

სეისმური ზემოქმედების დროს წყვეტილპარამეტრებიანი კონსტრუქციების  
განგარიშება მდგრადობაზე

ლევან ბუბუტიშვილი

ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
პროფესორი

ფატიმა ვერულაშვილი

ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ასოცირებული-პროფესორი

ანა ტაბატაძე

მშენებლობის ინჟინერიის დოქტორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ასოცირებული-პროფესორი

DOI: <https://doi.org/10.52340/gbsab.2024.50.03>

## რეზიუმე

შემუშავებულია კაპიტალურ შენობათა მასობრივ-სერიულ ჯგუფებს (ტიპებს) შორის შედარებით გასაძლიერებელი ჯგუფისათვის, – მსხვილბლოკური მრავალსართულიანი შენობებისათვის აღდგენა-რეკონსტრუქციისა და გაძლიერება-რეკონსტრუქციის კონცეფცია.

შემოთავაზებულია დაზიანებულ მსხვილბლოკურ მრავალსართულიან შენობათა აღდგენა-რეკონსტრუქციის სამი მეთოდი: შენობის შიგა სივრცეში ლითონის ირიბნიებიანი და სისტემურ-ცვლადსიხისტიანი, დღევანდელი ტერმინოლოგიით – სეისმოიზოლატორებიანი, დამატებითი ჩარჩოების მოწყობით; შენობის მთელ სიმაღლესა და პერიმეტრზე რკინა-ბეტონის მიშენებული პილონებით და მათ სივრცეში ლოჯიების მოწყობით; შენობის გრძივ ფასადებთან პილონების მიშენებითა და შენობის ზემოდან სართულის/სართულების დაშენებით, საჭიროების შემთხვევაში სეისმოიზოლატორებიანი დამატებითი ჩარჩოების მოწყობასთან ერთად.

საკვანძო სიტყვები: მშენებლობა, რეკონსტრუქცია, რკინა-ბეტონი, სეისმომედეგობა, მდგრადობა

### 1. შესავალი

ჩვენი ქვეყნის მთელი ტერიტორია სეისმოაქტიურია და დედამიწის დიდი ნაწილის მსგავსად განიცდის დამანგრეველი მიწისძვრების გავლენას. ადამიანთა სიცოცხლის, ძვირადღირებულ დანადგარ-აღჭურვილობათა, აგრეთვე, მატერიალურ და კულტურულ ფასეულობათა შენარჩუნების მიზნით, საჭიროა შენობა-ნაგებობათა

სეისმომედეგობის უზრუნველყოფა. ახალი მშენებლობებისათვის ეს მიიღწევა მიწისძვრების შედეგების შესწავლა-ანალიზის საფუძველზე გამომუშავებული, სეისმომედეგი მშენებლობის ნორმებისა და წესების გამოყენებით. ხოლო არსებული შენობისათვის, რომლის ელემენტებში მომხმარებელ-მობინადრის ან/და მესაკუთრის მიერ ხილული დაზიანება შეინიშნება, ამ მიზნის მისაღწევად ყველაფერი იწყება დაზიანებული სახლის ტექნიკური მდგომარეობის გამოკვლევით, სათანადოდ შეთანხმებული, მომქმედი ინსტრუქციის შესაბამისად. მეორეს მხრივ, თუმცა, საქართველოს მთელი ტერიტორიის სეისმურობის ერთი ბალით გაზრდა სპიტაკის, განსაკუთრებით კი, რაჭა-ზემო იმერეთისა და შიდა ქართლის 1991 წლის დამანგრეველი მიწისძვრების შემდეგ, დაგვიანებულ, მაგრამ იმთავითვე სრულიად აუცილებელ და სავსებით გამართლებულ ღონისძიებად იქნა აღიარებული, \_ მაინც, სეისმომედეგი მშენებლობის სფეროში მომუშავე სპეციალისტებისათვის, ეს მეტად არაორდინალური მოვლენა იყო და მათ წინაშე საკმაოდ რთული პრობლემების არცთუ მოკლე ჯაჭვს ჰქმნიდა. უპირველეს ყოვლისა დღის წესრიგში დადგა საქალაქო საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობათა არსებული ფონდის დეტალური (და დროული) პასპორტიზაციის ამოცანა, რათა შენარჩუნებული ან მოდერნიზებული ყოფილიყო არქიტექტურულ-ისტორიული ღირებულების ცალკეული ობიექტები და თავიდან ყოფილიყო აცილებული მოსალოდნელი დამანგრეველი მიწისძვრებისაგან გამოწვეული ადამიანთა მსხვერპლი ან/და დიდი ფინანსურ-ეკონომიკური ზარალი. რომ არაფერი ვთქვათ თვით ამ ამოცანის პრაქტიკულად შესრულების სირთულეზე, თითოეული შენობის პასპორტიზაციის შემდეგ გადასაწყვეტი რჩება საკითხი \_ გაუძლებს თუ არა თითოეული კონკრეტული შენობა ერთი ბალით უფრო ძლიერ სეისმურ ზემოქმედებას იმ საანგარიშო ზემოქმედებასთან შედარებით, რომლებზედაც დაპროექტებული და აგებული იყო იგი. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, უნდა გადაწყდეს შენობა დასანგრევი, სარეკონსტრუქციოა, თუ არავითარ გადაკეთებებს არ საჭიროებს. ცხადია, ეს კონსტრუქტორულ-განგარიშებითი ამოცანა უნდა გადაიჭრას არქიტექტურულ-გეგმარებით საკითხთა კომპლექსთან მჭიდრო კავშირში. ხოლო თვით განგარიშებით-შერჩევითი ამოცანის სწორი რაციონალური გადაწყვეტა,

უმუალოდ უკავშირდება არსებულ შენობათა მზიდი კონსტრუქციული სისტემების საიმედოობისა და სეისმომდეგობის პრობლემებს.

## 2.ძირითადი ნაწილი

საქართველოში, განსაკუთრებით დედაქალაქ თბილისში არის სახიფათო მდგომარეობაში მყოფი შენობები[11]. ამ შენობებიდან ბევრი ისტორიული ნაგებობაა, რომლებიც დანგრეულია წლების განმავლობაში უყურადღებობისა და მოვლის ნაკლებობის გამო. თბილისში ყველაზე საფრთხის შემცველ შენობებს შორისაა: თბილისის აბანოები: თბილისის აბანოთუბნის უბანში გოგირდის ისტორიული აბანოები მრავალი წელია ავარიულ მდგომარეობაშია. შენობები 200 წელზე მეტი ხნისაა და განიცდის კონსტრუქციულ პრობლემებს და წყლის დაზიანებას. ბოლო წლებში იყო მცდელობები აბანოების გარემონტებისთვის, მაგრამ პროგრესი ნელი იყო დაფინანსების ნაკლებობისა და ბიუროკრატიული დაბრკოლებების გამო. სხვა ისტორიული შენობები: თბილისში ბევრი სხვა ისტორიული შენობაა, რომლებიც სხვადასხვა ავარიულ მდგომარეობაშია. მათ შორისაა ძველი სასახლეები, ეკლესიები და საზოგადოებრივი შენობები, რომლებიც დანგრევის ან სხვა სახის დაზიანების საფრთხის ქვეშ არიან.

გაკეთდა ძალისხმევა ამ შენობებით გამოწვეული საფრთხეების შესასწავლად და აღმოფხვრაზე. საქართველოს მთავრობამ შექმნა სპეციალური კომისია, რომელიც შეაფასებს თბილისის ისტორიული შენობების მდგომარეობას და პრიორიტეტულ რესტავრაციას ანიჭებს. მეტი უნდა გაკეთდეს თბილისის ისტორიული შენობების დასაცავად და ქალაქის კულტურული მემკვიდრეობის სასიცოცხლო მნიშვნელობის შემადგენლობის უზრუნველსაყოფად.[11;]

## ავარიული შენობების გამაგრება

სახიფათო პირობებში შენობების დანგრევის თავიდან ასაცილებლად რამდენიმე გზა არსებობს.[10] შესაბამისი მეთოდი დამოკიდებული იქნება შენობის სპეციფიკურ მდგომარეობაზე და საფრთხის სიმძიმეზე. აქ არის რამდენიმე შესაძლო მიდგომა:

დომკრატებით გამაგრება: დომკრატი არის დროებითი ღონისძიება, რომელიც მოიცავს სტრუქტურის მხარდაჭერას შემდგომი დაზიანებისა და ნგრევის თავიდან

ასაცილებლად. ეს შეიძლება გაკეთდეს ჰიდრავლიკური, ხის ან ფოლადის, ან სხვა სტრუქტურული ელემენტების გამოყენებით. ის ხშირად გამოიყენება შენობის დასამაგრებლად გადაუდებელი რემონტის დროს ან მუდმივი დამხმარე სისტემების დამონტაჟებისას.

### **ევროკოდებში მითითებები შენობის გამაგრებაზე [3; 4; 5; 6;7]**

ევროკოდები წარმოადგენს შენობებისა და სხვა ნაგებობების დიზაინის ევროპული სტანდარტების ერთობლიობას, სეისმური დიზაინისა და ანალიზის სახელმძღვანელოს ჩათვლით. მიუხედავად იმისა, რომ ევროკოდები იძლევა მითითებებს იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა დაპროექტდეს კონსტრუქციები მიწისძვრებისა და სხვა საშიშროებისადმი წინააღმდეგობის გაწევისთვის, ისინი არ აწვდიან კონკრეტულ რეკომენდაციებს, თუ როგორ ავიცილოთ თავიდან შენობები სახიფათო პირობებში დანგრევისგან. სამაგიეროდ, ევროკოდები ფოკუსირებულია იმაზე, თუ როგორ უნდა შეიმუშაოს ახალი შენობები და განახლოს არსებული შენობები, რათა ისინი უფრო მდგრადი გახადონ საფრთხეების მიმართ. როგორც ითქვა, ევროკოდები შეიცავს მითითებებს იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა შეფასდეს არსებული შენობების სეისმური მოქმედება, რაც ხელს შეუწყობს პოტენციური საფრთხის იდენტიფიცირებას და შესაბამისი ზომების განსაზღვრას ნგრევის თავიდან ასაცილებლად. აქ მოცემულია რამდენიმე შესაბამისი ევროკოდი და მათი დებულებები:

1. ევროკოდი 8: მიწისძვრის წინააღმდეგობის კონსტრუქციების დიზაინი - ნაწილი 3: შენობების შეფასება და რემონტი. ევროკოდი 8-ის ეს ნაწილი იძლევა ინსტრუქციას იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა შეფასდეს არსებული შენობების სეისმური ეფექტურობა და როგორ მოხდეს მათი განახლება მათი მუშაობის გასაუმჯობესებლად. მასში შედის რეკომენდაციები სეისმური შეფასების მეთოდების, გადაკეთების ტექნიკისა და შესრულების მოთხოვნების შესახებ.

2. ევროკოდი 3: ფოლადის კონსტრუქციების დიზაინი - ნაწილი 1-8: სახსრების დიზაინი. ევროკოდი 3-ის ეს ნაწილი იძლევა ინსტრუქციას, თუ როგორ უნდა დაპროექტდეს ფოლადის სახსრები სეისმური წინააღმდეგობისთვის, მათ შორის

რეკომენდაციები სახსრების სიმტკიცის, ელასტიურობისა და დეფორმაციის სიმძლავრის შესახებ.

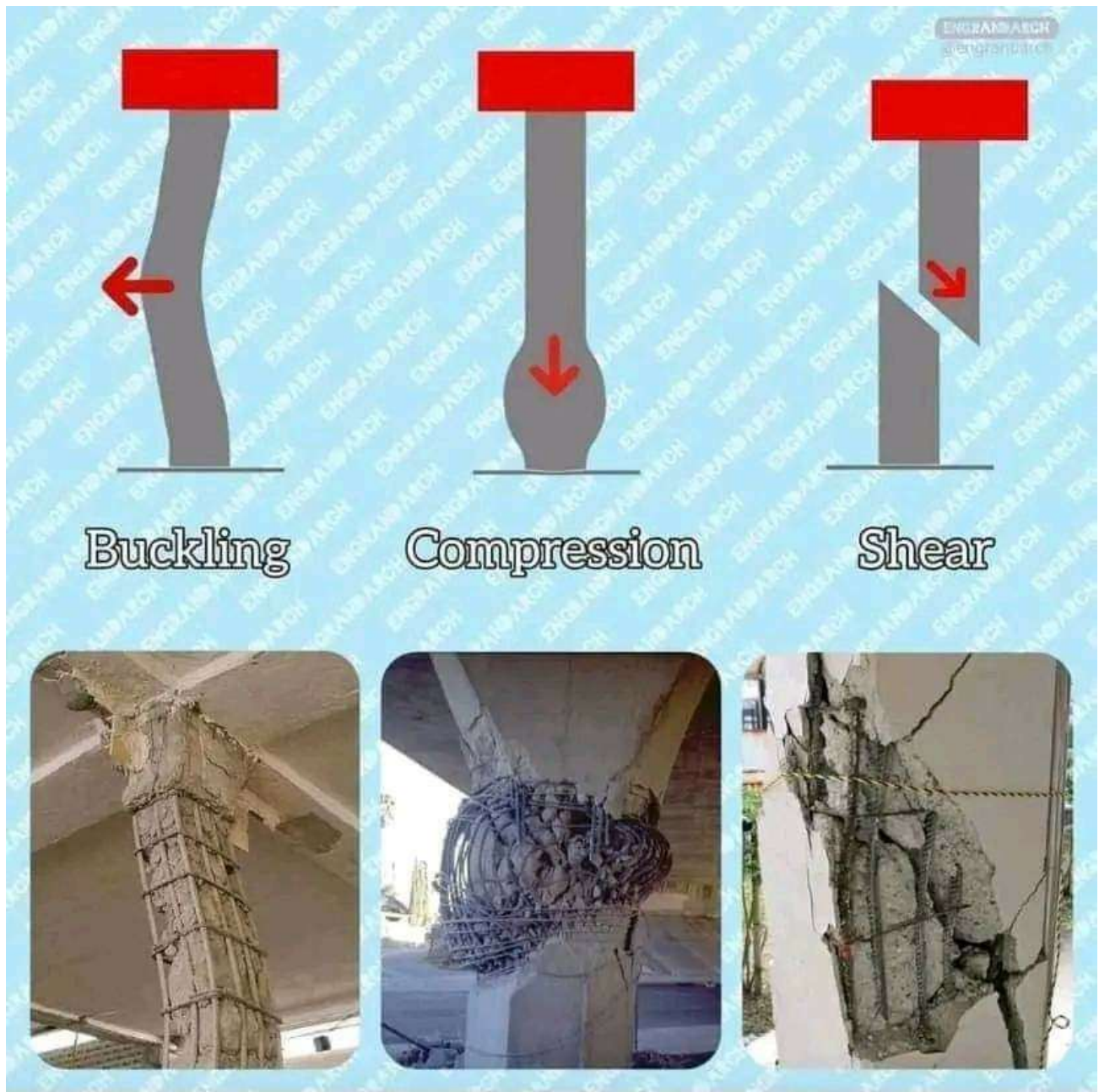
3. ევროკოდი 7: გეოტექნიკური დიზაინი - ნაწილი 1: ზოგადი წესები. ევროკოდი 7-ის ეს ნაწილი იძლევა ინსტრუქციას იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა შეფასდეს სეისმური საშიშროება კონკრეტულ ადგილზე და როგორ უნდა დაპროექტდეს საძირკველი და სხვა გეოტექნიკური ელემენტები სეისმური ძალების წინააღმდეგობის გაწევისთვის.

4. ევროკოდი 6: ქვის კონსტრუქციების დაპროექტება - ნაწილი 1-1: ზოგადი წესები არმირებული და გაუმაგრებელი ქვის კონსტრუქციებისთვის. ევროკოდი 6-ის ეს ნაწილი იძლევა მითითებებს, თუ როგორ უნდა შეიმუშაოთ ქვის კონსტრუქციები სეისმური წინააღმდეგობისთვის, მათ შორის რეკომენდაციები გამაგრების დეტალების, კედლის სისქის და კავშირის სიძლიერის შესახებ.

მიუხედავად იმისა, რომ ევროკოდები არ იძლევა კონკრეტულ რეკომენდაციებს სახიფათო პირობებში შენობების ჩამონგრევის თავიდან ასაცილებლად, ისინი აძლევენ მითითებებს იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა შეფასდეს და განახლდეს არსებული შენობები სეისმური მუშაობის გასაუმჯობესებლად. ამ მითითებების დაცვით და კვალიფიციურ ინჟინრებთან და სხვა ექსპერტებთან მუშაობით, შესაძლოა შესაძლებელი იყოს ნგრევის თავიდან აცილება და მიმდებარე შენობების უსაფრთხოება. სეისმური ზემოქმედების დროს რკინაბეტონის კონსტრუქციების მდგრადობა შეიძლება გამოითვალოს სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებით, როგორცაა წრფივი და არაწრფივი სტატიკური და დინამიური ანალიზი. გამოყენებული მეთოდი დამოკიდებული იქნება სტრუქტურის დარღვევის ტიპსა და დონეზე, ასევე სეისმური საშიშროების დონეზე.[1;2;9;10;11]

რკინაბეტონის კონსტრუქციებში დარღვევები შეიძლება შეიცავდეს:

- გრეხვისაგან რღვევა.
- ვერტიკალური რღვევა.
- ჰორიზონტალური რღვევა.



სურ.1

წრფივი სტატიკური ანალიზის მეთოდები, როგორცაა ექვივალენტური გვერდითი ძალის მეთოდი, შეიძლება გამოყენებულ იქნას მცირე დარღვევების მქონე სტრუქტურებისთვის.

არაწრფივი დინამიური ანალიზის მეთოდები, როგორცაა ხანდაზმულობის ანალიზი, შეიძლება გამოყენებულ იქნას სტრუქტურებისთვის, რომლებსაც აქვთ მძიმე დარღვევები და მაღალი სეისმური საფრთხე. ეს მეთოდები მოიცავს კონსტრუქციის ქცევის სიმულაციას მიწისძვრის მიწისძვრის სხვადასხვა მოძრაობებში.[2]

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ სეისმური დაპროექტების კოდებს აქვს განსხვავებული დებულებები რეგულარობის დარღვევის მქონე სტრუქტურებისთვის, როგორცაა UBC97, NEHRP, ASCE7, IBC, IS1893 და ა.შ. დამპროექტებელმა უნდა იცოდეს კოდი და შენობის დარღვევის დონე, რათა გამოიყენოს ანალიზისა და დიზაინის სწორი მეთოდი.

მრავალი სამეცნიერო კვლევა ჩატარდა მსხვილბლოკურ შენობებზე, რომლებიც მოიცავს როგორც საცხოვრებელ, ისე კომერციულ ნაგებობებს. ზოგიერთი სფერო, რომელზეც მკვლევარებმა გაამახვილეს ყურადღება, მოიცავს მათ სტრუქტურულ სტაბილურობას, ენერგოეფექტურობას და გარემოზე ზემოქმედებას.

## დასკვნა

სეისმური ზემოქმედების დროს რეგულარობის დარღვევის მქონე რკინაბეტონის კონსტრუქციების მდგრადობის პირობებში გაანგარიშების დახვეწის პრობლემა აქტუალურია და იმყოფება აქტიური დამუშავების სტადიაში.

გაანგარიშების ტრადიციული ანალიზური და რიცხვითი მეთოდების გადატანა ამოცანათა განხილულ კლასზე ხვდება სიძნელეებს, რომლებიც დაკავშირებულია კონსტრუქციის გეომეტრიული რეგულარობის დარღვევებთან და დეფორმაციის არაწრფივ ბუნებასთან.

გამოკვლევათა უმრავლესობა ეძღვნება კონსტრუქციის დეფორმაციას სხვადასხვა მოდელების აგებას და დიფერენციალური თანაფარდობების მიღებას დატვირთვას, დეფორმაციის კომპონენტებსა და ძალებს შორის.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. D.R. Gurgenidze, G.O. Kipiani, G. O. Badzgaradze & E. R Suramelashvili. Analysis of thin-walled spatial systems of complex structure with discontinuous parameters by method of large blocks. // Contemporary Problems of Architecture and Construction / Editors: Evgeny Rybnov, Pavel Akimov, Merab Khalvashi, Eghiazar Vardanyan, © 2021 Taylor & Francis Group, London, UK, p.p. 172-178, <https://doi.org/10.1201/9781003176428>
2. Gurgenidze David, Kipiani Gela. DETERMINATION OF LARGE DISPLACEMENTS OF CURVILINEAR SHAPE PLATES WITH CONSIDERATION OF JUMP CHANGES OF CERTAIN FACTORS. Selected, peer reviewed papers from the 11th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, 14-16 October 2019, Yerevan, Edited by Narine Pirumyan Republic of Armenia p.281-287 <https://nuaca.am/wp-content/themes/nuaca/images/Proceedings.pdf>
3. Хачиян Э.Е. Спитакское землетрясение. 07.12.1988. Ереван, Издательство “НААПЕТ” 2018. – 159с.
4. Хачиян Эдуард. Сеismicческие воздействия и прогноз поведения сооружений. – Издательство “Гитутюн” НАН РА.2015. – 555с.
5. Микаилов Б.К., Кипиани Г.О. “Деформированность и устойчивость пространственных пластинчатых систем с разрывными параметрами”. Стройиздат СПб, Санкт-Петербург.,1996-442с.
6. I.Elishakoff, “Resolution of Twentieth Century Condorum in Elastic Stability” World Scientific, Singapore 2014. 333pp.
7. Kipiani G. Jankarashvili D. Tabatadze A. “Analysis of rotating circular ring disk having constant thickness rigidly fixed by inner contour”. Proceedings of mechanics 2016. p.p93-100.The International scientific Conferecne on Mechanics 2016. Tbilisi, GTU. 2016.
8. Kipiani Gela, “Deformability and Stability of rectangular sandwich with cuts under in-plane loading”. Architecture and Engineering. Volume 1. Issue 1 March, 2016. SPSUACE. p.p26-30



9. Kipiani Gela, Rejezyk Marlena, Lausova Lenka. "Influence of rectangular holes on stability of three-layer plate". Applied Mechanics and Materials. Vol.711 (2015), p.p 397-401. © (2015) Trans Publications, Switzerland.
10. Kipiani Gela. "Definition of critical loading on three-layered plate with cuts by transition from static problem to stability problem". Contemporary Problems in Architecture and Construction. Selected, peer reviewed papers the 6<sup>th</sup> International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, June 24-27 2014 Ostrava, Czech Republic. Edited by Darja Kubeckova, Trans Tech. publications LTD, Switzerland 2014, p.p. 143-150.
11. ბედიასვილი მალხაზ, ყიფიანი გელა, " მიწისძვრისაგან დაცვის სეისმოსაიზოლაციო საშუალებები და სანერგვის პერსპექტივები საქართველოში ". გამომცემლობა „უნივერსალი“. თბილისი. 2018 -118 გვ.

Calculation of stability of constructions with intermittent parameters during seismic impact

Levan Bubuteishvili, Fatima Verulashvili, Ana Tabatadze

Georgian Technical University

### **Resume**

The concept of restoration-reconstruction and strengthening-reconstruction for large-block multi-storey buildings will be developed for the group to be strengthened relatively among the mass-series groups (types) of capital buildings.

Three methods of restoration-reconstruction of damaged large-block multi-story buildings are proposed: in the inner space of the building, metal indirect and system-variable rigid, in today's terminology - seismic isolators, with the arrangement of additional frames; with iron-concrete pylons built on the entire height and perimeter of the building and arranging loggias in their space; By building pylons along the longitudinal facades of the building and building a floor/floors on top of the building, along with arranging additional frames with seismic insulators if necessary.

