

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

პროექტის დასახელება: გეგმაში რთული მოხაზულობისა და სიმაღლეში სართულების ტერასულად ცვალებადობის გავლენა ნაგებობის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაზე სეისმური ზემოქმედებისას

ნომინაცია: სამეცნიერო-თეორიული , 32

პროექტის ხელმძღვანელი ლერი ზამბახიძე

პროექტის მენეჯერი ელინა ქრისტესიაშვილი

პროექტში მონაწილე დოქტორანტი ლეილა ქრისტესიაშვილი

თბილისი – 2011

სარჩევნო

შესავალი

1. მიწისძვრის გამომწვევი მიზეზები, მექანიზმი და კლასიფიკაცია;
2. სეისმიურ ზემოქმედებაზე გაანგარიშების მეთოდების განვითარების ისტორია;
3. სეისმომდეგი მშენებლობის ძირითადი პრინციპები;
4. ნორმატიული დოკუმენტებით განსაზღვრული სეისმომდეგი მშენებლობის კონსტრუირების საკითხები;
5. სეისმიური ზემოქმედებისას კარკასულ მონოლითურ შენობებში გეგმაში რთული მოხაზულობისა და სართულების ტერასულად ცვალებადობის გავლენა ნაგებობის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაზე;
6. დასკვნა რეკომენდაციები.

შესავალი

შენობა-ნაგებობის სეისმდებლობის უზრუნველყოფას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ადამიანთა სიცოცხლისა და მატერიალურ-კულტურული მემკვიდრეობის შესანარჩუნებლად. ამის მაგალითი უკანასკნელ პერიოდში ინდონეზიაში, იაპონიაში, სომხეთში და თურქეთში მომხდარი მიწისძვრებია, რომელთა ზემოქმედებით მიღებული შედეგები განუზომელია. ამდენად სეისმოდებლობის უზრუნველყოფა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ჩვენი რეგიონისათვის, რომელიც სეისმიურად აქტიურ ზონაში მდებარეობს. ტერიტორიის უმეტესი ნაწილი 8 ბალიან ზონაშია, დანარჩენი კი 7 და 9 ბალიანი ზონებია. მ მხრივ მნიშვნელოვანია თუ რამდენად ზუსტადაა განსაზღვრული და აღწერილი სეისმიური ზემოქმედება და რამდენად სწორადაა შერჩეული ნაგებობის საანგარიშო სქემა.

აღნიშნულის გათვალისწინებით მიწისძვრის ზემოქმედებით გამოწვეული კატასტროფები მთლიანად თუ არ აღმოიფხვრება, შესაძლოა მინიმუმამდე დავიყვანოთ მათი ზემოქმედებით გამოწვეული ზარალი. მიწისძვრების ანალიზის შედეგად ჩამოყალიბებული ერთ-ერთი პრინციპის თანახმად, პროექტირების დროს დაცული უნდა იქნას ნაგებობებში სიხისტეებისა და მასების თანაბარი და სიმეტრიული განაწილება, რაც გულისხმობს გეგმაში ნაგებობის მარტივი ფორმით დაგეგმარებას, რათა თავიდან იქნას აცილებული გრეხითი მომენტები. იმ შემთხვევაში როდესაც საჭიროა არქიტექტურულ გეგმარებით გადაწყვეტებით გეგმაში რთული კონფიგურაციის მიღება, მაშინ მას ჰყოფენ ანტისეისმიური ნაკერებით.

როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, მაღლივი კარაკასული შენობებისათვის (მოქნილი ნაგებობები), რომელთაც გეგმაში მარტივი ფორმა გააჩნიათ, სეისმიური ზემოქმედების შედეგად მაინც ადგილი აქვს გრეხვით ფორმებსა და მგრეხავი მომენტების წარმოშევას. ამასთან მრავლადაა თანამედროვე პერიოდში აგებული ნაგებობები როგორც ჩვენს

ქვეყანაში, ისე საზღვარგარეთ, რომლებიც არ პასუხებენ სეისმომდეგი მშენებლობის ნორმატიული დოკუმენტებით განსაზღვრულ მოთხოვნებს. ამდენად მნიშვნელოვანია განვსაზღვროთ, რა გავლენა აქვს ნაგებობების სიმაღლეში სართულების ცვალებადობას, სეისმიური ზემოქმედების დროს, ნაგებობების დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაზე.

1. მიწისძვრის გამომწვევი მიზეზები, მექანიზმი და კლასიფიკაცია

მიწისძვრების გამომწვევ მიზეზებად დღევანდელი პირობებში მიღებულია ჩაითვალოს ტექტონიკური პროცესები და ადამიანთა საინჟინრო მოღვაწეობა.

ტექტონიკური პროცესების მიხედვით დედამიწა დაყოფილია რამოდენიმე ლითოსფერულ ფილებად, რომლებიც გადაადგილდებიან და ერთმანეთზე დაწოლის ხარჯზე ხდება ძაბვების დაგროვება, ანუ ხდება უძრავობის პოტენციალური ენერჯის დაგროვება და ისინი მიაღწევენ რა მაქსიმალურ ზღვრულ მნიშვნელობას, ხდება მათი სწრაფი გარდაქმნა კინეტიკურ მოძრაობის ენერჯიაში. ამ დროს აღნიშნულ ფილების შეხების ადგილში ადგილი აქვს რღვევას. ხდება ენერჯის უცაბედი გამონთავისუფლება და წარმოიქმნება სეისმიური ტალღები. ამგვარად ხანგრძლივი და ძალიან ნელა მიმდინარე ტექტონიკური მოძრაობები მიწისძვრისას გადადიან სეისმიურ მოძრაობაში, რომელთაც გააჩნიათ

დაგროვებული ენერჯის უცვლელად გამოთავისუფლების ხარჯზე დიდი სისწრაფე და იწვევენ დედამიწის ქერქის რხევებს.

მიწისძვრების გამომწვევ მიზეზთა შორისაა ასევე ადამიანთა საინჟინრო მოღვაწეობა; როგორცაა საბადოებიდან ნავთობისა და გაზის ამოტუმბვა, ან ჭაბურღილებში მათი ჩატუმბვა, მიწისქვეშა ატომური აფეთქებები და ა. შ. მიწისძვრების პროვოცირების მიზეზთა შორისაა ასევე წყალსაცავების წყლით შევსება.

მიწისძვრა მიწის ზედაპირის რხევას, რომელიც წარმოიშობა დედამიწის ქერქში, ან ზედა მანტიის უცვლელი გადაადგილებებისა და რღვევების გამო და გადაეცემა დიდ მანძილზე დრეკადი რხევების სახით.

მიწისძვრის საწყისი პროცესების წარმოქმნის სიღრმის მიხედვით განასხვავებენ სამ ჯგუფს:

1. ნორმალური – 70 კმ-დე;
2. შუალედური 70 კმ- დან 300 კმ-მდე;
3. სიღრმული 300 კმ-დან 700 კმ-მდე.

700 კმ-ზე ღრმად წარმოქმნილი მიწისძვრა დაფიქსირებული არ არის. ყველაზე ხშირი ნორმალური სიღრმის მიწისძვრებია, რომლებიც დედამიწის სეისმიურად აქტიურ ყველა ზონაში მიმდინარეობს. ასევე ხშირია შუალედური სიღრმის მიწისძვრებიც, ხოლო სიღრმული მიწისძვრები იშვიათობაა და მხოლოდ წყნარი ოკეანის ლითოსფერული ფილების გადაადგილებების ხარჯზე შეინიშნება.

მიწისძვრისას წარმოქმნილი ენერჯია შემდეგნაირად ნაწილდება:
ნორმალური - 85%, შუალედური -12%, სიღრმული -3%.

საშიშ მიწისძვრად ითვლება მიწისძვრები ეპიცენტრით 5 კმ-დან 300 კმ სიღრმემდე, განსაკუთრებით საშიშად 10 კმ-დან 100 კმ სიღრმემდე.

2. სეისმიურ ზემოქმედებაზე გაანგარიშების მეთოდების განვითარების ისტორია

სეისმიურ დატვირთვაზე გაანგარიშების პირველი მცდელობა 1900 წელს იაპონელი მეცნიერის ფ. ომორის მიერ გამოქვეყნებულ შრომებში იქნა წარმოდგენილი. ომორის მიერ დამუშავებული იქნა ე.წ. **სტატიკური თეორია**, რომელიც ეყრდნობოდა დაშვებას, რომ ნაგებობა აბსოლუტურად არადეფორმირებადია და ხისტადაა ჩამაგრებული ფუძეში, ამასთან ჰორიზონტალური გადაადგილება, სიჩქარე და აჩქარებები ნაგებობის ყველა წერტილისათვის ერთნაირია და ტოლია ფუძის შესაბამისი რხევითი მახასიათებლების. ამ თეორიის მიხედვით სეისმიური ძალები, როგორც ინერციის ძალები განისაზღვრება ფორმულით:

$$S_{max} = m y_{0max}$$

სადაც - m ნაგებობის მასაა;

- y_{0max} ნაგებობის ფუძის (გრუნტის) მაქსიმალური აჩქარებაა, რომელშიდაც ჩამაგრებულია ნაგებობა.

1920 წელს ასევე იაპონელი მეცნიერის ნ. მონონობეს მიერ შემოთავაზებული იქნა თეორია, რომლის მიხედვითაც სეისმიური ძალების განსაზღვრა ხორციელდებოდა ნაგებობის დეფორმაციულობის გათვალისწინებით. ამ შემთხვევაში ნაგებობა განიხილებოდა როგორც გრუნტში ჩამაგრებული კონსერვატიული წრფივად დრეკადი სისტემა ერთი თავისუფლების ხარისხით, რომლის რხევა მიწისძვრის დროს ხორციელდება ჰარმონიულობის კანონის მიხედვით. (ნახ. 1). ამ შემთხვევაში სისტემაში მოქმედებს შემდეგი ძალები:

მასის სრული აჩქარების პროპორციული ინერციის ძალა -

$$I = - m(y_0 + y)$$

და გრუნტის მიმართ მასის გადაადგილების პროპორციული (აღმდგენი) ძალა - $R = - ky$;

მონონობე თვლიდა, რომ სეისმიური ძალა S მიმართულია კორიზონტალურად და მოდებულია წერტილში სადაც შეყურსულია მასა m .

წარმოდგენილ თეორიებს გააჩნდა გარკვეული ხარვეზები. როგორც მიწისძვრების შედეგების გამოცდილება უჩვენებდა, ყველაზე ძლიერ რღვევებს ადგილი ჰქონდა მიწისძვრის საწყის მომენტიში, როდესაც პირველი დარტყმებით გამოწვეული ნაგებობის თავისუფალი რხევები ჯერ კიდევ არ იყო ჩამქრალი.

იძულებით რხევებთან თავისუფალი რხევების დაჯამების შედეგად ხდება სეისმიური ძალების გაძლიერება, ეს მომენტი კი აღნიშნულ თეორიებში არ იყო გათვალისწინებული. გარდა ამისა, მონონობეს თეორიაში იგნორირებული იყო რხევების ჩაქრობა და ძალზედ გამარტივებული გრუნტის სეისმიური მოძრაობის აღწრა. მთავარ ხარვეზად კი რჩებოდა ის მომენტი, რომ საანგარიშო მოდელად ერთმანისიანი სქემის მიღება არ იძლეოდა საშუალებას, სეისმიური დატვირთვების სიმაღლეში განაწილების კანონზომიერებისა და მათზე მაღალი ფორმების გავლენის დასადგენად.

პირველად მიწისძვრის საწყის სტადიაში თავისუფალი რხევების მინიშნულვან როლზე ყურადღება გაამახვილა კ. ზავრიევი 1927 წელს, რომელიც შემდეგში განავრცეს კ. სუეხირომ და ნეიმანმა. ისინი ეყრდნობოდენ იგივე დინამიურ სქემას რასაც მონონობე და თვლიდნენ, რომ გრუნტის მოძრაობა ჰარმონილია. თვლიდნენ რა, რომ საწყის ეტაპზე გრუნტის გადაადგილება მაქსიმალურია, ხოლო სიჩქარე ნულის ტოლი, დროიც ნებისმიერი მომენტისათვის სისტემის გადაადგილება მიიღებდა სახეს:

$$y_0(t) = a_0 \cos vt$$

სადაც - a_0 და v გრუნტის რხევის ამპლიტუდა და კუთხური სიშირვა.

აღნიშნული ფორმულის გამოყენების საფუძველზე სეისმიური ძალის განსასაზღვრავად მიღებული იქნა ფორმულა:

$$S_{max} = Q k_c V_d$$

სადაც k_c - სეისმიურობის კოეფიციენტი;

V_d - დინამიურობის კოეფიციენტი.

აღნიშნული თეორია წარმოადგენს სეისმიური ძალების განსაზღვრის დინამიურ თეორიას.

1934 წელს მ. ბიოს მიერ დამუშავებული იქნა სეისმიური ძალების განსაზღვრის სპექტრალური მეთოდი, რომელიც მიწისძვრის შედეგად გრუნტს ზედაპირის რხევის ინსტრუმენტალურ ჩანაწერებს ემყარება. მ. ბიო სეისმიური ძალების მნიშვნელობის ანალიტიკური გამოსახულების მიღებას ცდილობდა არა გრუნტის რხევის ჰარმონიული კანონის მიხედვით, (როგორც ეს ზემოთაღწერილ შემთხვევებში ხდებოდა), არამედ იყენებდა მიწისძვრის დროს გრუნტის რხევის ინსტრუმენტალურ ჩანაწერებს, (აჩქარებების სპექტრების ჩანაწერებს) აქსელეროგრამებს. ასეთ შემთხვევაში რაიმე k წერტილში შეყურსული სეისმიური ძალის მნიშვნელობა i -ური მთავარი ფორმისათვის გამოითვლება ფორმულით:

$$S_{ik} = Q_k k_c V_{ik} \beta_i$$

მოცემულ ფორმულაში სეისმიურობის კოეფიციენტი k_c დამოკიდებულია მხოლოდ გრუნტის რხევის ინტენსიურობაზე, ხოლო β_i სიდიდე აჩქარებების სპექტრების არსებობის შემთხვევაში, განისაზღვრება ნაგებობის დინამიური მახასიათებლების მიხედვით.

3. სეისმომედეგი მშენებლობის ძირითადი პრინციპები

სეისმომედეგი მშენებლობის სირთულის, საანგარიშო სქემებისა და გაანგარიშებების მეთოდების მოდელირების, ასევე სეისმური დარაიონების რუკების მიახლოებითობისა და ბოლომდე გაურკვევლობის გამო, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება კონსტრუქციულ ღონისძიებებს, რომლებმაც უნდა უზრუნველყონ ნაგებობათა სეისმომედეგობა.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, სეისმომედეგი ნაგებობის დაპროექტებისას განიხილება სამი პრინციპიალურად განსხვავებული მიდგომები.

პირველი მიდგომა, რომელიც ყველაზე გავრცელებულია, მდგომარეობს ამაღლებული სიმტკიცის კონსტრუქციების შექმნაში, რომლებსაც შეეძლებათ მნიშვნელოვანი დაზიანებების გარეშე გადაიტანონ მიწისძვრები.

მეორე მიდგომის თანახმად, რაც უფრო მტკიცედ და ხისტადაა ჩამაგრებული ნაგებობა საფუძველში (გრუნტში), მით მეტია აღძრული სეისმიური დატვირთვები, რამდენადაც უკეთ ხდება სეისმიური რხევების გრუნტიდან ნაგებობაზე გადაცემა. ამდენად სეისმიური დატვირთვების შემცირების მიზნით ხდება გრუნტსა და ნაგებობას შორის კავშირების შესუსტება სხვადასხვა ხერხების გამოყენებით, რომლებიც სეისმოდაცვის პასიურ სისტემებს წარმოადგენენ. ესენია ნაგებობასა და საფუძველს შორის ქვიშის ბალიშების, მცოცავი სარტყლების, რეზინისა და ლითონის სადებების, ზამბარების გამოყენება და ა.შ.

მესამე მიდგომა დაფუძნებულია ე.წ. აქტიური სეისმოდაცვის სისტემების გამოყენებაზე. ასეთ შემთხვევაში ნაგებობები აღჭურვილია დანადგარებით, რომლებიც ცვლიან ნაგებობის დინამიურ მახასიათებლებს და გამოყავთ ნაგებობა რეზონანსული მდგომარეობიდან. აღნიშნული მეთოდი ყველაზე თანამედროვეა სეისმომედეგი ნაგებობების შექმნაში, რამდენადაც ამ შემთხვევაში ნაგებობები აღჭურვილია სხვადასხვა კომპიუტერული სისტემით მართვადი დანადგარებით, რომლებიც ადგილზე ამუშავენს

წარმოქმნილი მიწისძვრისაგან მიღებულ ინფორმაციას. ასეთი ნაგებობები შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც ნაგებობა რობოტი ან მართვადი კონსტრუქცია.

აღნიშნული მეთოდი ამასთანავე ყველაზე ძველი მეთოდია ნაგებობების სეისმიური ზემოქმედებისაგან დაცვისა. რამდენადაც ნებისმიერი ნაგებობას შეუძლია მიწისძვრისაგან დაზიანებებისას შეიცვალოს თავისი სიხისტე და შესაბამისად გადააწყოს საკუთარი რხევის პერიოდი. მაგრამ ჩვეულებრივ ნაგებობებში ეს პროცესი არ რეგულირდება და მათი თავისუფალი რხევის პერიოდი შესაძლებელია მიუახლოვდეს სეისმიური ზემოქმედებისაგან გამოწვეულ გრუნტის საკუთარ პერიოდს რის შედეგადაც ადგილი ექნება კატასტროფას. თანამედროვე ნაგებობებში, რომლებიც აღჭურვილია ზემოაღნიშნული დანადგარებით, აქტიური დაცვის სისტემა მუშაობს ისე, რომ ნაგებობა გამოიყვანოს რეზონანსული მდგომარეობიდან.

4. ნორმატიული დოკუმენტებით განსაზღვრული სეისმომედეგი მშენებლობის კონსტრუირების საკითხები

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, სეისმომედეგობაზე გაანგარიშების მეთოდები და სეისმური დარაიონების რუკების მიახლოებითია და ზუსტად ვერ ასახავენ სეისმიური ზემოქმედებისას წარმოქმნილ რეალურ სიტუაციას. აქედან გამომდინარე, სეისმომედეგ მშენებლობაში მნიშვნელოვანი როლი შეიძინა კონსტრუქციულმა ღონისძიებებმა, რომლებიც ასახულია სეისმომედეგი მშენებლობის ნორმატიულ დოკუმენტებში და რომელთა გათვალისწინებამაც უნდა უზრუნველყონ ნაგებობათა სეისმომედეგობა.

აღნიშნული მოთხოვნები ძირითადად შემუშავებულია სხვადასხვა ქვეყნებში მიწისძვრის შედეგად ნაგებობებში წარმოშობილი დაზიანებების ანალიზის საფუძველზე. აღსანიშნავია, რომ აღნიშნული ნორმატიული დოკუმენტების შემუშავება ძირითადად თეორიული ანალიზის საფუძველზე ხდებოდა, პრაქტიკული გაანგარიშებები კი მათი დიდი მოცულობისა და შრომატევადობის გამო გამარტივებული სქემებით მიმდინარეობდა.

მოვიყვანოთ სეისმომედეგი მშენებლობის ნორმატიულ დოკუმენტებში ასახული ზოგიერთი კონსტრუქციული ღონისძიებები:

1. სიმეტრიის პრინციპი: ნაგებობებში მასები და სიხისტეები განაწილებული უნდა იყოს თანაბრად და სიმეტრიულად ნაგებობის სიმძიმის ცენტრში გატარებული სიბრტყის მიმართ;
2. ჰარმონიულობის პრინციპი: აუცილებელია დაპროექტებისას ნაგებობებთან ზომებში პროპორციონალურობის დაცვა, ამასთან სიგრძე და სიმაღლე არ უნდა იყოს ძალიან დიდი;
3. ანტისიმძიმის პრინციპი: აუცილებელია ნაგებობა იყოს რაც შეიძლება მსუბუქი, სიმძიმის ცენტრის რაც შეიძლება ქვემოთ განლაგებით;
4. ელასტიურობის პრინციპი: ნაგებობათა შემადგენელი კონსტრუქციების მასალა უნდა იყოს მტკიცე, მსუბუქი და

ხასიათდებოდეს დრეკადი თვისებებით და მასალის ერთგვაროვნებით;

5. შეკრული კონტურის პრინციპი: ნაგებობის მზიდი ელემენტები უნდა იყოს ერთმანეთთან შეკრული და შექმნას შეკრული კონტური როგორც გრძივი, ისე განივი მიმართულებით;
6. დასაძირკველების პრინციპი: სეისმომდებელი კონსტრუქციების საძირკველები უნდა იყვეს მტკიცე, საკმაოდ ჩადრმავებული, დაფუძნებული ერთგვაროვან გრუნტებზე.

მიუხედავად ნორმატიულ დოკუმენტებში ასახული ღონისძიებებისა, მრავალია ისეთი შენობა ნაგებობები, როგორც ჩვენს ქვეყანაში, ისე საზღვარგარეთ, რომლებიც არ პასუხობენ აღნიშნულ მოთხოვნებს. მაგალითისათვის ქვემოთ მოყვანილია ფოტომასალა, სადაც ასახულია ნაგებობები რომლებიც არ პასუხობენ სეისმომდებელი მშენებლობის ნორმატიულ მოთხოვნებს. მაგალითად:

იუსტიციის სახლი ქ. ბათუმში, (სურ. 1) - დარღვეულია ჰარმონიულობისა და ანტისიმძიმის პრინციპი;

სარფის საბაჟო გამშვები პუნქტი, (სურ. 2, 3) - დარღვეულია სიმეტრიის, ჰარმონიულობის, ანტისიმძიმის, ელასტიურობის, შეკრული კონტურის პრინციპი;

საქართველოს ბანკის მთავარი ოფისი (სურ. 4) - დარღვეულია სიმეტრიის, ჰარმონიულობის, ანტისიმძიმის, ელასტიურობის, შეკრული კონტურის პრინციპი;

სავაჭრო ობიექტი ი. ჭავჭავაძის გამზირზე (სურ. 5.) - დარღვეულია სიმეტრიის, ჰარმონიულობის, ანტისიმძიმის, ელასტიურობის, შეკრული კონტურის პრინციპი.

აღნიშნულიადაც გამომდინარე, მნიშვნელოვანია განვსაზღვროთ რა გავლენა აქვს ნორმატიულ დოკუმენტებში ასახული მოთხოვნების გაუთვალისწინებლობას (ჩვენს შემთხვევაში გეგმაში რთული მოხაზულობისა და სართულების ტერასულად ცვალებადობას), სეისმიური

ზემოქმედების დროს, ნაგებობების დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაზე.



სურ. 1 იუსტიციის შენობა ქ. ბათუმში



სურ. 2 სარფის საბაჟო გამშვები პუნქტი
(მშენებლობის პროცესი)



სურ. 3 სარფის საბაჟო გამშვები პუნქტი



სურ. 4. საქართველოს ბანკის სათაო ოფისი ქ. თბილისში



სურ. 5 სავაჭრო ობიექტი ი. ჭავჭავაძის ვ

5. სეისმიური ზემოქმედებისას კარკასულ მონოლითურ შენობებში გეგმაში რთული მოხაზულობისა და სართულების ტერასულად ცვალებადობის გავლენა ნაგებობის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაზე.

ნაგებობების სეისმიურ ზემოქმედებაზე გაანგარიშებისას აუცილებელია სეისმომდეგი მშენებლობის ნორმატიულ დოკუმენტებში განსაზღვრული მოთხოვნების გათვალისწინება, რომლებმაც უნდა უზრუნველყონ ნაგებობათა სეისმომდეგობა. აღნიშნული მოთხოვნები ძირითადად შემუშავებულია სხვადასხვა ქვეყნებში მიწისძვრის შედეგად ნაგებობებში წარმოშობილი დაზიანებების ანალიზის საფუძველზე. აღსანიშნავია, რომ აღნიშნული ნორმატიული დოკუმენტების შემუშავება ძირითადად თეორიული ანალიზის საფუძველზე ხდებოდა. პრაქტიკული გაანგარიშებები კი მათი დიდი მოცულობისა და შრომატევადობის გამო გამარტივებული სქემებით მიმდინარეობდა.

ბოლო პერიოდში კომპიუტერული ტექნიკის განვითარებამ საშუალება მოგვცა გავიანგარიშოდ გეგმაში რთული ფორმებისა და დიდი მოცულობის მქონე ნაგებობები სეისმიურ ზემოქმედებაზე და მაქსიმალურად მივიახლოვოთ საანგარიშო მოდელი რეალურს.

წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანია ნორმატიული დოკუმენტების ზოგიერთი მოთხოვნის შესწავლა რიცხვითი ექსპერიმენტების ჩატარების გზით, კერძოდ რიცხვითი გაანგარიშების საფუძველზე განვსაზღვროთ რა გავლენა აქვს გეგმაში ნაგებობის რთულ კონფიგურაციასა და სიმაღლეში სართულების ტერასულად ცვალებადობას სეისმიური ზემოქმედების დროს კარკასული მონოლითურ ნაგებობების დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაზე.

- სეისმიური ზემოქმედების დროს კარკასულ მონოლითურ შენობებში გეგმაში რთული მოხაზულობის გავლენა ნაგებობის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაზე;

- სეისმური ზემოქმედების დროს კარკასულ მონოლითურ შენობებში სიმაღლეში სართულების ტერასულად ცვალებადობის გავლენა, ნაგებობის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაზე;
- სეისმური ზემოქმედების დროს კარკასულ მონოლითურ შენობებში გეგმაში რთული მოხაზულობის და სიმაღლეში სართულების ტერასულად ცვალებადობის გავლენის შესწავლა სპექტრალური მეთოდით და აქსელეროგრაფების გამოყენებით;
- ნაგებობათა დაგეგმარებისას რეკომენდაციების შემუშავება მათი სეისმომდებლობის უზრუნველსაყოფად.

კვლევები ჩატარდა 12-სართულიან მონოლითური კარკასული ნაგებობის მაგალითზე: ნაგებობის პირველ ოთხ სართულზე განივი კვეთია 60X60 სმ, მომდევნო 4–ზე 50X50 სმ და ბოლო 4 სართულზე 40X40 სმ. რიგელების განივი კვეთი 40X50 სმ, ხოლო გადახურვის ფილის სისქე 16 სმ. საანგარიშო სქემა მიღებული იქნა როგორც გრუნტში ჩახისტებული სივრცული ჩარჩო კვანძებში შეყურსული მასებით.

სეისმურ ზემოქმედებაზე გაანგარიშებები ჩატარდა საქართველოში 2010 წლის 1 იანვრიდან მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების (სნწ) “სეისმომდებელი მშენებლობა” (პნ. 01.01-09) მიხედვით, საანგარიშო კომპლექსის LIRA-9.4–ის გამოყენებით.

გაანგარიშებებისას განიხილებოდა 12-სართულიანი კარკასული ნაგებობა გეგმაში მართკუთა ფორმის, რომელსაც განივი მიმართულებით გააჩნია სამი მალი სიგრძით 6 მ და სიგანეში ორი მალი სიგრძით 6 მ. გაანგარიშება პირველ ეტაპზე ჩატარდა აღნიშნული ნაგებობისათვის სართულების ცვალებადობის გარეშე, ხოლო შემდეგი ეტაპები ითვალისწინებდა სიგანეში, მთელ მალზე ერთი 6 მეტრიან მალის მიმატებას 1–დან 6 სართულის თანდათანობით მატების გათვალისწინებით. (იხ. სურ. 6)

გაანგარიშების შედეგად მიღებული იქნა რხევის პერიოდის პირველი ათი ფორმის მნიშვნელობები (იხ. შურ. 7) და ჰორიზონტალურ

გადაადგილებათა მაქსიმალური მნიშვნელობი პირველი 3 ფორმისათვის.
(იხ. ცხრ. 1 და ცხრ. 2).

ცხრილი 1

დამატებული სართულების რაოდენობა	რხევის პერიოდები					
	1	2	3	4	5	6
—	1.95	1.88	1.50	0.69	0.67	0.55
I	1.92	1.85	1.76	0.68	0.67	0.53
II	1.88	1.83	1.41	0.67	0.66	0.51
III	1.83	1.82	1.36	0.67	0.66	0.51
IV	1.81	1.8	1.32	0.68	0.67	0.54
V	1.79	1.76	1.28	0.71	0.69	0.57
VI	1.79	1.74	1.26	0.72	0.71	0.58

ცხრილი 2

დამატებული სართულების რაოდენობა	სეისმური ძალის მიმართულება	მაქსიმალური გადაადგილება მმ		
		I	II	III
—	X	73.1	5.26	1.48
	Y	68.5	4.95	1.41
I	X	71.4	5.23	1.59
	Y	70.1	5.14	1.55
II	X	69.6	5.45	1.78
	Y	71.6	5.5	1.8
III	X	68.4	5.91	1.97
	Y	72.8	6.18	5.95
IV	X	67.6	6.4	1.94
	Y	73.9	8.3	6.3
V	X	67.1	6.67	1.79
	Y	75.1	10.9	6.7
VI	X	66.9	6.24	1.71
	Y	76.3	12.2	6.8

როგორც ცხრილებიდან ჩანს, ნაგებობის სიმაღლეში შეჭრილი სართულების რაოდენობის ზრდის მიხედვით მცირდება რხევის პერიოდები. განივი მიმართულებით მცირდება მაქსიმალური ჰორიზონტალური გადაადგილებები და იზრდება გრძივი მიმართულებით. აღნიშნული გამოწვეულია იმით რომ, ნაგებობის სიხისტე მატულობს განივი მიმართულებით, ხოლო გრძივი მიმართულებით უცვლელი რჩება. გრძივი მიმართულებით ჰორიზონტალური გადაადგილების შემცირება შესაძლებელია ამ მიმართულებით კოლონების ზომების გაზრდით, ან სხვა ღონისძიებებით. ჩვენს მიერ შესწავლილი იქნა აგრეთვე მღუნავი მომენტის მნიშვნელობების ცვლილება შეჭრილი სართულების დონეზე. როგორც გაანგარიშებებმა გვიჩვენა შეჭრის ადგილებში მღუნავი მომენტის მნიშვნელობა იზრდება 15-20%-ით.

მიღებული შედეგების მიხედვით შესაძლებელია დავაკენათ, რომ თუ იქნება ჩატარებული შესაბამისი გაანგარიშებები შესაძლებელია ისეთი ნაგებობების პროექტირებაც, რომელთაც გეგმაში არასიმეტრიული მოხაზულობა აქვს ან სიმაღლეში მასები არათანაბრადაა განაწილებული. ასეთ შემთხვევაში შესაძლოა ნაგებობის იმ ადგილებში, სადაც ხდება სიხისტის ან მასათა განაწილების ცვლილება მოხდეს ძაბვათა კონცენტრაცია და ზოგიერთ ელემენტში ან კვანძში მივიღოთ ნაგებობის სხვა ელემენტებთან შედარებით მეტი სიდიდის ძაღვები, მაგრამ მთლიანად ნაგებობის სეისმომდევობა და მდგრადობა უზრუნველყოფილი იქნება.

მდენად, დამკვეთის ან არქიტექტურული მოთხოვნებიდან გამომდინარე ნაგებობა შესაძლებელია არ პასუხობდეს სეისმომდევო მშენებლობის ნორმატიულ დოკუმენტების მოთხოვნას, მაგრამ შესაბამისი გაანგარიშებებით დასაბუთების შემთხვევაში შესაძლებელია ასეთი ნაგებობების მშენებლობა.

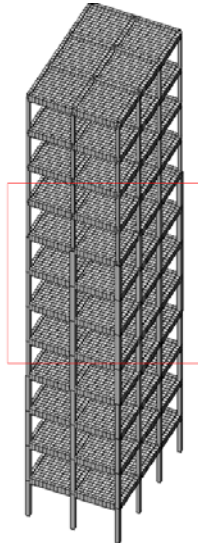
ამდენად, სამშენებლო ნორმებსა და წესებში “სეისმომდევო მშენებლობა“ (პნ. 01.01-09) თავი III, მუხლი 6, პუნქტი 7-ში მოყვანილი ნაგებობების სიმაღლეებში რეგულარობის კრიტერიუმი შეიძლება

ჩავთვალთ როგორც ოპტიმალური განმარტება. ჩვენი აზრით აუცილებელია ეს განმარტება ნორმატიულ დოკუმენტში განიხილებოდეს როგორც რეკომენდაცია, ვინაიდან შესაბამისი გაანგარიშებების შედეგების გათვალისწინებით, 12 სართულამდე ნაგებობი შესაძლებელია დაპროექტდეს აღნიშნული ნორმის დაუცველად, ისე რომ არ შესუსტდეს მისი სეისმომედეგობა.

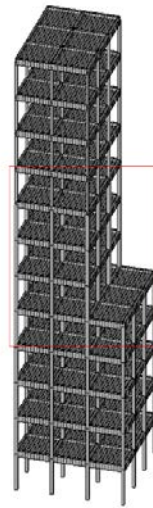
დასკვნა რეკომენდაციები

1. სამშენებლო ნორმებსა და წესებში “სეისმომედეგი მშენებლობა, “(პნ. 01.01–09) თავი III, მუხლი 6, პუნქტი 7–ში მოყვანილი ნაგებობების სიმაღლეებში რეგულარობის კრიტერიუმი შეიძლება ჩავთვალოთ როგორც ოპტიმალური განმარტება;
2. გაანგარიშების საფუძველზე შესაბამისი დასაბუთების შემთხვევაში შესაძლებელია ისეთი ნაგებობების აგება, რომლების არ დააკმაყოფილებენ სამშენებლო ნორმებსა და წესებში “სეისმომედეგი მშენებლობა “(პნ. 01.01–09) თავი III, მუხლი 6, პუნქტი 7–ში მოყვანილი ნაგებობების სიმაღლეებში რეგულარობის კრიტერიუმს, მაგრამ იქნება სეისმომედეგი;
3. ჩვენი აზრით სამშენებლო ნორმებსა და წესებში “სეისმომედეგი მშენებლობა “(პნ. 01.01–09) თავი III, მუხლი 6, პუნქტი 7–ში მოყვანილი ნაგებობების სიმაღლეებში რეგულარობის კრიტერიუმი, მიზანშეწონილია ჩაითვალოს როგორც ოპტიმალური (ეკონომიური) პროექტირების საფუძველი, და მიხნეული იქნეს როგორც რეკომენდაცია;
4. ჩვენი აზრით მიზანშეწონილია სამშენებლო ნორმებსა და წესებში “სეისმომედეგი მშენებლობა “(პნ. 01.01–09) თავი III, მუხლი 6, პუნქტი 7–ში მოყვანილი ნაგებობების სიმაღლეებში რეგულარობის კრიტერიუმს დაემატოს – “გაანგარიშების საფუძველზე შესაბამისი დასაბუთების შემთხვევაში ნაგებობა შესაძლებელია დაპროექტდეს ამ მოთხოვნების გაუთვალისწინებლად”

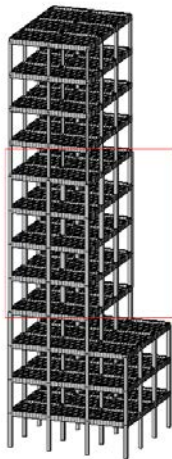
კარი



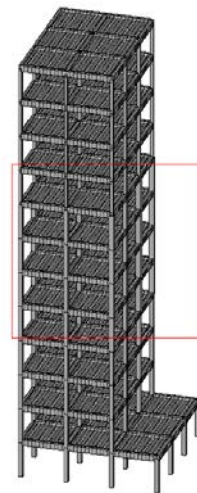
კარი



კარი

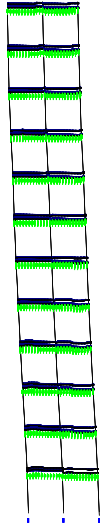


კარი



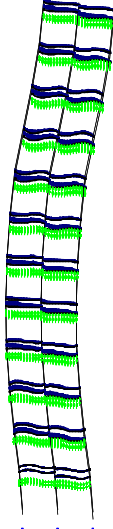
სურ. 6 საანგარიშო სქემების ხედები

ფორმა 3
ცხრილი 1



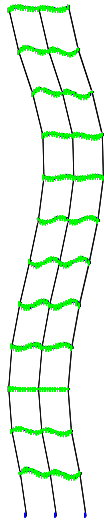
Z
X

ფორმა 3
ცხრილი 4



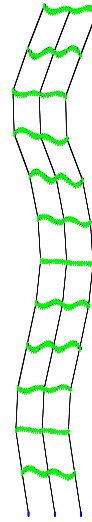
Z
X

ფორმა 1
ცხრილი 1



Z
X

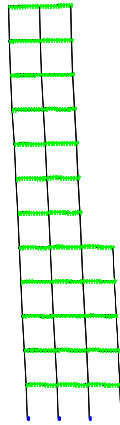
ფორმა 1
ცხრილი 2



Z
X

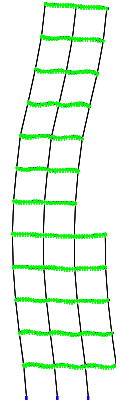
სურ. 7. რხევის ფორმები 8 ბაღიანი სეისმიური
ზემოქმედებისას

შენიშვნა 1
ცხრილი 2



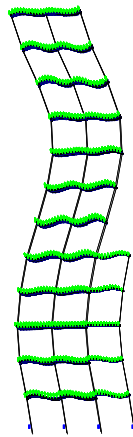
z
Ly

შენიშვნა 2
ცხრილი 4



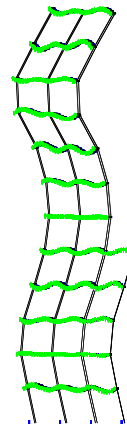
z
Ly

შენიშვნა 3
ცხრილი 7



z
Ly

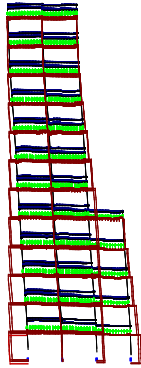
შენიშვნა 4
ცხრილი 8



z
Ly

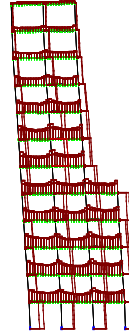
სურ. 8. რხევის ფორმები 8 ბალანი სეისმიური
ზემოქმედებისას (მიმატებული სართულებით)

Этаже 3
Составная 2
Этаж 1
Единица измерения - т



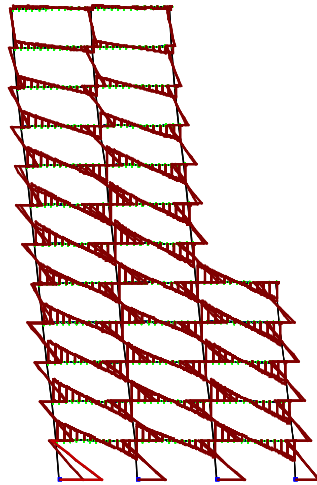
Z
Y
X

Этаже 3
Составная 2
Этаж 1
Единица измерения - т



Z
Y
X

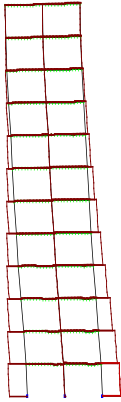
Этаже 3
Составная 2
Этаж 1
Единица измерения - т



Z
Y
X
Минимальное значение -24.9545
Максимальное значение 17.2489

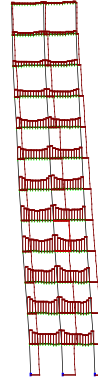
სურ. 8 ძალოვანი ფაქტორების (N, Q, M) ეპიურები
8 ბაღიანი სეისმიური ზემოქმედებისას (მიმატებული სართულებით)

Этаже 3
Составная 1
Этаж 1
Единица измерения - т



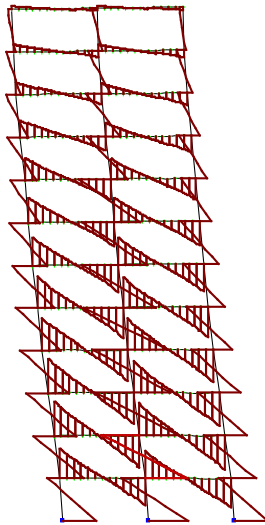
Z
Минимальное значение -0,272
Максимальное значение 0,558

Этаже 3
Составная 1
Этаж 2
Единица измерения - т



Z
Минимальное значение 0,107

Этаже 3
Составляющая 1
Этаж 1
Единица измерения - т*м



Z
X
Y
Минимальное значение -20,4891
Максимальное значение 19,6719

სურ. 9 ძალოვანი ფაქტორების (N, Q, M) ეპიურები
8 ბალანსი სეისმიური ზემოქმედებისას

გამოყენებული ლიტერატურა

1. სამშენებლო ნორმები და წესები – “სეისმომდებელი მშენებლობა” (პე 01.01-09)
2. А. И. Мартемианов. “Проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмических районах”, Москва, 1985 г;
3. “ИНСТРУКЦИЯ по определению расчетной сейсмической нагрузки для зданий и сооружений”, Москва. 1962 г;
4. С. В. Поляков “Сейсмостойкие конструкции зданий”, Москва, 1983 г;
5. А. М. Курмаев “Сейсмостойкие конструкции здания Кишинев”, 1989 г;
6. СНиП II – 7 - 81 “Строительство сейсмических районах”