები

სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებულია კულტურული ძეგლის სტატუსის მქონე შენობების, სარეკონსტრუქციო სამუშაოთა პრობლემური საკითხების აღმოფხვრა სეისმოდამცავი სისტემების საშუალებით, კერძოდ, ფრიქციული კავშირების გამოყენებით, რომლის მეშვეობითაც ხდება შესანარჩუნებელი ფასადის კედლის და საპროექტო ნაგებობის დაკავშირება. კვლევების შედეგად დადგინდა:

1. სეისმოდამცავი სისტემის გამოყენებისას ნაგებობაზე მოქმედი სეისმური დატვირთვა საგრძნობლად მცირდება;

2. სეისმური ძალის ზემოქმედების შემცირება კონსტრუქციის საყრდენ კვანძებში იწვევს ინერციული ძალების შემცირებას, რის შედეგადაც მცირდება მიწისძვრის დროს კონსტრუქციული ელემენტების რღვევის ალბათობა;

3. ინერციული ძალების შემცირება იწვევს საყრდენ კვანძებში გადაადგილების შემცირებას, რაც ძალზე მნიშვნელოვანია ნაგებობის სეისმომდეგობაზე გაანგარიშებისას;

4. შესანარჩუნებელი ფასადის აღნიშნული სქემით დაკავშირებისას არსებულ კედელს არ გადაეცემა სტატიკური დატვირთვები;

5. სეისმური ზემოქმედებების შემთხვევაში ფრიქციული კონსტრუქცია ხახუნის ძალის უზრუნველყოფით ახშობს არსებულ კედელში აღძრულ რხევებს, რაც უგულვებელყოფს რეზონანსის წარმოქმნას;

6. ასეთი კონსტრუქციული გადაწყვეტილება იძლევა საშუალებას, ავარიული ნაგებობების ალტერნატიული გზით ჩანაცვლებაში, ისე რომ არ დაირღვეს მისი ავთენტურობა;

7. ნაგებობების ამ ტიპის აღდგენისას არქიტექტორს ეძლევა საშუალება შიდა სივრცის დაგეგმარების თავისუფლებაში;

8. ზემოთ მოყვანილი კონსტრუქციული გადაწყვეტების მრავალფეროვნება საგრძნობლად გაამარტივებს ავარიული შენობების სარეკონსტრუქციოდ წარმოშობილ პრობლემურ საკითხებს;

9. ჰორიზონტალური ფრიქციული კავშირები და მათ შორის მოთავსებული პოლიურეთანის მასა ხანმედეგია საუკუნეების მანძილზე.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. კ. ზავრიევი, შ. ნაფეტვარიძე, ბ. ქარცივაძე. შ. ჯაბუა, ა. ჩურაიანი. ნაგებობათა სეისმომდეგობა. გამომცემლობა „მეცნიერება“, თბილისი, 1980.
2. ა. ლებანიძე პორტალურ ჩარჩოზე დაშენებული მრავალსართულიანი შენობის რხევის საკითხების შესწავლა სეისმური პლატფორმის გამოყენებით.

ახალგაზრდა მეცნიერთა და ასპირანტთა საუნივერსიტეტო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის თეზისები. თბილისი 1993.
3. გ. ქარცივაძე ნაგებობათა სეისმომდეგობის საკვლევი ექსპერიმენტული ბაზა საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში სპი შრომები №3 974) თბილისი 1961.
4. გ. ქარცივაძე. სეისმომდეგი მშენებლობა. გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი 1979წ.
5. ხვინგია მ.ვ. მექანიკური რხევების გამოყენებითი თეორიის საფუძვლები და მანქანათა დინამიკა. გამომცემლობა „განათლება“ თბილისი.
6. ნ. ჯავახიშვილი, ა. ლებანიძე, ლ. კახიანი. მრავალსართულიანი კარკასული შენობების სეისმომდეგობის ამალგა მოკლე დიაფრაგმების გამოყენებით. სტუ შრომები №6, თბილისი, 1994 წ.
7. ვ. ბერიძე. არქიტექტურული მემკვიდრეობის ძეგლთა აღდგენა-გამლიერების და სეისმომდეგობის ამალგების კონსტრუქციული ღონისძიებები. სტუ. დისერტაცია 2015 წ.
8. ი. სალამე. სეისმოინჟინერინგის სისტემისგავლენა რკინაბეტონის მაღლივი კარკასული შენობის დინამიურ მახასიათებლებზე. სტუ. დისერტაცია 2015.
9. მ. ვარდიაშვილი. ისტორიულ-კულტურული ძეგლების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების თანამედროვე მეთოდის დამუშავება. სტუ. დისერტაცია 2012 წ.

10. მ. ზედიაშვილი. სამოქალაქო ნაგებობათა ანტისეისმური ღონისძიებები (დაზიანებული შენობების აღდგენა-გამაგრების მაგალითები). სტუ. დისერტაცია 2016 წ.
11. Аизенберг Я.М. и др. Адаптивные системы сейсмической защиты сооружений. М.: Наука, 1978.
12. Аизенберг Я.М Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов М. С тройиздат, 1976
13. Аронов Р.И. Испытание сооружений. М.: „Высшая школа“ , 1974
14. Байков В.Н. Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. М.: Стройиздат, 1991.
15. Безухов Н. и., Лужин О.В. Колкунов Н. В. Устойчивость и динамика сооружений в примерах и задачах. М.: „Высшая школа“ 1987
16. Беспрозванная И. М. , Гроздек В.С. , Луговцев А. н. , Фомин Г.М. О примении демпферных устройства для гашения автоколебаний высоких сооружений башенного типа.

Строительная механика и расчет сооружений, 1972, пб
17. Болотин В.В., Гольденблат И.И Смирнов А.Ф. Строительная механика. Современное состояние и перспективы развития. М.:Издательство литературы по строительству. 1972.
18. Бондаренко В.М., Суницын А.И., Назаренко В.Г. Расчет железобетонных и каменных конструкции. М.: „Высшая школа“ , 1988.
19. Вибрационные испытания здании. Под ред. Г.А. Шапиро –М.: Стройиздат, 1972.
20. Гроздев А.А., Дмитриев С. А., Крылов С.М. и др. Ново о прочности железобетона. М.: Стройиздат, 1977.
21. Гольденблат Н.Н., Николаенко И. А., Поляков С.В., Ульянов С.В. Модели сейсмостойкости сооружений. М.: Наука. 1979.
22. Дарков А.В., Шапошников Н.Н.

Строительная механика - М.: „Высшая школа“ 1986.

23. Долидзе Д.Е. Испытание конструкций и сооружений. –М.: М.: „Высшая школа“ 1975:.
24. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем зданий их элементов. М.: Стройиздат, 1977.
25. Дыховичный Ю.А. Конструирование и расчет жилых и общественных зданий повышенной этажности. М. : Стройиздат, 1970.
26. Егупов В.К., Командрина Т.А., Голобородько В.Н. Пространственные расчеты зданий (пособие по проектированию). Киев, Будэвельник, 1976.
27. Ендеде М. : Шейнога И. Высотные здания с диафрагми и отбвволами женткости. Перевод с чешского Е. В. Долгова. Под ред. Г.А. Козиной. М.: Стройиздат. 1980.
28. Ержанов С.Е. Расчет сейсмоизолирующей системы о демпфером сухого трения. Сейсмостойкое строительство-научно-технический рефератыванный сборник. Выпуск Б. Москва 1980.
29. Жунусов Т.Ж. Килимник Л. Ш. , Ицков И.Е., Никипопец Г.Л. Оценка параметров реакции зданий и сооружений при сейсмических воздействиях. Алма-ата, Каэцнтис Госстроя Каз. ССР, 1987 г.
30. Жунусов Т.Ж. Основы сейсмостойкости сооружений (Прикладной курс). Алма-ата „Раун“ 1990.
31. Завриев К.С., Назаров А.Г., Аизенберг Я.М. и др. Основы теории сейсмостойкости здании и сооружений. Издательство литературы по строительству. М.: 1970.
32. Завриев К.С. Сейсмостойкость. Издательство „Сабчота Сакартвело“ Тбилиси -1973
33. Зеленков Ф.Д. Предохранение зданий и сооружений от разрушения с помощью сейсмоамоптизатора. М.: Наука, 1979
34. Измайлов Ю.В. Сейсмостойкость каркасно-каменных зданий-Кишинев: Картя Молодовеняска. 1975.

35. Инструкция по определению расчетной сейсмической нагрузки для зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1962.
36. Использование упруго-фрикционных систем в сейсмостойком строительстве. М. цнти, 1976.
37. Карцивадзе Г. Н., Медведев С.В. Напетваридзе Ш.Г. Сейсмостойкое строительство за рубежом.

(по материалам второй всемирной конференции по сейсмостойкому строительству в 1960 г. в г. Токио). Под общей редакцией К.С.Завриева и С.Ю. Дuzинкевича. –Строиздатель. 1962.
38. Киселев В.А. Строительная механика: Спес. Курс. Динамика и устойчивость сооружений. М.: Строиздатель. 1980
39. Клаф Р.Пензиен Дж. Динамика сооружений. Пер. с английского. М Строиздатель. 1979
40. Коляков М.И., Медведев М.И. Металлические каркасы гражданских зданий. Киев Будзвельник 1976
41. Коренев Б.Г.,Поляков В.С. Оптимальные параметры динамического гасителя колебаний при воздействии типа сейсмического. Сейсмического. Сейсмостойкое строительство: Реф. Инфор . /ЦИНИС. Серия 14.1977. вып.3.
42. Коренев Б.Г, Резников Л.М. Динамические гасители колебаний: теория и технические приложения М. наука, 1988
43. Корчиский И.Л. , Жунусов Т.Ж. Кардинальные вопросы сейсмостойкого строительства (методические рекомендации). Алма-Ата. 1988
44. Корчиский И.Л. Шепелев В.Ф. Расчет высотных зданий на сейсмические воздействия с учетом их протяженности. Строительное проектирование промышленных предприятий. Изд-во „Московская правда“ М.: 1965
45. Коузн Генри Дж.Строительная наука XIX –XX вв. Перевод с английского В.А. Коссаковского. Под ред. Л.Ш. Килимника. М.: строиздат, 1982

46. А.Лебанидзе, М. Марджанишвили. Повышение этажности здания в сейсмических районах с использованием порталных рам. Сейсмостойкое строительство: сборник Москва 1994.
47. Лопатто А.Э. , Маиборода В.Ф. Основы строительной механики и строительных конструкции. Киев. Вища Школа. 1982
48. Лопатто А.Э. Справочник по проектированию элементов железобетонных конструкций. Киев: Вища школа, 1978
49. Марджанишвили М.А. Методика учета пространственной работы и протяженности современных зданий при расчете их на сейсмические воздействия. –М.: Стройиздат, 1976
50. Марджанишвили М.А., Марджанишвили Л.М. Теоретические и экспериментальные исследования элементов сейсмостойких каркасно-панельных зданий. Тбилиси, „Мецниереба“ 1977
51. Мартемьянов А.И. Проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмических районах. М.: Стройиздат, 1985
52. Матвеев В.В. Демпфирование колебаний деформируемых колебаний деформируемых тел. Киев
53. Назаров А.Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Издательство АН Армянской ССР. Ереван, 1959
54. Назаров А.Г. О Механическом подобии твердых деформируемых тел (к теории моделирования). Изд. АН Арм. ССР-Ереван, 1965
55. Напетваридзе Ш.Г. Некоторые задачи инженерной сейсмологии.Тбилиси. Мецниерева, 1973
56. Немчинов Ю.И. и др. Опыт гашения колебаний конструкций зданий и их элементов. Строительная механика и расчет сооружений. 1984 №1
57. Николенко Н.А., Назаров Ю.П. Динамика и сейсмостойкость сооружений. М.:стройиздат. 1987
58. Ньюмарк Н., Розенблюэт Э.Основы сейсмостойкого строительства. Перед с англ. М.:стройиздат 1980

59. Окамото Ш. Сейсмостойкость инженерных сооружений М. Стройиздат, 1980
60. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем. Изд. 3, перераб.М.: Наука, 1979
61. Питлюк Д.А. Испытание строительных конструкций на моделях. Л., Стройиздат, 1971
62. Поляков В.С., Килиминк Л.Ш., Черкашин А.В. Современные методы сейсмозащиты зданий.М.: Стройиздат, 1988
63. Полков С.В. Сейсмостойкие конструкции здания М.: „Высшая школа“ , 1983
64. Попов Н.Н., Забегаев А.В. Проектирование и расчет железобетонных и каменных конструкций. М.: „Высшая школа“, 1989
65. Проектирование железобетонных конструкции: справочное пособие. Под ред. А.Б. Голышева. К.: Будивэльнык, 1990
66. Ржевский В.А. Сейсмостойкость зданий в условиях сильных землетрясений. Ташкент: фан. 1990.
67. Руководства по проектированию жилых и общественных зданий с железобетонным каркасом, возводимых в сейсмических районах.-М.: Стройиздат, 1970
68. Саакян А.О. Саакян Р.О. Газарян Ю.Х. Повышенные сейсмостойкость каркасных зданий со стволами жесткости и помощью демпферных устройств. Сейсмическое строительство: Реф. Об/ЦИНИС. Сер.14. 1975-вып. 11.
69. Сборник аннотированных докладов международной конференции по сейсмостойкому строительству. Издательство „Аистан“ Ереван, 1976
70. Сейсмоизоляция и адаптивные системы сейсмозащиты. М.: Наука, 1983
71. Сейсмостойкие сооружения за рубежом. (По материалам III международной конференции по сейсмостойкому строительству). Под общей редакции В.Н. Насонова. –М.: Стройиздат. 1968

72. Синцин А.Н. Практические методы расчета сооружений на сейсмические нагрузки. М.: Стройиздат. 1967
73. Смирнов А.Ф., Александров А.В., лащенко Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружения. М.: Стройиздат. 1984
74. Справочник проектировщика. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия. Под редакцией Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича, М.: Стройиздат, 1981
75. Строительные нормы и правила. Бетонные и железобетонные конструкции. СНиП 2.03.01-84 М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985-79
76. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия. СНиП 2.01.07-85 М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987
77. Строительные нормы и правила. Строительство в сейсмических районах СНиП 11.7.81 –М.: Стройиздат, 1981,
78. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. М.: Госфизмат. 1959
79. Ханджи В.В. Расчет многоэтажных зданий со связевым каркасом. М.: Стройиздат. 1977
80. Шагин А.Л. и др. Реконструкция зданий и сооружений . М. : „Высшая школа“ 1991
81. Шапир Г.А. и др. Выбрационные испытания зданий . М.: Стройиздат, 1972
82. Шмырев А.Н., Мореншиольдт В.А. , Ильина С.Г., Гольдин А.И. Успокоители качки судов. Изд. „Судостроение“, Ленинград, 1972.
83. Caspe L. Earthquake Isolation of multistory concrete structures. ACI J. 1970, vol. 67 N11
84. Evans F. William. The San Fernando Earthquake Civil Engng. And public works review, july 1972, pp. 701-704
85. Goodarr Ahmadi. Overview of base isolation, passive and active vibration control strategies for aseismic design of structures.
Second Int. conf. on Seismology and Earthquake Eng. May 15-17 1995 Iran.

86. Feng M. Q. Application of Hybrid Sliding Isolation System to buildings. ASCE J. Engng. Mechanics, vol. 119, (1993), pp. 2090-2018
87. Feng M.Q. and Shinozuka M. Friction-Controllable Sliding Isolation System. ASCE J. Engn. Mechanics, vol, 119 (1993), pp. 1845-1864
88. A. Lebanidze, M. Marjanishvili. The study of the problems connected with the vibration of the multistory building built on the portal frame by the use of the seismic platform.
The Eleventh World Conference on Earthquake Engineering. Acapulco, Mexico 1996.
89. M. A. Marjanishvili Analysis of the Spatial Behavior and Size of Modern Buildings for Earthquake-proof design. 1958 Oxonian Press pvt. LTD, New delhi.
90. M.A.Marjanishvili, A. Lebanidze. Application of the vibration dampers for suppressing seismic vibrations of multistory Forum (IWEF) meeting on structural damping. Atsugi, Kanagawa, Japan. 1995.
91. Omote S., Sa Kai J. , Ohsaki J.
Investigations and analysis on some very strong-motion earthquakes. Bull. Intern. Inst. Seismology and Earthquake Ingng. Vol. 7, 1970, P.10.
92. Raffaele Nudo, Giulio Antonio Bardazzi.
Response in the Inelastic range of staircase frames belonging to R.C. Structures in seismic zones. Second Int. conf. on Seismology and Eanrthquake Ing. May 15-17, 1995, Iran
93. Skinner R.I., Beck J.L. and Bycroft G.N. A practical system for isolating structures from earthquake attack. Earthquake engineering and structural dynamics. Vol. 3, №1975
94. Skinner R.I., Kelly J.M. and Heine A.J. Hysteretic dampers for earthquake-resistant structures. Earthquake engineering and structural dynamics. Vol. 3 №3,1975

95. Tamura Y. , Kousaka R. and Modi V.J. Practical Application of Nutation Damper for Suppressing Wind-Induced Vibration of Airport Towers. Journal of Wind-Induced Vibration of Airpot Towers. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 41-44, 1992.
96. Mohammad A. Zahraee, Ph. D. Pe. Transient RMR Response of multiply supported subsystems to seismic excitation. Second International Conference on Seismology and Earthquake Engineering, May 15-17, 1995, Iran.