

## აქტიური სეისმოდამცავი სისტემები უძველეს ქვის შენობებში

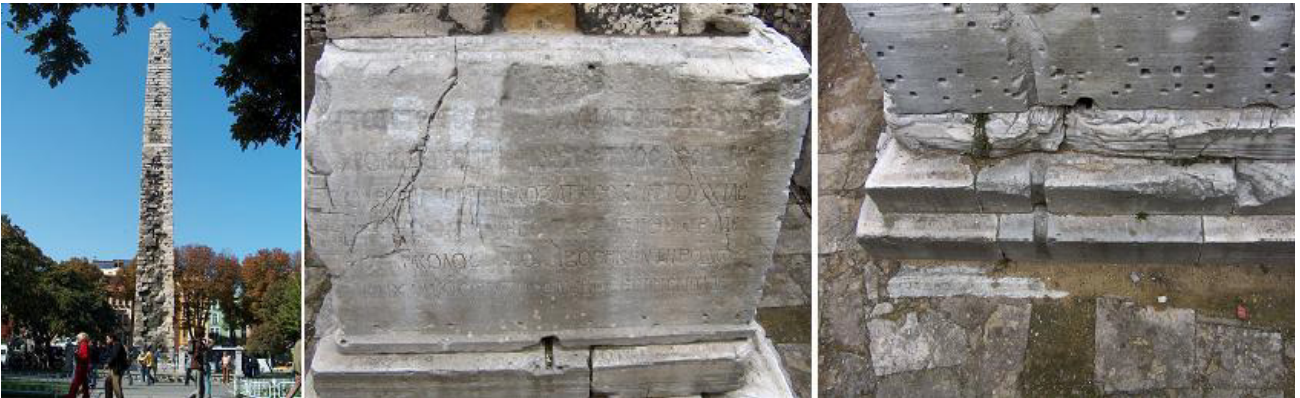
წაქაძე ა., ჭანტურია მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი

[tsakadzea@gmail.com](mailto:tsakadzea@gmail.com) [m.chanturia@gtu.ge](mailto:m.chanturia@gtu.ge)

**შესავალი.** სეისმომდეგობა - შენობა-ნაგებობის მახასიათებელი, რომელიც აღწერს მათ მდგრადობას მიწისძვრის მიმართ დასაშვები რისკის ფარგლებში. ის წარმოადგენს მნიშვნელოვან პარამეტრს სეისმომდეგ მშენებლობაში.

ცნება სეისმომდეგობა თავდაპირველად ასოცირდებოდა საკმაოდ მტკიცე ნაშენთან, რომელსაც შეეძლო გაეძლო მიწისძვრის ზემოქმედებისთვის ადამიანთა მსხვერპლის და სრული ნგრევის გარეშე. დღემდე შემორჩენილ უძველეს ნაგებობებში აღმოჩენილია ისეთი ანტიისესმური საინჟინრო გადაწყვეტები, რომელიც დღესაც შეიძლება გამოყენებულ იქნას ქვის შენობა-ნაგებობებში. მეცხრამეტე საუკუნის ბოლოს სამშენებლო სივრცეში შემოდის ახალი სამშენებლო მასალები რკინაბეტონი და ლითონი, რომელმაც თითქმის მთლიანად ჩაანაცვლა ქვა, როგორც სამშენებლო მასალა. თუმცა ის სეისმოდამცავი ღონისძიებები, რასაც ჩვენი წინაპრები იყენებდნენ ქვის შენობების მშენებლობისას, შეიძლება გამოვიყენოთ თანამედროვე შენობა-ნაგებობებში, რითაც გავზრდით მათ საიმედოობას და უსაფრთხოებას. ჩვენი მიზანია გამოვიკვლიოთ ამ უძველესი ნაგებობების საძირკვლის სისტემები, რომლებშიც გამოყენებულია აქტიური სეისმოდამცავი საშუალებები სეისმური ტალღების ჩასახშობად. სურათ 1-ზე მოყვანილია ორმეტამ ობელისკი, რომელიც მდებარეობს ქ. სტამბოლში სულთან აჰმედის მოედანზე.



სურათი 1. ორმეტამ ობელისკი ორთოსტატის ქვებით, ჩვენი წელთა აღრიცხვით III ს.

**ძირითადი ნაწილი.** სეისმური ზემოქმედებისგან შენობების და ნაგებობების დაცვის ამოცანა ადამიანთა წინაშე დადგა კაცობრიობის ისტორიაში პირველი მიწისძვრის დროიდან და თავისი აქტუალობა დღემდე არ დაუკარგავს. მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარებასთან ერ-

თად, კვლევები ამ მიმართულებით განსაკუთრებით აქტუალურია. მთელს მსოფლიოში შეინიშნება მაღლივი შენობებისა და ცათამბჯენების პროექტირებისა და მშენებლობის „-““. მაღლივი შენობების დაპროექტება სხვადასხვა სეისმური ბალიანობის რეგიონისთვის განსხვავებული და ინდივიდუალურია. აქ შესაძლოა სეისმოდაცვისთვის გამოყენებულ იქნას ის პრინციპები, რასაც საუკუნეების წინ იყენებდნენ ჩვენი წინაპრები. ამ სტატიაში მაგალითად და გამოსაკვლევად მოყვანილ შენობებში მიწისძვრისგან დაცვის მთავარ კონცეფციას წარმოადგენს სეისმური ტალღების ჩამხშობების მოწყობა შენობის მიწისქვეშა ნაწილში - საძირკველში ისე, რომ შენობა-ნაგებობის მიწისზედა ნაწილი, ანუ ნაშენი არ განიცდის მნიშვნელოვან სეისმურ ზემოქმედებას. ამიტომაც გაუძღეს მათ საუკუნეებს; მათი საინჟინრო გადაწყვეტა კი დღესაც აოცებთ ინჟინრებს [1, 2].

რადგანაც სეისმური ზემოქმედება შენობას გადაეცემა მისი მიწისქვეშა ნაწილიდან - საძირკვიდან, შენობის მიწისზედა ნაწილის იზოლაცია მისი მიწისქვეშა ნაწილისგან წარმოადგენს კარკასზე სეისმური ზემოქმედების შემცირების ყველაზე ბუნებრივ მეთოდს. სეისმოდაცვის ასეთ მეთოდს ეწოდება სეისმოზოლაცია. მისი გამოყენება სისტემის რხევის ამპლიტუდის შემცირების შესაძლებლობას იძლევა და ამცირებს შენობის მიწისზედა ნაწილის კონსტრუქციებში ინერციულ ძალებს. სეისმოზოლაცია - ეს არის ისეთი სეისმოდამცავი სისტემა, რომელიც შენობის მიწისზედა ნაწილს გამოყოფს მიწისქვეშა ნაწილისაგან. ამ ძველი შენობების გამოკვლევა ცხადყოფს, რომ ეს კონცეფცია არ არის ახალი. მისი გამოყენება უძველესი დროიდან მოდის. სეისმურად მდგრად შენობებში გამოყენებული იყო სეისმოზოლაციის რამდენიმე მეთოდი, როგორცაა, მშენებლობა მრავალშრიან თლილ ქვებზე, ხის ნაჭრების დაყენება ან ქვიშის ბალიშების მოწყობა საძირკველსა და კედლებს შორის და სხვა. ზოგადად, როდესაც თანამედროვე უახლეს ტექნოლოგიას ვიყენებთ შესაძლოა ვგულისხმობდეთ, რომ ეს არის ახალი კონცეფცია, მაგრამ თუ საფუძვლიან კვლევას ჩავატარებთ, ცხადი გახდება, რომ ტექნოლოგია შეიძლება ახალია, მაგრამ თვითონ იდეა და კონცეფცია უძველესი დროიდან მოდის. საძირკვლის სისტემებზე სეისმოზოლაციის მოწყობა მნიშვნელოვანი გადაწყვეტაა ისტორიული ქვის შენობების ხანგამძლეობის უზრუნველსაყოფად [1].

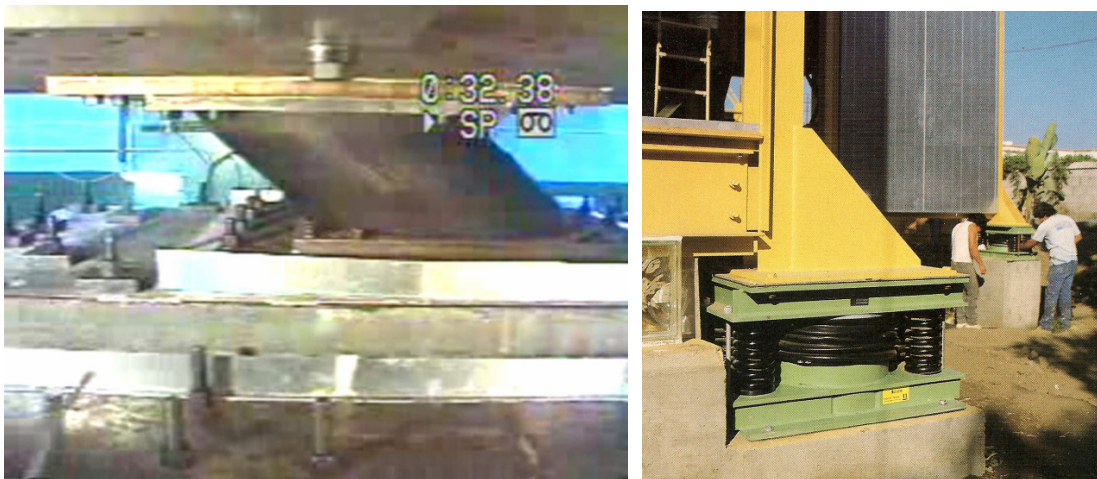
*სამ ფენიანი ქვის სისტემა.* სხვადასხვა ქვეყნებში ვხვდებით ძველ შენობებს, რომელთა საძირკვლის მოწყობის გადაწყვეტა ძალიან ჰგავს ერთმანეთს ერთ-ერთი მათგანია ზემოთ მოყვანილი ორმეტაშის ობელისკი სტამბოლში (სურ.1). ის არის მშრალი ქვის წყობით აგებული 32 მეტრიანი ობელისკი. ის აღმართულია მარმარილოს ორთოსტატის ქვების სამ ფენაზე. *ორთოსტატი არის დიდი ქვა მეტ-ნაკლებად ფილის მსგავსი წაკვეთილი პირამიდის ფორმის, რომელიც ხელოვნურად არის დაყენებული თავდაყირა (ასე რომ, კუბის ფორმის ბლოკი არ არის ორთოსტატი.* მიწისძვრის ტალღების დიფრაქცია მიწისქვეშა ნაწილში, მათი დახრილი ან ვერტიკალური მიმართულებით დარტყმა მიწის ზედაპირზე ორთოსტატის ქვებთან, რთული მექანიზმია. ორთოსტატის ქვების ეს მექანიზმი ემსახურება ამ ტალღების ენერჯის შთანთქმას, რის გამოც მიწისძვრის ძალების ზემოქმედება კონსტრუქციის მიწისზედა ნაწილზე მნიშვნელოვნად მცირდება. სწორედ ამიტომ შეძლო ამ ობელისკმა 17 საუკუნის მანძილზე გაეძლო ისეთ მაღალ სეისმურად აქტიურ რეგიონში, როგორც სტამბოლია, რომელსაც ამ ხნის მანძილზე 80-ზე მეტი საშუალო და ძლიერი მიწისძვრა დაატყდა თავს [3].

მსოფლიოს სხვადასხვა ადგილებში შეიძლება ნახოთ სვეტოვანი კონსტრუქციები - კოლონადა, რომლებმაც ასევე გაუძღეს ჟამთა სვლას. ამის მიზეზის შეიძლება ვეძებოთ საძირკვლის სამფენოვან სისტემაში. ამის მსგავსი ნაგებობები მრავლადაა საბერძნეთში (სურ. 2).



სურათი 2. პართენონისა და ერეხთეონის სვეტები საბერძნეთში, რომლებიც ჯერ კიდევ დგას მრავალი საუკუნის შემდეგ.

საინჟინრო დარგის მეცნიერები კომპიუტერული ანალიზით ცდილობენ ამ სისტემის მუშაობის მექანიზმის ამოხსნას, მაგრამ დღესდღეობით ვერც ერთმა კომპიუტერულმა პროგრამამ ვერ შეძლო სრულად ასეთი ანალიზის გაკეთება და მიზეზის ახსნა. თუმცა ამ მექანიზმის დეტალურად განხილვის შემდეგ, სასრულ ელემენტთა მეთოდის გამოყენებით, შესაძლებელი ამ ამოცანოს ამოხსნა. ფაქტი ფაქტად რჩება, ამ კონსტრუქციებმა გაუძლეს საუკუნეებს და სულ მცირე 4 ათასწლეულის მანძილზე წარმოადგენდნენ მიწისძვრის ძალებისგან დაცვის საშუალებას. ეს მეთოდი - სეისმოიზოლაციის სისტემების გამოყენება, მივიწყებული იყო მრავალი წლის მანძილზე, თუმცა ის კვლავ დაინერგა თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით 25 წელზე მეტია. დღესდღეობით მსოფლიოში არანაკლებ 10000-ზე მეტ შენობაშია გამოყენებული სეისმოიზოლაციის თანამედროვე სისტემები, თუმცა ეს რიცხვი მსოფლიოში აგებულ შენობების საერთო რაოდენობასთან შედარებით ძალზედ დაბალია. სურათ 3-ში მოყვანილია თანამედროვე სეისმოიზოლაციური მეთოდები, რომელთა მუშაობის პრინციპი ორთოსტატის მუშაობის პრინციპის თითქმის ანალოგიურია [1].



სურათი 3. თანამედროვე სეისმოიზოლაციური სისტემები

ჩვენ ვაგრძელებთ ამ მიმართულებით კვლევას. კვლევის შედეგებს მალე გავასაჯაროებთ შემდგომ ნაშრომებში.

## დასკვნა.

ანალიტიკურმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ წარსულში გამოყენებული რეზისტენტობის მეთოდი იყო ისეთი, რომ მიწისძვრის ძალების გავლენა ნაგებობაზე ძალიან იყო შემცირებული, ანუ სეისმოიზოლაციის კონცეფცია იყო ადაპტირებული ამ მექანიზმის მუშაობისათვის. ხოლო ამ მეთოდის ანალიტიკური გამოკვლევა მოგვცემს საშუალებას, შევთავაზოთ მშენებლებს უფრო ეფექტური სეისმოდაცვის საშუალებები.

## ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. კახიანი ლ., ბალანჩივაძე ლ., ჭანტურია მ. სამშენებლო კონსტრუქციების სეისმომედეგობა. გამომც. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2018, 102 გვ.
2. ჭანტურია მ., მამარდაშვილი გ. ანტისეისმური პასიური და აქტიური სისტემები. ლექციების კურსი. ელ.ვერსია. სტუ-ს ცენტრალური ბიბლიოთეკა, CD-6416, 2020, 240 გვ.
3. Bayraktar A. “Yığma Yapıların Mühendislik Tarihi Gelişimi ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” (“Improvement of Engineering Masonry Structures and Design of Earthquake Protective Structures in the Time Process of History”), Sismik Güçlendirme Merkezi (SGM), Istanbul, 2009, (in Turkish).

## აქტიური სეისმოდაცვა სისტემები უძველეს ქვის შენობებში

წაქაძე ა., ჭანტურია მ.

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ისტორიული ნაგებობები, რომლებიც მდებარეობენ სეისმურად აქტიურ რეგიონებში და რომლებმაც გაუძლეს ჟამთასვლას. ისინი წარმოადგენენ იმის მაგალითს, თუ როგორ შეიძლება დაპროექტდეს და აიგოს რთული გეგმარების ან ზემალაღი შენობები სეისმო-აქტიურ რეგიონებში რისკის გარეშე. აქ მიშვნელოვანია შენობის როგორც მიწისქვეშა, ისე მიწის-ზედა ნაწილის სწორი საინჟინრო გადაწყვეტა. ასეთ გადაწყვეტას შეიძლება წარმოადგენდეს ან სეისმოიზოლაციის, ან სეისმოჩამხშობი სისტემების - დემპფერების მოწყობა. აქტიურ სეისმო-ჩამხშობ სისტემებს იყენებდნენ უძველეს ნაგებობებშიც. ამ ტიპის სეისმოდაცვა საშუალებები ზრდიან შენობის უსაფრთხოებას და საიმედოობას.

**საკვანძო სიტყვები:** დემპფერი, სეისმოიზოლაცია, სეისმოჩამხშობი, სეისმომედეგობა, საიმედოობა, უსაფრთხოება.

# ACTIVE SEISMIC PROTECTION SYSTEMS IN ANCIENT STONE BUILDINGS

Tsakadze A., Chanturia M.

## Abstract

The article deals with historical buildings located in seismically active regions that have survived the passage of time. They are an example of how complex planning or high-rise buildings can be designed and built in seismically active regions without risk. Here, it is important to have the right engineering solution for both the underground and above-ground parts of the building. Such a solution can be either seismic isolation or the arrangement of seismic suppression systems - dampers. Active seismic damping systems were also used in ancient buildings. This type of seismic protection increases the safety and reliability of the building.

**Key words:** Damper, seismic isolation, seismic suppression, seismic resistance, reliability, safety.

# СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ СЕЙСМОЗАЩИТЫ В ДРЕВНИХ КАМЕННЫХ ПОСТРОЙКАХ

Цакадзе А., Чантурия М.

## Реферат

В статье рассматриваются исторические постройки, расположенные в сейсмоактивных регионах, пережившие течение времени. Они являются примером того, как сложные планировочные или высотные здания можно проектировать и строить в сейсмически активных регионах без риска. Здесь важно правильное инженерное решение как подземной, так и надземной частей здания. Таким решением может быть либо сейсмоизоляция, либо обустройство сеймоподавляющих систем – демпферов. Системы активного сейсмического демпфирования также использовались в древних зданиях. Этот вид средств сейсμοзащиты повышает безопасность и надежность здания.

**Ключевые слова:** Демпфер, сейсмоизоляция, сейсмогашение, сейсмостойкость, надежность, безопасность.