

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

აზა ჩხარჩხალია

ასიმეტრიულობის გავლენა მრავალსართულიანი რკინაბეტონის შენობის მდგრადობაზე

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

შიფრი 0732

დოქტორის აკადემიური ხარისხის

მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2022 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში

სამშენებლო ფაკულტეტი

ა. სოხაძის სახელობის სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობის №102 დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი ლია ბალანჩივაძე

რეცენზენტები: პროფესორი ალექსანდრე ლეზანიძე

აკადემიური დოქტორი, შპს „პროგრესის“

გენერალური დირექტორი ჯონი გიგინეიშვილი

დაცვა შედგება 2022 წლის 21 ივლისს, 11:00 საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო
ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია 508

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი დემურ ტაბატაძე

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა. თანამედროვე მშენებლობაში ახალი კლასის ბეტონებისა და არმატურის გამოყენება, მარაგის კოეფიციენტების შემცირება, ტენდენცია გაიზარდოს ელემენტების მალი და მოქნილობა, შესაბამისად ზრდის რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშების პასუხისმგებლობას. გარდა ამისა, კომპიუტერული საინჟინრო დაპროგრამების მეთოდების განუწყვეტელი განვითარება, რკინაბეტონის მუშაობის შესახებ ექსპერიმენტული მონაცემების დაგროვება, განაპირობებს აუცილებლობას და შესაძლებელს ხდის სტატიკურად ურკვევი რკინაბეტონის კონსტრუქციები გაანგარიშებულ იქნას დეფორმირებული სქემით, ფიზიკური და გეომეტრიული არაწრფივობის გათვალისწინებით. რკინაბეტონის შეკუმშული ელემენტების სიმტკიცესა და მდგრადობაზე გაანგარიშების არსებული მეთოდების სრულყოფა და მათი გადაჭრის ახალი გზების ძიება, რომელიც უზრუნველყოფს შენობის საიმედოობას. თუ გამოყენებული მასალის სიმტკიცე და დეფორმაციულობის მახასიათებლები ბოლომდეა გამოყენებული, შედეგად მცირდება კონსტრუქციის ღირებულება და მასალის ხარჯი, რაც შენობა – ნაგებობების ოპტიმალური დაპროექტების მთავარ მოთხოვნას წარმოადგენს.

კვლევის მიზანია: მრავალსართულიანი რკინაბეტონის კარკასული შენობების ერთიანი და მათი ცალკეული ელემენტების, სვეტების მდგრადობის თეორიულ და ექსპერიმენტულ კვლევა, სეისმური დატვირთვების დროს. შესწავლილია სეისმური ზემოქმედებით წარმოქმნილი დამატებითი ექსცენტრისიტეტის გავლენა ელემენტების მდგრადობის დაკარგვაში.

დასახული მიზნის მისაღწევად გათვალისწინებულია შემდეგი ძირითადი ამოცანების შესრულება:

- განისაზღვროს რკინაბეტონის მრავალსართულიანი ასიმეტრიული შენობის მდგრადობის დაკარგვის გამომწვევი მიზეზები;
- დამუშავდეს მრავალსართულიანი რკინაბეტონის შენობები

სხვადასხვა კონსტრუქციული სქემითა და სიხისტის მასიათებლებით;

– რკინაბეტონის შეკუმშული ელემენტების სიმტკიცესა და მდგრადობაზე გაანგარიშების არსებული მეთოდების სრულყოფა და მათი გადაჭრის ახალი გზების ძიება;

– დამუშავდეს და შეირჩეს ასიმეტრიულ შენობებში მდგრადობის დაკარგვის მთავარი ფაქტორის - გრების მომენტის დადგენა სხვადასხვა სამშენებლო ნორმებისა და გაანგარიშების მეთოდების გამოყენებით;

მეცნიერული სიახლე: ნაშრომში განხილულია რკინაბეტონის ასიმეტრიული ფორმის მქონე შენობის დაპროექტების თავისებურებები და მდგრადობაზე გაანგარიშების არსებული და თანამედროვე მეთოდები, რომელთა ანალიზის საფუძველზე შემუშავდა რეკომენდაციები. თეორიული კვლევებისათვის შეიქმნა რკინაბეტონის ასიმეტრიული ფორმის მრავალსართულიანი კარკასული შენობების მოდელი. საანგარიშო კომპლექსის Etabs-ის გამოყენებით აიგო სასრული ელემენტებით საანგარიშო სივრცითი მოდელი. გაანგარიშება შესრულდა I და II ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით.

კვლევის პროცესში გაჩნდა გრებაზე მომუშავე დემფერის შექმნის იდეა. ამ ტიპის დემფერი პრაქტიკაში ჯერჯერობით არ გამოიყენება, მისი მუშაობის პრინციპი განსხვავებულია აქამდე არსებულ დემფერებთან შედარებით. დემფერის გადაადგილება იქნება წრიული. შესაბამისად, საანგარიშო მოდელში დამატებით შეტანილ იქნა მგრები მომენტის ჩამხშობი დემფერის პარამეტრები და მიღებული მოდელის ანალიზი მოხდა ცალკე. ანგარიშის საბოლოო შედეგები შედარდა ერთმანეთს და დადგინდა დემფერის ეფექტურობა. აქვე შენიშვნის სახით უნდა აღინიშნოს, რომ დემფერის პარამეტრების დადგენა და მისი ეფექტურობის რაოდენობის შეფასება მომავალი არაერთი ექსპერიმენტული თუ თეორიული კვლევის საგანია.

კვლევის პრაქტიკული ღირებულება განისაზღვრება აღნიშნულ მეცნიერულ სიახლეთა პრაქტიკაში დანერგვითა და დაპროექტების

სამშენებლო დოკუმენტებში მათი რეკომენდაციების სახით გამოყენებისათვის. რადგან პრაქტიკაში მათი დანერგვა უზრუნველყოფს მაღლივი შენობების მდგრადობასა და სიმტკიცეს ამაღლებას განსაკუთრებით საშიშ სეისმურ რეგიონებში.

ძირითადი შედეგების საიმედოობა-უტყუარობა დადასტურებულია თეორიული და თანამედროვე საინჟინრო კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით სხვადასხვა ქვეყნის სამშენებლო ნორმებზე და სტანდარტებზე დაყრდნობით. მეცნიერ-მკვლევართა მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგების ანალიზზე მიღებულია მრავალსართულიანი რკინაბეტონის შენობების ასიმეტრიულობის გავლენის მთავარი ფაქტორები, სეისმური დატვირთვების გათვალისწინებით. მოცემულია რეკომენდაციები პრაქტიკოს-ინჟინრებისათვის დაპროექტების საწყისი ეტაპისათვის.

ნაშრომის აპრობაცია: ნაშრომის ძირითადი შედეგები მოხსენებული იქნა სადოქტორო პროგრამით გათვალისწინებულ სამ კოლოქვიუმზე და 1 საერთაშორისო კონფერენციაზე.

პუბლიკაციები: დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 3 (სამი) სამეცნიერო სტატია, მათ შორის 1 (ერთი) საერთაშორისო კონფერენციაზე.

ნაშრომის მოცულობა: დისერტაცია შედგება შესავლის, ორი თავის, დასკვნებისა და რეკომენდაციების, გამოყენებული ლიტერატურის სიისა და დანართისაგან. იგი მოიცავს 106 გვერდს, მათ შორის, 8 ცხრილს, 24 ნახაზს და 17 სურათს.

ნაშრომის შინაარსი

შესავალში დასაბუთებულია დისერტაციის თემის აქტუალობა, მოყვანილია მისი მოკლე შინაარსი.

დისერტაციის **პირველ თავში** განხილულია მაღლივი შენობების დაპროექტებისა და მშენებლობის განვითარების ეტაპები. მაღლივი შენობები არქიტექტურული, კონსტრუქციული, მშენებლობის ტექნოლოგიით, ექსპლუატაციითა და საიმედოობის თვალსაზრისით განეკუთვნებიან უნიკალურ ნაგებობებს და წარმოადგენენ ქვეყნის სიძლიერისა და

ტექნოლოგიური პროგრესის სიმბოლოს. ერთიანი ცნება „მაღლივი შენობა“ დღეისათვის არ არსებობს. ამ ცნებას სხვადასხვა დროს სხვადასხვა მნიშვნელობა ჰქონდა და უნდა ვივარაუდოთ, რომ სამომავლოდაც შეიცვლება სართულიანობის ზრდასთან ერთად.

მაღლივი შენობების დაპროექტების თავისებურებებს წარმოადგენს ჰორიზონტალური და ვერტიკალური დატვირთვების გაზრდილი მნიშვნელობები შენობის მზიდ კონსტრუქციებზე და ფუძე გრუნტებზე, რომელიც გამოწვეულია შენობის საკუთარი წონის, ბუნებრივი (სეისმური, ატმოსფერული, აეროდინამიკური) და ტექნოგენური (ვიბრაცია, ხმაური, ავარია, ხანძარი, დივერსიული აქტები ლოკალური დაზიანება) ხასიათის დატვირთვების გაზრდილი მნიშვნელობებით. შენობის სიმაღლიდან გამომდინარე გართულებულია საინჟინრო სისტემებისა და კომუნიკაციების მონტაჟი, რომლებიც ხშირ შემთხვევაში მოითხოვს დამატებითი საინჟინრო კვანძების მოწყობას (ტექნიკური სართული). გასათვალისწინებელია აგრეთვე სახანძრო და სხვა სახის უსაფრთხოების მიმართ მკაცრი მოთხოვნები. ეს თავისებურებები აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას კონსტრუქციული სქემის არჩევისა და მზიდი კონსტრუქციების დაპროექტების დროს.

მაღლივი შენობების დაპროექტების ერთ-ერთ ძირითად მოთხოვნად ითვლება მის მზიდ კონსტრუქციებზე მოსულ ჰორიზონტალურ დატვირთვებისაგან გამოწვეული გადაადგილების შეზღუდვა. ასეთი გადაადგილებების მნიშვნელობები სამშენებლო ნორმებით შეზღუდულია. მაგალითად ა.შ.შ-სა და ევროკავშირის ნორმებით მათი მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს 1/500-ს, თუმცა ეს მნიშვნელობა ასეთი ტიპის შენობებისათვის გაცილებით ნაკლებია.

პირველ თავშივე განხილულია შენობის მდგრადობის დაკარგვის გამომწვევი ფაქტორების ანალიზი, კერძოდ ცენტრალურად შეკუმშული ღეროს მდგრადობის დაკარგვა სტატიკური გაანგარიშებისას და გრძივი ღუნვის გავლენით მდგრადობის დაკარგვა.

პრაქტიკა გვიჩვენებს რომ, ზოგ შემთხვევაში რკინაბეტონის სვეტები, რომლებიც რთული დატვირთვის პირობებში მუშაობენ და აკმაყოფილებენ სიმტკიცის პირობას, კარგავენ მდგრადობას. ეს გამოწვეულია მრავალი ფაქტორით. მაგალითად რკინაბეტონის არაწრფივობა არაადეკვატურადაა საანგარიშო ფორმულებში ასახული. კომპიუტერული ანგარიშისას არასწორადაა შერჩეული საანგარიშო მოდელი და გაანგარიშების მეთოდი. გრძივი ღუნვის გავლენით ჩატარებული კვლევის ანალიზი აჩვენებს, რომ კუმშვადი ელემენტები სიგრძეზე ცვლადი ექსცენტრისიტეტების შემთხვევაში შეიძლება გაანგარიშებულ იქნას ნორმებში მოცემული მეთოდით, მხოლოდ იმ პირობით, რომ მოხდეს საანგარიშო ფორმულების კორექტირება ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული შედეგების მიხედვით. ექსპერიმენტული შედეგები კი მოწმობს, რომ სიგრძეზე ცვლადი ექსცენტრისიტეტების შემთხვევაში შეკუმშული ელემენტების ზიდვის უნარი ყოველთვის აჭარბებს 1,11-2,31-ჯერ ნორმებში მოცემული მეთოდით გაანგარიშებულ სიდიდეებს.

სვეტების გაანგარიშება გრძივი ღუნვის გავლენის გათვალისწინებით ხდება ან დეფორმირებული სქემით კონსტრუქციული სისტემის ფარგლებში, ან გამარტივებული ხერხით. დეფორმირებული სქემის მიხედვით გაანგარიშებისას, სადაც გათვალისწინებულია მთლიანი გრძივი ძალის მოქმედებით, სვეტის ნებისმიერ კვეთში გაღუნვის გავლენა, მთლიან მომენტზე, გაანგარიშება მიმდინარეობს მთლიანი კონსტრუქციული სისტემის, იმისათვის რომ დავადგინოთ სვეტის ბოლოებზე სასაზღვრო პირობები.

განხილულია თუ როგორია სვეტის დეფორმირებული მდგომარეობა, როდესაც იგი წარმოადგენს ჩარჩოვანი კონსტრუქციული სისტემის ელემენტს. მონოლითურ სისტემაში სვეტების ბოლოები ხისტად არის შეერთებული სხვადასხვა ელემენტთან კვანძში და სისტემის საერთო დეფორმაციის შედეგად შეიძლება მოზრუნდეს მომენტის მოქმედებით კვანძში და გადაადგილდეს. ამ შემთხვევაში სვეტის საანგარიშო სისტემად

შეიძლება წარმოვიდგინოთ ღეროს სახით, რომლის ბოლოები განიცდიან მობრუნებას და გადაადგილებას, რომელიც გამოითვლება მთლიანი სისტემის გაანგარიშებით, სამშენებლო მექანიკის ცნობილი მეთოდებით.

ამავე თავში განხილულია რკინაბეტონის გრეხაზე მომუშავე ელემენტები და მათი დაპორექტების თავისებურებები. განმარტებულია, რომ თავად გრეხა დამოუკიდებლად არ გვხვდება, არამედ იგი თავს იჩენს ღუნვისას და ერთად მათი ქმედება კონსტრუქციაზე წინააღმდეგობის რთული სახეობაა; ასეთი კონსტრუქციების გაანგარიშება სიმტკიცეზე დამოკიდებულია T,M,Q ძალების თანაფარდობის შესაბამის რღვევის სურათზე და ძირითადად დაფუძნებულია ექსპერიმენტების შედეგად ჩამოყალიბებულ სავარაუდო მოსაზრებებზე. ექსპერიმენტების უმრავლესობა აჩვენებს, რომ რღვევის სტადიაში ღუნვა-გრეხაზე მომუშავე ელემენტების სივრცითი კვეთის სამ წახნაგთან ჩნდება ბზარი, ხოლო მეოთხე წახნაგი წარმოადგენს ბეტონის შეკუმშულ ზონას. დაშვებულია, რომ რღვევისას ბზარით გადაკვეთილ გაჭიმულ არმატურაში, ზღვრული მდგომარეობისას, ძაბვა აღწევს დენადობის ზღვარს, ხოლო შეკუმშულ ბეტონში კი სიმტკიცის ზღვარს, გაჭიმული ბეტონი მუშაობიდან გამორიცხებულია.

მეორე თავში გადმოცემულია სხვადასხვა ქვეყნის ნორმატიულ დოკუმენტებში ასახული მითითებები შენობა-ნაგებობის რეგულარობის შესახებ, მოცემულია შედეგები და მათი. მრავალსართულიანი შენობებისათვის შენობის მოქნილობას, უფრო დიდი მნიშვნელობა აქვს, ვიდრე უბრალოდ სიმაღლეს. შენობის მოქნილობა იმავე მეთოდებით განისაზღვრება, რაც ცალკე მდგომი სვეტების მოქნილობა. რაც უფრო დიდია მოქნილობა, მით უფრო დამღუპველია გადამყირავებელი მომენტის მოქმედება მიწისძვრის დროს და დიდია მისგან გამოწვეული ძალები კონტურზე მდებარე სვეტების (სხვაგვარად, შემავალი კუთხის სვეტები) კონსტრუქციაში. შენობაზე განსაკუთრებით უარყოფით გავლენას ახდენს მკუმშავი ძალები, რომლებიც წარმოიქმნება გადამყირავებელი ძალების

მოქმედებისას. ნათელი ხდება თუ რა მნიშვნელობა აქვს არქიტექტურული გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში შენობის სიგრძის ფარდობას მის სიმაღლესთან. კონფიგურაციის შერჩევისას ხშირად სასურველ პირობად მოითხოვება დაცული იქნას შენობის გეომეტრიული თვისება- "სიმეტრია". შენობა ან ნაგებობა, როგორც ცნობილია, ითვლება გეგმაში სიმეტრიულად ორი ღერძის მიმართ, თუ მისი გეომეტრიული პარამეტრები იდენტურია განსახილველი ღერძის თითოეული მხრიდან. შენობის სიმეტრიულობა შეიძლება იყოს ერთი ღერძის გასწვრივაც. კონსტრუქციული სიმეტრია კი ნიშნავს სიმძიმის ცენტრისა და სიხისტის ცენტრების ადგილმდებარეობის თანხვედრას. ვერტიკალური ღერძის მიმართ სიმეტრიას შენობათა და ნაგებობათა დინამიკისათვის ნაკლები მნიშვნელობა აქვს, ვიდრე გეგმაში სიმეტრიას. ასიმეტრიულობა ხელს უწყობს სიმძიმის ცენტრსა და სიხისტის ცენტრებს შორის ექსცენტრისიტეტის წარმოქმნას, რის შედეგადაც ჩნდება გრეხა. მართალია გრეხა შეიძლება სხვა მიზეზებითაც გაჩნდეს, მაგ. შენობაში მასათა არათანაბარი გადანაწილების გამო, მაშინაც კი, როდესაც სიმეტრიულია ნაგებობა. მაგრამ გეგმის ასიმეტრიულ გადაწყვეტას თითქმის ყოველთვის მივყავართ გრეხამდე. გარდა ამისა, კონსტრუქციათა ასიმეტრიულობა ხშირად ძაბვათა კონცენტრაციასაც იწვევს. ძაბვათა კონცენტრაციის შესამცირებლად სიმეტრიულობის დაცვასთან ერთად საჭიროა კონფიგურაციის სიმარტივეც. საყურადღებოა ის გარემოება, რომ სიმეტრია განისაზღვრება არა მხოლოდ მთელი შენობის გეგმის გადაწყვეტით, არამედ ელემენტებითა და კვანძებით. შენობათა კონსტრუქციების მუშაობის შესწავლამ მიწისძვრის წინა პერიოდში აჩვენა შედეგებით მაღალი მგრძობიარობა სიმეტრიული გეგმის უმნიშვნელო, მცირე ცვლილებებისადმი. განსაკუთრებით ეს ეხება ისეთ კონსტრუქციულ გადაწყვეტილებებს, რომლებიც ითვალისწინებენ მზიდი დიაფრაგმებისა და სიხისტის ბირთვების გამოყენებას. შეიძლება შეგვხვდეს ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც გეგმაში არასიმეტრიულად გადაწყვეტილი კონსტრუქციული სისტემა ისე იყოს დაპროექტებული, რომ მისი

დინამიკური რეაქცია შეესაბამებოდეს ელემენტების სიმეტრიულ გეგმარებას, რაც მგრები მომენტის წარმოქმნის შესაძლებლობას თითქმის სრულიად გამორიცხავს. ზოგჯერ მზიდი ელემენტების ზომები და რაოდენობა ესთეტიური აღქმის კრიტერიუმებით არის შერჩეული და ეწინააღმდეგება სეისმომდეგი პროექტირების მოთხოვნებს. მაღალსართულიან შენობებში, რომელთაც დიდი მოქნილობა აქვთ, შეინიშნება მაღალი ტონების შესაბამისი რხევები და ამასთან მაქსიმალური ძალები შეიძლება გაჩნდეს იქ, სადაც თითქოს მათი წარმოქმნა არ იყო მოსალოდნელი, რადგან როგორც წესი, მიწისძვრის დროს უფრო მეტად მნიშვნელოვანი დატვირთვები მოქმედებენ გრუნტის ფუძის დონეზე. ქვედა სართულის კონსტრუქციები თავის თავზე იღებენ ზედა დონეებზე მოქმედ ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ დატვირთვებს.

მიწისძვრების შედეგების ანალიზმა აჩვენა ურთიერთკავშირი კარკასული ტიპის შენობათა სიგრძესა და დაზიანებათა მოცულობას შორის. ეს ურთიერთკავშირი გაითვალისწინება ზოგიერთი ქვეყნის ნორმატიულ დოკუმენტში. იმისათვის, რომ მიზანშეწონილად იქნას გამოყენებული კედლის შევსების სიგრძის ფარდობა გადახურვის ფართობთან, ორი ძირითადი ფაქტორი უნდა იყოს დაკმაყოფილებული: 1. გადახურვის ფართობი შესაბამისობაში უნდა იყოს შენობის მასასთან და აქედან გამომდინარე, მოდებულ დატვირთვასთან; 2. კედლების სიგრძეები კი ზუსტად აჩვენებდეს ზიდვის უნარს, რომელიც კავშიროვანი სისტემითაა უზრუნველყოფილი. მოცულობით-გეგმარებით კომპლექსში ყოველგვარი ცვლილება (სიმეტრიულობა და ასიმეტრიულობა), გამოყენებული სამშენებლო მასალების თვისებები, პირაპირების შეერთების სახეობები, სხვა კონსტრუქციული დეტალები, დიაფრაგმების ზომები და ხასიათი, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მთელი შენობის მუშაობაზე. პროექტირების დასაწყისშივე შესაძლებელია კონცეპტუალური დაპროექტების ეტაპზე გათვალისწინებული იქნას შენობის მოსალოდნელი რეაქცია.

მესამე თავში გადმოცემულია ბოლო დროს ასიმეტრიულ შენობებზე ჩატარებული კვლევითი სამუშაოების მიმოხილვა და არსებული გაანგარიშების მეთოდების ანალიზი.

ნ.პ მოდოკვანმა, ს.ს მეშრამმა და დ.ვ გუვარამ (2014) [7] შეისწავლეს სხვადასხვაგვარი ასიმეტრიულობა და გრების რეაქცია გეგმასა და ჭრილში ასიმეტრიული ფორმის მქონე შენობებში და გაანალიზეს განივი კვეთისა და L-ის ფორმის მქონე შენობები, როდესაც მათზე მოქმედებს მიწისძვრის ძალები. მათ განსაზღვრეს სვეტებში მგრები ძალების შედეგად აღძვრული დამატებითი განივი რეაქციები და მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ შემავალი კუთხის სვეტები უნდა გაძლიერდეს ჰორიზონტალური მიმართულებით განივი (ჭრის) ძალების ასატანად, რადგანაც შეინიშნება ამ ძალების მნიშვნელოვანი გადახრა (მერყეობა გადაყირავება). ზედა სართულებზე მიწისძვრის მოქმედების პარალელურ ღერძებზე მომენტთა მნიშვნელოვანი ცვლილებები საჭიროს ხდის სიფრთხილით დაპროექტდეს ის ელემენტები, რომლებიც შემავალ კუთხესთან ახლოს არიან განლაგებულნი. ბევრი პარამეტრი ახდენს გავლენას ასიმეტრიულ შენობაზე, მაგრამ მათ შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია გრებისადმი მდგრადობა. უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა ჰორიზონტალური, ბრტყელი კონსტრუქციული ელემენტი (მიწისძვრის მოქმედების როგორც მართობული, ასევე პარალელური) ქმნის სიხისტეს გრებაზე. დრეკად და არადრეკად ქცევის სქემებზე ჩატარებულ ანალიტიკურ კვლევებზე დაყრდნობით მათ დაასკვნეს, რომ გრების რეაქციაზე უფრო მნიშვნელოვანი პარამეტრი არის ცალკეული დრეკადი გრების სიხშირე შეფარდებული ცალკეულ დრეკად დროებით სიხშირეზე ან ექვივალენტურად, დრეკად სპექტრში გრებისა და დროებითი სიხისტის თანაფარდობა.

განცალკევებული, ცალკეული, დრეკადი დროებითი სიხშირე და განცალკევებული დრეკადი გრების სიხშირე გამოითვლება:

$$\omega_y = \sqrt{K_y/m}$$
$$\omega_{\theta'} = \sqrt{K_{\theta R}/mr^2}$$

სადაც K_y - არის y მიმართულებით დრეკადი სიხისტეების ჯამი;

$K_{\theta R}$ - არის მგრები სიხისტე;

ცალკეული სიხშირის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით

$$\Omega_R = \frac{\omega_{\theta'}}{\omega_y} = \sqrt{\frac{K_{\theta R}}{r^2 R_y}}$$

როცა, $\Omega_R > 1$, რეაქცია ძირითადად არის დროებითი და კონსტრუქცია ითვლება გრებისადმი მდგრადად, სხვა შემთხვევაში, როდესაც $\Omega_R < 1$ -ზე, რეაქციაზე გავლენას ახდენს გრება და კონსტრუქცია განიხილება, როგორც გრებისადმი მოქნილი.

სხვადასხვა მკვლევარებმა ჩაატარეს ანალიტიკური და ექსპერიმენტალური გამოკვლევები საფეხუროვან და გადახრილ შენობებზე და მივიდნენ საწინააღმდეგო დასკვნებამდე, რაც დამახასიათებელი უნდა ყოფილიყო მათ მიერ არჩეული შენობების მოდელებისთვის. პრისტლის მიხედვით იმ შენობებში, რომლებსაც საფეხური მხოლოდ ერთი მხრიდან აქვთ საფეხუროვანი ჩარჩოები ძლიერ არ იმყოფებიან ასიმეტრიულობის გავლენის ქვეშ და მხოლოდ მართობული მიმართულების ჩარჩოებზე იქმნება მცირედი გავლენები.

შენობის რეგულარობა შესაძლებელია განისაზღვროს რეგულარობის/ არარეგულარობის ინდექსით, რომელიც დამოკიდებულია შენობის გეომეტრიაზე. კარავასილისი და თანავატორები (2008) [8] გვთავაზობენ არარეგულარობის 2 ინდექსს (Φ_s -სართულბრივი და Φ_b -შეჭრებით):

$$\Phi_s = \frac{1}{n_s - 1} \sum_1^{n_s-1} \frac{L_i}{L_{i+1}}$$
$$\Phi_b = \frac{1}{n_b - 1} \sum_1^{n_b-1} \frac{H_i}{H_{i+1}}$$

სადაც n_s არის ჩარჩოს სართულების რაოდენობა, n_b - არის გადასვლების (უბეების) რაოდენობა ჩარჩოს პირველ სართულზე, H_i და L_i - სიმაღლე და პირველი სართულის სიგანე. თუმცა, ეს საშუალებას არ გვაძლევს

გავზომოთ შენობის საერთო არარეგულარობა. სარკარი და თანაავტორები (2008) [9] გვთავაზობენ რეგულარობის საერთო ინდექსს (η), რომელიც კონსტრუქციის დინამიკურ ქცევაზე დამოკიდებული და მოცემულია შემდეგნაირად:

$$\eta = \frac{\Gamma_1}{\Gamma_{1,ref}}$$

Γ_1 არის პირველი ფორმის თანამონაწილეობის კოეფიციენტი საფეხუროვანი ჩარჩოსთვის და $\Gamma_{1,ref}$ არის პირველი ფორმის მონაწილეობის კოეფიციენტი რეგულარული ფორმის ჩარჩოსთვის საფეხურების (შეჭრების) გარეშე. მიუხედავად იმისა, რომ ეს მიდგომა უფრო ლოგიკურად ჟღერს, რეგულარობის ინდექსის მისაღებად საჭიროა ჩატარდეს მოდელის ანალიზი.

სარკამი და თანაავტორები ასევე გვთავაზობენ შემასწორებელი კოეფიციენტის (K) გამოყენებას, რომელიც რეგულარული შენობის ძირითადი პერიოდის ემპირიულ ფორმულას გადააქცევს შეჭრილი ფორმის ჩარჩოებისთვის განკუთვნილ ფორმულად. K კოეფიციენტის გამოსათვლელი ფორმულა მოცემულია შემდეგი სახით:

$$K = \frac{T_{stepped}}{T_{regular}} = [1 - 2(1 - \eta)(2\eta - 1)]$$

ფორმულა სამართლიანია, როდესაც $0,6 \leq \eta \leq 1,0$.

შენობის ასიმეტრიის ერთ-ერთი მნიშვნელობა ფაქტორი არის მასით არარეგულარობა. ამ მხრივ მნიშვნელოვანია უეცარი კოლაპსის მოვლენა, რომლის გათვალისწინებული ყველა შენობის პროექტირების სტადიაში არ ხდება, თუმცა ბოლოდროინდელმა მოვლენებმა დაგვანახა ამ ფაქტორის როლი შენობის მდგრადობის საკითხში.

შენობის უეცარი კოლაფსი განისაზღვრება, როგორც სიტუაცია, როდესაც მთავარი მზიდი კონსტრუქციული ელემენტის ლოკალური კოლაფსი იწვევს მიმდებარე კონსტრუქციების კოლაფსს, რაც, თავის მხრივ, იწვევს დამატებით ნგრევას. თავდაპირველი მიზეზის არაპროპორციული დაზიანება გამოწვეულია ბუნებრივი საფრთხით

(მაგ. მიწისძვრები) ან ადამიანის მიერ წარმოქმნილი ექსტრემალური დატვირთვით (მაგ. გაზის აფეთქება, ტერორისტული თავდასხმები, მანქანების ზემოქმედება და ა.შ.). ეს დატვირთვები არ შედის სტრუქტურული პროექტირების საწყის ფაზაში.

საინჟინრო სფეროს წარმომადგენლების დიდი ყურადღება მიიქცია მრავალსართულიანი შენობის ნაწილობრივმა ნგრევამ. (ლონდონი) რაც გამწვეული იყო მე -18 სართულზე გაზის აფეთქების გამო. ინტერესი ამ სფეროს მიმართ გაძლიერდა ტერორისტული თავდასხმების შემდეგ (1995წ) და მსოფლიო სავაჭრო ცენტრზე (ნიუ-იორკი, 2001), სადაც ორივე კოშკი მთლიანად განადგურდა.

ამ მიზნით, აშშ-ს ორმა სააგენტომ, გენერალური სერვისების ადმინისტრაციამ (GSA) და თავდაცვის დეპარტამენტმა (DoD) 2003-2009 წლებში გამოაქვეყნეს გაიდლაინები უეცარი კოლაფსის ანალიზისთვის ახალი და არსებული შენობებისთვის. ორივე სააგენტოს მიერ შერჩეულია ალტერნატიული მეთოდი, როგორც ძირითადი მიდგომა კონსტრუქციების უეცარი ნგრევისადმი წინააღმდეგობის უზრუნველსაყოფად, როდესაც საქმე გვაქვს ექსტრემალურ დატვირთვებთან. ეს მეთოდი დამოუკიდებელი მიდგომაა და არ საჭიროებს მონაცემებს საფრთხის შესახებ, რომელიც იწვევს ძირითადი კონსტრუქციული ელემენტების სიმტკიცის დაკარგვას.

იმისათვის, რომ შენობა-ნაგებობამ წინააღმდეგობა გაუწიოს ამ ტიპის დატვირთვებს, ისინი უნდა იყოს დაპროექტებული უწყვეტობის, ელასტიკურობისა და მედეგობის ადეკვატური დონითა და მახასიათებლებით, რომლებიც გვხვდება ნორმატიულ დოკუმენტებში (ევროკოდი 8, ASCE 41-06, P100/1-2013). ყოველივე ეს უზრუნველყოფს უფრო მდგრადი შენობის დაპროექტებას და, ამრიგად, ამცირებს უეცარი ნგრევის რისკს.

არსებული შენობების, განსაკუთრებით ძველი შენობების სტრუქტურული ქცევა, რომელიც შექმნილია ბევრად უფრო

ნებადართული კოდების მიხედვით და ექვემდებარება ექსტრემალურ დატვირთვას, არის ღია საკითხი, რომელიც საჭიროებს გამოკვლევას.

ამავე თავში წარმოდგენილია სხვადასხვა ტიპის სეისმოჩამხშობი სისტემები და მათი გამოყენების სპეციფიკა. ჩამხშობი სისტემები შექმნილია და დამზადებულია შენობა-ნაგებობის მთლიანობის დასაცავად, სტრუქტურული დაზიანების კონტროლისთვის და მაცხოვრებლთა მსხვერპლის თავიდან ასაცილებლად, სეისმური ენერჯის შთანთქმის და შენობის დეფორმაციის შესამცირებლად.

სეისმური ჩამხშობი საშუალება აძლევს კონსტრუქციას გაუძლოს დიდ გადაადგილებებს და შეამციროს არახელსაყრელი გადახრები, ძალები და აჩქარებები. არსებობს რამდენიმე სახის სეისმური ჩამხშობი, კერძოდ, ბლანტი ჩამხშობი, ხახუნის, დენადი, მაგნიტური და დაკიდებული მასის ჩამხშობი. **ბლანტი ჩამხშობები** გამოიყენება მაღალსართულიანი შენობებისათვის, სეისმურ ზონებში. ისინი მუსაობენ გარემოს ტემპერატურაზე, რომელიც მერყეობს 40°C-დან 70°C-მდე. ბლანტი ამორტიზატორი ამცირებს ვიბრაციას, როგორც ძლიერი ქარის, ასევე მიწისძვრის დროს. **მოქნილი ჩამხშობები**, შენობის მექანიკურ ენერჯიას სითბოდ გარდაქმნის. მოქნილი ჩამხშობები წარმატებით იქნა გამოყენებული მთელ რიგ მაღალ შენობებში, როგორც ეფექტური ენერჯის ჩამხშობი სისტემები, რათა შეამციროს ქარისა და მიწისძვრის შედეგად გამოწვეული მოძრაობა.

მასიური ჩამხშობი (TMD), ასევე ცნობილია, როგორც ვიბრაციის შთანთქმელი ან ვიბრაციის დამშლელი, არის პასიური კონტროლის მოწყობილობა, რომელიც დამონტაჟებულია სტრუქტურის კონკრეტულ ადგილას ისე, რომ შემცირდეს ვიბრაციის ამპლიტუდა მისაღებ დონეზე, როდესაც მოქმედებს ძლიერი ჰორიზონტალური ძალა, როგორცაა მიწისძვრა ან ძლიერი ქარი. მასიური ჩამხშობის გამოყენებამ შეიძლება თავიდან აგვაცილოს დისკომფორტი, დაზიანება ან სტრუქტურული დაზიანება.

საქართველო ითვლება აქტიურ სეისმურ რეგიონად. მიწისძვრა სერიოზულ ზიანს აყენებს ნაგებობებს, განსაკუთრებით მრავალსართულიან შენობებს. აქედან გამომდინარე, ყველა შენობა, რომელიც განლაგებულია

მიწისძვრისადმი მიდრეკილ ზონებში, უნდა იყოს გათვლილი მიწისძვრის შედეგად წარმოქმნილ დამატებით დატვირთვისა და გადაადგილებებზე. მრავალსართულიანი შენობის გაანგარიშება შესაძლებელია დინამიკური ანალიზის მეთოდის გამოყენებით. დინამიკური ანალიზის სახეებია: 1) რეაქციის სპექტრის მეთოდი, 2) დროის ისტორიის მეთოდი (Time history) და 3) სეისმური კოეფიციენტის მეთოდი. აქედან რეაქციის სპექტრის მეთოდი და დროის ისტორიის მეთოდი ფართოდ გამოიყენება მრავალსართულიანი ნაგებობების დინამიკური ანალიზისთვის. თუმცა, ინჟინრებისთვის მალლივი შენობების დინამიკური ანალიზის სათანადო მეთოდის არჩევა რთულ ამოცანას წარმოადგენს. ზოგიერთ ქვეყანაში მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტების მიხედვით, აუცილებელია მრავალსართულიანი შენობის გაანგარიშება შესრულდეს ორივე მეთოდის მიხედვით და შემდეგ შედეგების შედარება და უფრო ოპტიმალური ვარიანტის მიხედვით პროექტირება.

დინამიკური გაანგარიშების სწორი მეთოდის შერჩევა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, როდესაც საქმე გვაქვს ასიმეტრიულ მალლივ შენობასთან.

ცნობილია რამდენიმე სახის არარეგულარობა- მასით, სიხისტით, პროექციაში და გეგმაში არარეგულარობა.

მიწისძვრის დატვირთვაში მიწის მოძრაობა იცვლება მისი სიდიდის, მიმართულებისა და პოზიციის მიხედვით დროთა განმავლობაში. ეს მოძრაობა იწვევს სტრუქტურის ვიბრაციას ან რყევას სამივე მიმართულებით. აუცილებელია, რომ სტრუქტურა ადეკვატურად იყოს მდგრადი ჰორიზონტალური მიწისძვრის მიმართ. სტრუქტურული საინჟინრო გამოთვლების უმეტესობაში მუდმივი დატვირთვები, დროებითი და ქარის დატვირთვები შეიძლება გათვალისწინებული იყოს საკმაოდ დიდი სიზუსტით. თუმცა, მიწისძვრის ძალებთან დაკავშირებით სიტუაცია სრულიად განსხვავებულია. მიწისძვრის დატვირთვები არის ინერციული ძალები, რომელთა სიდიდე არის ელემენტების მასის,

სიხისტისა და ენერჯის შთანთქმის უნარის ფუნქცია. მიწისძვრის რეაქცია ასევე დამოკიდებულია ნაგებობის მთელ გეომეტრიაზე.

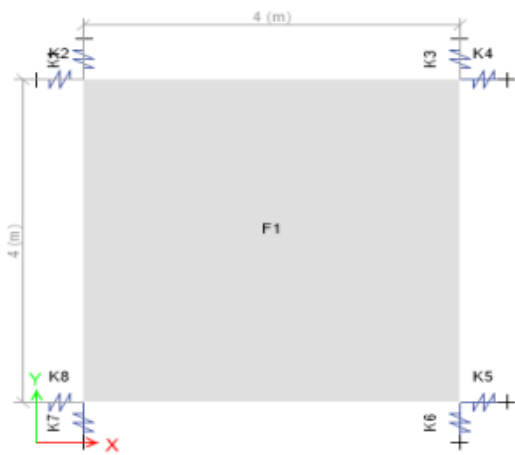
როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ვხვდებით რამდენიმე ძირითადი სახის არარეგულარობას, შეიძლება ითქვას, ასიმეტრიას, რაც იწვევს შენობაში ექსცენტრისიტეტის წარმოქმნას და, შესაბამისად, მის გრეხას. გრეხის ეფექტის დადგენა ასიმეტრიული მოხაზულობის ნაგებობებში რთულად გადასაწყვეტი ამოცანაა. გრეხის ეფექტის მინიმალიზაციისთვის უპირატესია შეირჩეს სიმეტრიული გეგმარება. კომპლექსური გეგმის შენობები უნდა დაიყოს მიახლოებითად მართკუთხა ფორმის ბლოკებად და მათ შორის მოეწყოს სეისმური ნაკერები. მიწისძვრის დროს შენობების ქცევა დამაკმაყოფილებელი იქნება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მიიღება ყველა ზომა რღვევის ხელსაყრელი მექანიზმის უზრუნველსაყოფად. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს, რომ გრეხის ეფექტებმა ხელი არ შეუშალოს ან საფრთხე არ შეუქმნას შენობის საერთო დრეკად ქცევას. გეგმაში სიმტკიცისა და სიხისტის ასიმეტრიული განაწილების მქონე შენობები მიწისძვრის დროს ერთდროულად განიცდიან გრეხას და გვერდით გადაადგილებებს. გრეხის გამო, ასიმეტრიული შენობების მიმართ მოთხოვნები იზრდება იმაზე მეტად, ვიდრე საჭიროა მხოლოდ გადაადგილებითი დეფორმაციისთვის. ცნობილია, რომ რაც უფრო დიდია ექსცენტრიულობა, ანუ მანძილი, მასის ცენტრსა და სიხისტის ცენტრს შორის, მით უფრო დიდია გრეხის ეფექტები. ასიმეტრიული შენობების არაელასტიკური ქცევის მნიშვნელოვანი ასპექტია არაელასტიკური მობრუნების კონტროლის ხარისხის გათვალისწინება. გრეხვითი ვიბრაციები იწვევს მნიშვნელოვან დამატებით გადაადგილებებს და ძალებს განივ დატვირთვაზე მომუშავე ელემენტებში. შენობების უმრავლესობის გაანგარიშება ეყრდნობა არაელასტიკურ რეაქციებს, როდესაც გრეხვითი მოძრაობა მოითხოვს მოქნილობსადმი დამატებით ზომებს. შესაბამისად გარკვეული ვერტიკალური ელემენტების გრეხვისადმი წინაღობა კრიტიკულად მნიშვნელოვანია და რაოდენობრივად უნდა შეფასდეს.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, რიცხვითი კვლევა შესრულებულია ერთსართულიან და მრავალსართულიან მოდელზე. განვიხილოთ ერთსართულიანი ჩარჩო, რომელიც შედგება კონტურზე დაყრდნობილი ფილისგან, სისქით 150მმ, კოჭებით 300x300 მმ, კონტრუქციის მალი 4 მ. გადახურვა ეყრდნობა 4 სვეტს. იმისათვის რომ შენობა გავხადოთ ასიმეტრიული ორი სვეტის ზომას ვცვლით 400x400 მმ ზომით. ზემოთ ხსენებული ჩარჩოს საანგარიშო მოდელირება ხდება 2 გზით:

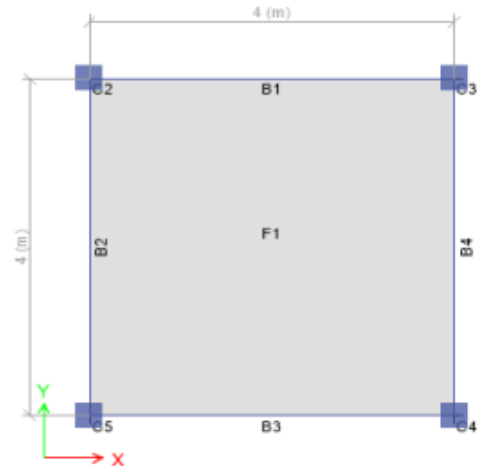
1. სვეტების ნაცვლად აღებულია ზამბარები;
2. სვეტები რეალური გეომეტრიით.

პირველ ტიპს დავარქვათ ზამბარული მოდელი, ხოლო მეორეს სვეტების მოდელი. ზამბარულ მოდელში ზამბარის სიხისტე ავიღოთ $12 EI/3H$.

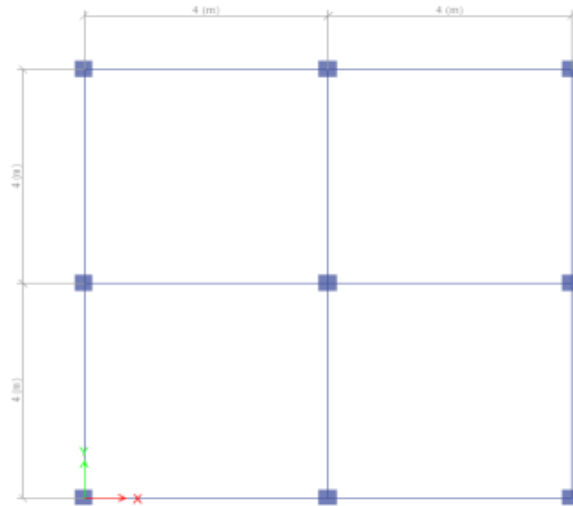
თერთმეტსართულიანი სიმეტრიული შენობა შედგება გეგმაში 9 სვეტისაგან, განკვეთით 300x300 მმ, მანძილი სვეტებს შორის 4 მ-ია, ყველა მიმართულებით. კოჭის კვეთი 300x300 მმ, ფილის სისქე 150მმ, რაც შეეხება ასიმეტრიულ შენობას, კოჭების და ფილის კვეთებს არ ვცვლით, ხოლო განაპირა სვეტებს ქვედა 4 სართულზე კი 600x600 მმ-ით ვზრდით, ხოლო მომდევნო 4 სართულზე 500x500 მმ-ით და დანარჩენ სართულებზე 400x400 მმ-ი ზომით ვამცირებთ. (ნახაზები იხ. ფიგურები 1-3)



ფიგ. 1 ერთსართულიანი სიმეტრიული შენობა ზამბარული მოდელი



ფიგ. 2 ერთსართულიანი სიმეტრიული სვეტის რეალური ზომით



ფიგ. 3. 11 სართულიანი შენობა (ერთგვაროვანი ექსცენტრიულობა)

სეისმური ანგარიშისთვის აღებულია *EL-Centro 1940 N-S* მიწისძვრის ჩანაწერი. ანგარიში შესრულებულია საანგარიშო პროგრამა SAP2000-ში. ბუნებრივი რხევის სიხშირე და ფორმები ნაჩვენებია ცხრილებში 1;2;3

Mode	Symmetric spring model		Asymmetric spring model	
	Period	Frequency	Period	Frequency
	Sec	cyc/sec	Sec	cyc/sec
I	0.109398	9.1409	0.095394	10.483
II	0.109398	9.1409	0.077252	12.945
III	0.109398	9.1409	0.075875	13.18

ცხრილი 1. რხევის სიხშირე და პერიოდი

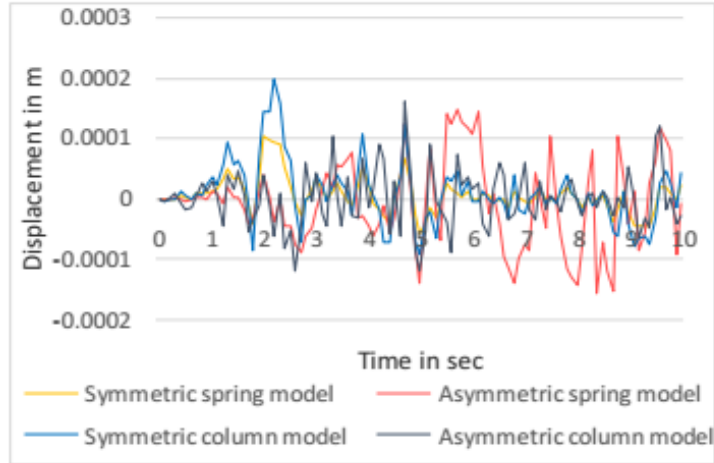
(ზამბარული მოდელი)

Mode	Symmetric column model		Asymmetric column model	
	Period	Frequency	Period	Frequency
	sec	cyc/sec	sec	cyc/sec
I	0.145798	6.8588	0.129471	7.7237
II	0.145798	6.8588	0.119219	8.3879
III	0.134942	7.4106	0.102046	9.7995

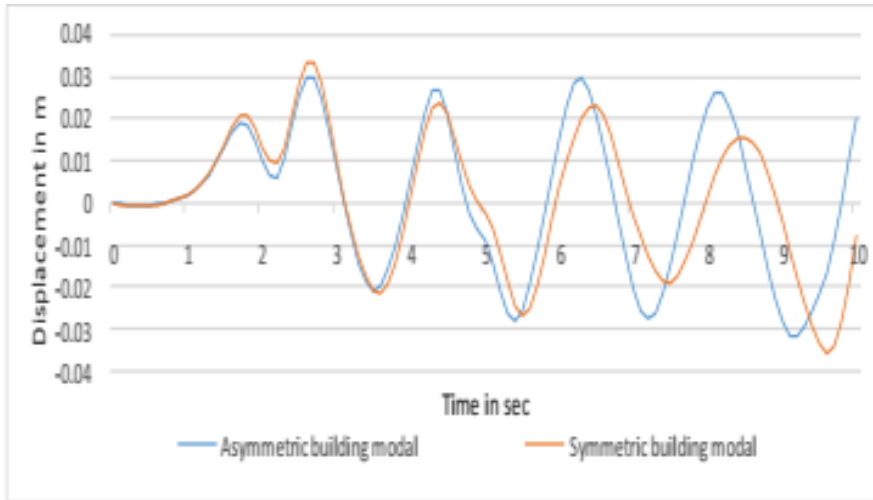
ცხრილი 2. რხევის სიხშირე და პერიოდი

Mode	Symmetric column model		Asymmetric column model	
	Period	Frequency	Period	Frequency
	sec	cyc/sec	sec	cyc/sec
I	2.061709	0.48503	1.753041	0.57044
II	2.032500	0.492	1.740951	0.5744
III	1.667369	0.59975	1.305998	0.7657
IV	0.673251	1.4853	0.567522	1.762
V	0.664471	1.505	0.56463	1.7711
VI	0.549523	1.8198	0.439858	2.2735
VII	0.385166	2.5963	0.32025	3.1226
VIII	0.382744	2.6127	0.309688	3.2291
IX	0.321925	3.1063	0.247071	4.0474
X	0.271631	3.6815	0.215792	4.6341
XI	0.264881	3.7753	0.203014	4.9258
XII	0.232614	4.299	0.16207	6.1702

ცხრილი 3. რხევის სიხშირე და პერიოდი
(11 სართულიანი შენობა)



ფიგ.4 რეაქციის ჩანაწერი ერთ სართულიანი შენობისთვის



ფიგ.5 რეაქციის ჩანაწერი 11 სართულიანი შენობისთვის

Type of model	Time in sec	Max value of displacement in m
Symmetric Spring model	2.00	1.02E-04
Asymmetric Spring model	5.70	1.48E-04
Symmetric column model	2.20	1.98E-04
Asymmetric column model	4.70	1.61E-04
11 Story symmetric building	2.70	3.37E-02
11 Story asymmetric building	2.60	2.903E-02

ცხრ.4 გადაადგილებების მაქს. მნიშვნელობა

Type of model	Base shear in kN
Symmetric Spring model	7.105
Asymmetric Spring model	6.076
Symmetric column model	10.046
Asymmetric column model	10.528
11 Story symmetric building	159.355
11 Story asymmetric building	194.267

ცხრ. 5 ფუძის რეაქცია

მეოთხე თავში გეგმაში არარეგულარული შენობის მაგალითის საფუძველზე ნაჩვენებია ასიმეტრიულობის გავლენა შენობის მდგრადობაზე. მიმოხილულია ქარის ზემოქმედებით გამიწვეული მგრები მომენტი. იმავე შენობაში ჩასმული გრეხაზე მომუშავე დემფერი და ნაჩვენებია მისი ეფექტურობა. ამ შედეგების საფუძველზე შეიძლება ითქვას რომ 20-25% არის ეფექტურობა ამ ტიპი დემფერის გამოყენებისას.

ძირითადი დასკვნები

ჩატარებულ კვლევათა შედეგები საშუალებას იძლევიან გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

1. ბუნებაში იშვიათია აბსოლიტურად სიმეტრიული შენობა, შესაბამისად აუცილებელია შენობის საანგარიშო მოდელის შენობის რეალურ მუშაობასთან მიახლოება.

2. თანამედროვე ტექნოლოგიური მიღწევები საშუალებას გვაძლევს შეიქმნას ისეთი ტიპის დემფერი, რომელიც იმუშავებს გრებით დეფორმაციების ჩახშობაზე. თუმცა ეს საკითხი მომავალი მრავალი ექსპერიმენტის საფუძველია

3. ჩვენს მიერ ჩატარებულმა რიცხვითმა მაგალითმა საშუალოდ 25 %-იანი ეფექტი მოგვცა გრების დეფორმაციების შემცირებაზე.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ ნაშრომებში:

1. ლ.ბალანჩივაძე, ა.ჩხარჩხალია ასიმეტრიულობის გავლენა რკინაბეტონის შენობა-ნაგებობების მდგრადობაზე// საქართველოს მექანიკოსთა კავშირის XI ყოველწლიური საერთაშორისო კონფერენცია, ბათუმი, 2020
2. L. Balanchivadze, A. Chkharchkhalia. PECULIARITIES OF ASYMMETRIC REINFORCED CONCRETE HIGH-RISE BUILDINGS AND THEIR DESIGN
3. ლ.ბალანჩივაძე, ა.ჩხარჩხალია ასიმეტრიული რკინაბეტონის მაღლივი შენობები და მათი დაპროექტების თავისებურებები სეისმურ

რეგიონებში// სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ №3(59).
თბილისი. 2021 გვ. 63-66.

4. ჩხარჩხალია აზა. გეგმაში სიმეტრიული და ასიმეტრიული შენობის
სეისმური ანალიზი //სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“.
№ 1(61), თბილისი 2022. გვ. 127-131.

Abstract

High buildings represent unique structures of architectural, structural engineering, construction technology, exploitation and reliability, and they symbolize the strength and the technological progress of the country. The definition of "high-rise building" does not exist at present. This definition had different meanings at different times and we should assume that it will change with the growth of the floors in future. On the first international symposium in 1971, it was suggested that the building of a 30-storey or 100 meters height would be high building. For example, the class of high buildings in Georgia starts from 75 meters. [1;5] The high-rise buildings all over the world are buildings that have the highest level of liability and reliability. The value of their construction is significantly expensive than the normal buildings. This is not only from technological, construction, and other factors, but also a security that are accepted at all stages of construction and exploitation. During the design of the architecture should be considered the major bearing structures and engineering systems not as separate projects, but as an organic part of a common functional scheme of the building. Designing and construction of high-rise buildings is closely related with the development of economic and scientific technologies. The level of design of these types of buildings is high enough for today, but they have essential peculiarities that distinguish them from designing traditional houses. For example, the load increases on the bearing constructions and on the foundation of the building. The height of the building determines the difficulty of engineering systems and communications. Such kind of buildings has increased requirements for fire and safety. All this has a substantial effect on the selection of architectural

and construction solutions, like a natural and technogenic factors, such as seismic, atmospheric, aerodynamic, vibrating factors. Also, we have to consider the possibility of emergency, fire, sabotage acts, local damage. In ancient times, all the high buildings (tower of Babel, the lighthouse of Alexandria, the pyramids in Egypt, including the Pyramid of the Kheopos, which was considered as the world's highest structure before the XIX century, the height of it is 137 m.) masonry constructions are made from stone.

The master's thesis deals with such issues as the seismic report of high-level buildings, in case of a pile foundation, taking into account the compliance of their ground, which affects dynamic characteristics of the building (building's variation forms, periods), which reflects in seismic forces.

Buildings with an asymmetric distribution of stiffness and strength in plan undergo coupled lateral and torsional motions during earthquakes. In many buildings the centre of resistance does not coincide with the centre of mass. By reducing the distance between the centre of mass and the centre of stiffness, torsional effects should be minimized. The stiffness characteristics control the dynamic response of the building structure. The choice of the stiffness characteristics of structures is an important step in the conceptual design phase. The good behaviour of the structure can be provided with a well distributed lateral load resisting system. The inelastic seismic behaviour of asymmetric-plan buildings is considered by using the histories of base shear and torque (BST). The factors that determine the seismic response are the strength eccentricity, lateral and torsional capacity of the system, planwise distribution of stiffness and excitation.

Since Georgia is in a seismically active region the influence of the asymmetry on the sustainability of the building is considered complex in conjunction with seismic reaction. However, it is noteworthy that the sustainability of the building should be checked not only for seismic loads, but also for significant attention to wind loads. The aim of the dissertation is: Theoretical and experimental study of the resistance caused by asymmetry in multi-storey reinforced concrete frame

buildings, taking into account both seismic and wind loads. The effect of additional eccentricity on the loss of stability of structural elements is studied.

The paper discusses the main factors affecting the sustainability of reinforced concrete structures, based on a wide range of theoretical and experimental studies, both in the theory of seismic construction and design.

Discusses how sustainability issues are reflected in the current normative material and Eurocodes.

The effect of additional eccentricity generated during seismic impact on the loss of stability of reinforced concrete elements is established. Impact of torque caused by wind impact on an asymmetric building.

The scientific novelty of the topic is: the idea of creating a damper working on a twister and a numerical example showing its effect on the twisting moment caused by the impact of the wind on an asymmetric building. The data obtained are conditional, and the establishment of this idea in reality will require a lot of work and many experiments in the future.

The scientific novelty of the topic is the idea of creating a damper working on a twist. The numerical example shows the effect of a damper with the impact of the wind on an asymmetric building at the right moment. The establishment of this idea in reality needs considerable research and confirmation by numerous experiments.