

სეისმური ზემოქმედებისას რელიეფის დახრილობის გავლენა შენობა-ნაგებობების რეაქციაზე

^{1,2} არაბიძე ვ., ^{1,3} გოგმაჩაძე ს., ¹ გოგოლაძე ზ.

1 ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის, მიხეილ ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, 0171, თბილისი, მაღლესიძის ქ. №1. (Vakhtang.Arabidze@tsu.ge)

2 საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი, 0159, თბილისი, დავით აღმაშენებლის ხეივანი №240 (V.Arabidze@agruni.edu.ge)

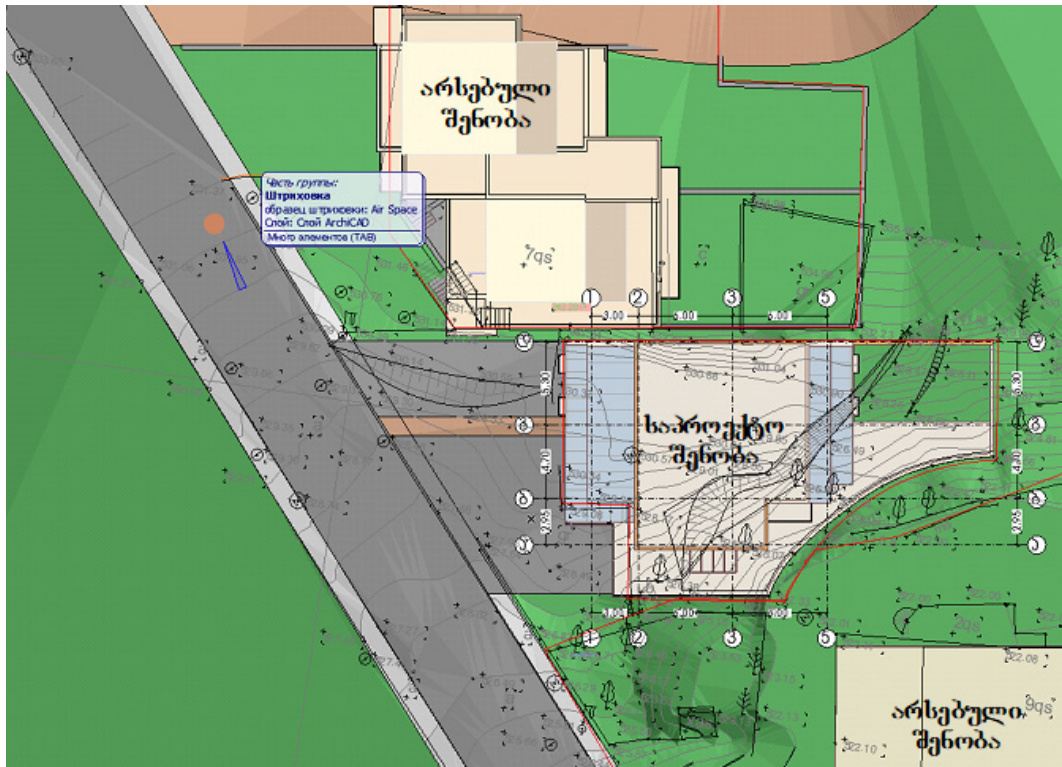
3 ქართულ-ამერიკული უნივერსიტეტი, 0160, თბილისი, თბილისი, მ. ალექსიძის ქ. №8 (sergogogmachadze@gmail.com)

სეისმოაქტიური ზონები ძირითადად ხასიათდებიან რელიეფის დიდი დანაწევრებით და საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების მრავალფეროვნებით. სწორედ ეს პირობები განსაზღვრავს სეისმურად აქტიურ რაიონებში მიწისძვრის მაქსიმალურ ინტენსივობას. გეომორფოლოგიურ და საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გათვალისწინებას მიწისძვრის ინტენსივობის გამოვლინებაზე დიდი მენიერული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ამ რეგიონებში ათვისებულ და ასათვისებელ სამშენებლო მოედნებზე ანტისეისმური ღონისძიებების განხორციელებისას. დღეისთვის მოქმედ სამშენებლო ნორმებში [1] გრუნტები, სეისმური თვისებების თვალსაზრისით, დაყოფილია სამ კატეგორიად, რაც სრულად ვერ ასახავს მათ სეისმურ თვისებებს, ხოლო რელიეფის დახრილობის შესახებ აღნიშნულია, რომ (მუხლი 3. ზოგადი დებულებები, პ.17): „სამშენებლო მოედანი, რომელიც განლაგებულია 15⁰-ზე მეტი დახრის მქონე ფერდობზე ან ხასიათდება ფიზიკურ-გეოლოგიური პროცესებით: ქანების ძლიერი დანაწევრებით, მეწყერებით, ზვავებით, ღვარცოფებით, კარსტებით, მცურავი ქანებით, აგრეთვე მიწისქვეშა გამონამუშევრებით – სეისმური თვალსაზრისით წარმოადგენს არახელსაყრელ მოედანს. ამ უბნების ლოკალიზაცია და სეისმური საფრთხის შეფასება ხორციელდება სეისმური მიკროდარაიონების სამუშაოების შესრულების დროს. ასეთ მოედნებზე შენობა-ნაგებობების მშენებლობის აუცილებლობის შემთხვევაში, საჭიროა სპეციალური გამოკვლევების საფუძველზე განხორციელდეს დამატებითი ღონისძიებები ფუძის გამაგრებისა და კონსტრუქციების გაძლიერებისათვის“ და რაც სეისმოდარაიონების თანამედროვე რუკების არ არსებობის გამო პრაქტიკულად არ გაითვალისწინება პროექტირების დროს.

აღნიშნული საკითხის შესწავლის მიზნით, გამოკვლევა ჩატარდა ქ.თბილისში, ნუცუბიძის მე-3 მიკრორაიონში, დასაპროექტებელ ერთ-ერთ საცხოვრებელ შენობას. კვლევები ითვალისწინებდა შენობის კონსტრუქციული და საანგარიშო სქემების მოდელირებას როგორც სწორ, ასევე დახრილ რელიეფზე და შემდგომ ორივე შემთხვევისათვის მიღებული შედეგების შედარებას.

სამშენებლო ტერიტორიას ესაზღვრება ერთი გზა და ორი საცხოვრებელი სახლის ნაკვეთი (იხ. ნახ.1). მრავალბინიანი საცხოვრებელი სახლი ერთ სადარბაზოიანია ლიფტით,

მის ქვედა სართულებზე განლაგებულია ავტოფარეხები და საკუქნაოები, ხოლო შემდეგი სართულები კი დათმობილია საცხოვრებელი ბინებისათვის.



ნახ. 1. შენობების განლაგების გეგმა.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების შესაბამისად ტერიტორია წარმოადგენს მდ. ვერესა და მდ. დიდმულას შორის არსებული ლისის ქედის აღმოსავლეთ დაბოლოების სამხრეთული ექსპოზიციის ფერდობს.

ფერდობის საერთო საშუალო დახრილობა 20-30 გრადუსის ფარგლებშია. როგორც სამშენებლო მოედანი ასევე მის ქვევით მდებარე გამოსაკვლევ ფერდო აგებულია ოლიგოცენის ასაკის (P3²⁻³) ტუფოგენური ქვიშაქვებითა და არგილიტებით.

მასივში ქანების ეს ლითოლოგიური სახესხვაობები ერთიმეორესთან მონაცვლე ცალკეული შრეებისა და დასტების მორიგეობის სახითაა წარმოდგენილი.

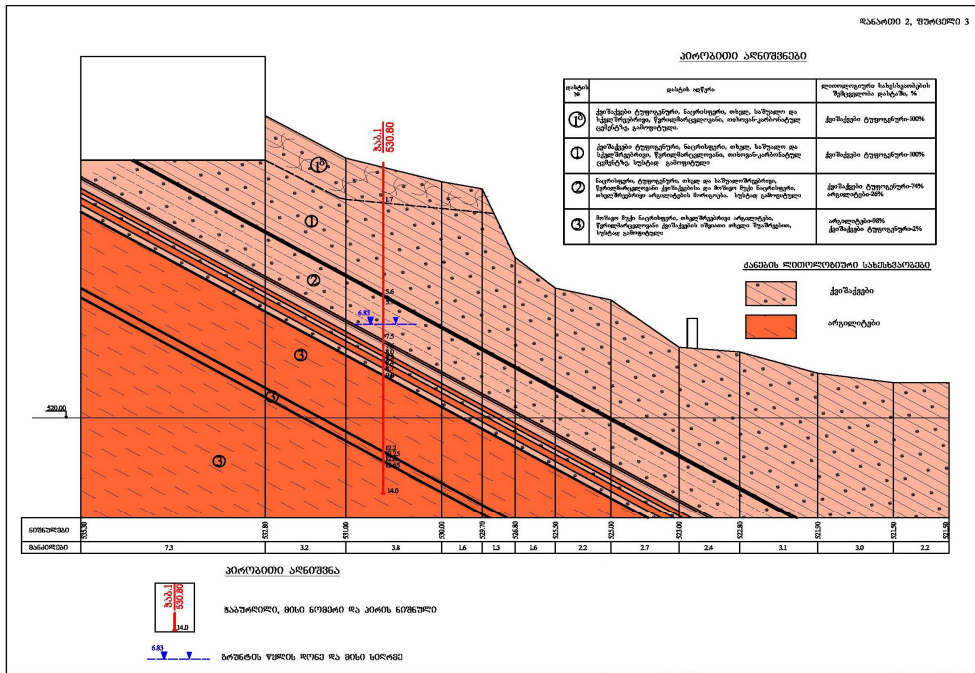
ფერდობზე გამოვლენილია ნაპრალების 3 სისტემა: I სისტემა შრეებრიობის ნაპრალებისა და მისი თანხვედნილი სედიმენტოგენური ნაპრალების სისტემაა, ხოლო II და III სისტემები სხვადასხვა სივრცობრივი ორიენტაციის ტექტონიკური გენეზისის ნაპრალებია.

შენობისა და ფერდობის მდგრადობისათვის გარკვეული საშიშროების შემცველი და შესაბამისად გასათვალისწინებელია მხოლოდ I სისტემა, ანუ შრეთა შორის არსებული ნაპრალები, რომელთა დახრილობა თანხვედრაშია ფერდის დახრილობასთან (იხ. ნახ. 2).

ფერდობის ზედაპირულ ზონაში გრუნტის წყლების არსებობის რაიმე ნიშნები არ არის, თუმცა გრუნტის (ნაპრალოური) წყლები გამოვლენილია არსებული ზედაპირიდან 2.0-6.8 მ. სიღრმეზე.

კონსტრუქციული თვალსაზრისით მრავალბინიანი საცხოვრებელი შენობა წარმოადგენს მონილითურ რკინაბეტონის საძირკვლებზე მდგომ მონოლითურ რკინაბეტონის სივრცით კარკასს. შენობა 11 სართულიანია, ერთსადარბაზოიანი, სართულის სიმაღლე

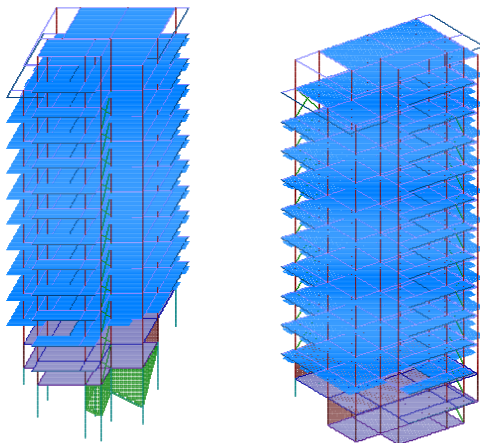
მონაცვლეობს 3.00-3.20 მ დიაპაზონში. ბეტონის კლასი ყველა მზიდი ელემენტისათვის შეადგენს B25-ს.



ნახ. 2. საინჟინრო-გეოლოგიური ჭრილი.

კარკასის ვერტიკალური მზიდი ელემენტებია რკინაბეტონის სვეტები, ზომით 60x60 სმ და 50x50სმ. გადახურვები მოწყობილია რკინაბეტონის რიგელებით, ზომით 40x50 სმ და რკინაბეტონის 16 სმ სისქის ფილით. კარკასის შევსება ხორციელდება წვრილი სამშენებლო ბლოკების საშუალებით არქიტექტურული გეგმარების შესაბამისად.

შენობაში სეისმური რეაქციის განსაზღვრის მიზნით აგებულ იქნა შენობის კონსტრუქციის საანგარიშო მოდელები პროგრამულ კომპლექსს Lira – Windows 9.4-ში (ნახ. 3), რომელშიც განიხილება შემდეგი დატვირთვები: სტატიკური მუდმივი და დროებითი; სეისმური ორი ორთოგონალური მიმართულებით (დადერძვის შესაბამისად). მოდელში განხილულია აგრეთვე დატვირთვების ძირითადი და განსაკუთრებული შეხამება.



ნახ. 3. შენობის საანგარიშო მოდელების ხედი.

მიღებული შედეგები მოდალური ანალიზის შემთხვევაში 1-6 ფორმებისათვის მოყვანილია ცხრილ 1 და 2-ში (შესაბამისად დახრილი და სწორი რელიეფების შემთხვევაში).

ცხრ. 1

სეისმური ზემოქმედება ჩრდილოეთის მიმართულებით)
საკუთარი მნიშვნელობები, სიხშირეები, რხევის პერიოდი

N	საკუთარი მნიშვნელობები	სიხშირეები		პერიოდი	გადანაწილების კოეფიციენტი	მოდალური მასა %
		რად/წმ	ჰც	წმ		
1	0.285852	3.50	0.56	1.7951	4.410325	3.8 3.8
2	0.263868	3.79	0.60	1.6571	-16.639720	53.6 57.4
3	0.218723	4.57	0.73	1.3736	-6.293986 1.535171	7.7 65.0
4	0.092306	10.83	1.73	0.5797	-6.400321	0.5 65.5
5	0.084021	11.90	1.90	0.5277	3.486048	7.9 73.4
6	0.069955	14.29	2.28	0.4393		2.4 75.8

სეისმური ზემოქმედება აღმოსავლეთის მიმართულებით)
საკუთარი მნიშვნელობები, სიხშირეები, რხევის პერიოდი

N	საკუთარი მნიშვნელობები	სიხშირეები		პერიოდი	გადანაწილების კოეფიციენტი	მოდალური მასა %
		რად/წმ	ჰც	წმ		
1	0.285852	3.50	0.56	1.7951	17.926590	62.2 62.2
2	0.263868	3.79	0.60	1.6571	5.610673	6.1 68.3
3	0.218723	4.57	0.73	1.3736	-2.518658 7.144990	1.2 69.5
4	0.092306	10.83	1.73	0.5797	1.909870	9.9 79.4
5	0.084021	11.90	1.90	0.5277	0.625700	0.7 80.1
6	0.069955	14.29	2.28	0.4393		0.1 80.2

ცხრ. 2

სეისმური ზემოქმედება ჩრდილოეთის მიმართულებით)
საკუთარი მნიშვნელობები, სიხშირეები, რხევის პერიოდი

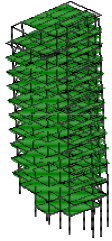
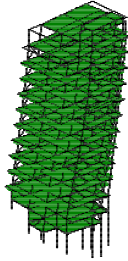
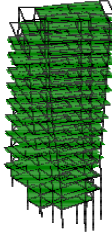
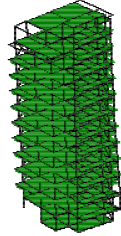
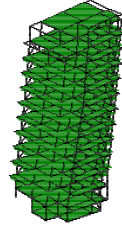

N	საკუთარი მნიშვნელობები	სიხშირეები		პერიოდი	გადანაწილების კოეფიციენტი	მოდალური მასა %
		რად/წმ	ჰც	წმ		
1	0.279839	3.57	0.57	1.7574	3.176719	2.1 2.1
2	0.258170	3.87	0.62	1.6213	-16.828774	58.5 60.6
3	0.217900	4.59	0.73	1.3684	5.992621	7.4 68.0
4	0.090869	11.00	1.75	0.5707	0.946421	0.2 68.2
5	0.082408	12.13	1.93	0.5175	-6.203913	7.9 76.1
6	0.069802	14.33	2.28	0.4384	-3.432459	2.4 78.5

სეისმური ზემოქმედება აღმოსავლეთის მიმართულებით)
საკუთარი მნიშვნელობები, სიხშირეები, რხევის პერიოდი

N	საკუთარი მნიშვნელობები	სიხშირეები		პერიოდი	გადანაწილების კოეფიციენტი	მოდალური მასა %
		რად/წმ	ჰც	წმ		
1	0.279839	3.57	0.57	1.7574	18.156834	68.1 68.1
2	0.258170	3.87	0.62	1.6213	4.296781	3.8 71.9
3	0.217900	4.59	0.73	1.3684	2.443481	1.2 73.1
4	0.090869	11.00	1.75	0.5707	7.063707	10.3 83.4
5	0.082408	12.13	1.93	0.5175	1.387698	0.4 83.8
6	0.069802	14.33	2.28	0.4384	-0.661623	0.1 83.9

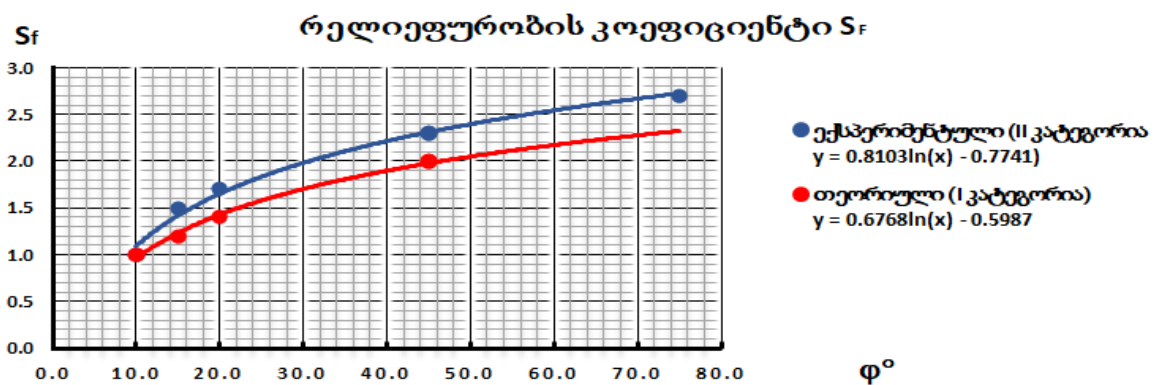
მიღებული შედეგები გადაადგილებებისათვის (საკუთარი რხევების პირველი სამი ფორმა) მოყვანილია მე-3 ცხრილში.

ცხრ. 3

ფორმა \ მოდელი	1-ლი	მე-2	მე-3
1-ლი	 9.1 მმ	 87.5 მმ	 28.0 მმ
მე-2	 5.6 მმ	 80.8 მმ	 21.7 მმ

მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ თავისუფალი რხევების პერიოდებისა და მოდალური მასების სიდიდის ცვლილება 2-5%-ის ფარგლებშია, ხოლო გადაადგილებების კი, 5-10%-ის დიაპაზონში.

აღსანიშნავია, რომ ექსპერიმენტული და მაკროსეისმური კვლევების შედეგები მე-II (საშუალო) სეისმური კატეგორიის გრუნტებისათვის [4, 5, 6] მნიშვნელოვნად განსხვავდება ჩვენს მიერ რიცხვითი ანალიზით კლდოვანი ქანებისათვის მიღებულ შედეგებთან (იხ. ნახ. 4), რაც თეორიულად მოსალოდნელი იყო მათი სეისმური სიხისტეების მნიშვნელოვანი განსხვავების გამო. მაშასადამე სეისმური ზემოქმედებისას რელიეფის გავლენის ამოცანა სხვადასხვა სეისმური კატეგორიის გრუნტებისათვის მოითხოვს შემდგომ დეტალურ შესწავლას.



ნახ. 4. რელიეფურობის კოეფიციენტის დახრის კუთხეზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

ევროკოდი-8 ნაწილი 5 „საპირკვლები, დამჭერი კედლები და გეოტექნიკური ასპექტები“-ის A დანართის (ტოპოგრაფიული გაძლიერების კოეფიციენტები) შესაბამისად [2] „დაახლოებით 15°-ზე ნაკლები ქანობის საშუალო კუთხეებისათვის ტოპოგრაფიული ეფექტები შეიძლება უგულებელყოფილი იყოს, მაშინ, როდესაც დეტალური გამოკვლევა რეკომენდებულია ძლიერ უსწორმასწორო ადგილობრივი ტოპოგრაფიისას. უფრო დიდი კუთხეებისთვის გამოიყენება შემდეგი მითითებები: ა) იზოლირებული კლდეები და ქანობები. მნიშვნელობა $S_T \geq 1,2$ უნდა გამოიყენებოდეს ზედა კიდეებთან ახლოს არსებული სამშენებლო მოედნებისთვის; ბ) თხემები, ქედის მნიშვნელოვნად ნაკლები სიგანით ფუძის სიგანესთან შედარებით. მნიშვნელობა $S_T \geq 1,4$ უნდა გამოიყენებოდეს ქანობების წვეროსთან ახლოს, 30°-ზე მეტი ქანობის საშუალო კუთხისთვის და მნიშვნელობა $S_T \geq 1,2$ უნდა გამოიყენებოდეს ქანობის უფრო მცირე კუთხეებისთვის“...

თუ გავითვალისწინებთ ევროკოდი-8 ნაწილი 1-ის [3] მიხედვით გრუნტების კლასიფიკაციას (A, B, C, D, E S₁ და S₂), მაშინ რელიეფურობის კოეფიციენტის სრულფასოვანი შეფასებისთვის, როგორც ექსპედიმენტული, ასევე თეორიული კვლევების ამოცანათა რიცხვი გაცილებით გაიზრდება. რაც აგრეთვე მნიშვნელოვანია „ევროკოდი-8“-ის ეროვნული დანართების შედგენისას.

ლიტერატურა

1. პროექტირების ნორმები პნ 01.01-09 სეისმომედეგი მშენებლობა (საქართველოს ტექნიკური რეგლამენტი).
2. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects.
3. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings.
4. Gogmachadze S., Zaalishvili V., Gabaeva I. Assessment of seismic Hazard of Soils at Strong Earthquakes in Mountainous Regions. 2007 International Symposium on Advances in Earthquake at Structural Engineering. 24-26 October 2007. ISBN 978-9944-452-18-2.
5. Zaalishvili V., Gogmachadze S. Geomorphological Aspects of the forming of Earthquake Intensity Effects in Highlands – Earthquake Hazard and Seismic Risk. Reduction-Kluwer Academic Publishers-Dordrecht/Boston/London/2000 pp.137-144.
6. Инженерный анализ последствий Рачинского землетрясения 1991г. в Грузии. Изд. «Мецниереба», 235 с, Тбилиси 1996.

სეისმური ზემოქმედებისას რელიეფის დახრილობის გავლენა

შენობა-ნაგებობების რეაქციაზე

არაბიძე ვ., გოგმაჩაძე ს., გოგოლაძე ზ.

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ისეთი სეისმოაქტიური ზონები, რომლებიც ძირითადად ხასიათდებიან რელიეფის დიდი დანაწევრებით და საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების მრავალფეროვნებით, რაც თავის მხრივ ცვლის სამშენებლო ტერიტორიის ლოკალურ სეისმურობას. რელიეფურობის კოეფიციენტის გამოთვლა ხორციელდება შენობა-

ნაგებობის და ფუძე-გრუნტების სასრულეღემენტოვანი მოდელირებით. განხილული და გაანალიზებულია 11 სართულიანი შენობა დაფუძნებული კლდოვან რელიეფზე დახრილობით 20-30 გრადუსის ფარგლებში. მიღებული შედეგები შედარებულია წინა წლებში ჩატარებულ ექსპერიმენტულ შედეგებთან. დასახულია შემდგომი კვლევები „ევროკოდი-8“-ის მიხედვით კლასიფიცირებული A, B, C, D, E ტიპის გრუნტებისათვის, რაც აგრეთვე მნიშვნელოვანია „ევროკოდი-8“-ის ეროვნული დანართების შედგენისას.

Влияние рельефа на реакцию зданий-сооружений при сейсмических воздействиях

Арабидзе В.Г., Гогмачадзе С.А., Гоголадзе З.Р.

Реферат

В статье рассматриваются сейсмические зоны, которые характеризуются большим расчлененным рельефом и разнообразием инженерно-геологических условий, что, в свою очередь, изменяет местную сейсмичность строительной площадки. Расчет коэффициента рельефности осуществляется моделью здание-сооружение и грунты-основания, построенный методом конечных элементов. Здание основано на скальных грунтах наклон которых совпадает с наклоном рельефа и составляет 20-30 градусов. Полученные результаты сравнены с ранее проведенными экспериментальными результатами. Запланированы дальнейшие исследования для грунтов типа A, B, C, D, E, классифицированных в соответствии с ЕВРОКОД-8, что также важно при составлении Национального приложения к ЕВРОКОД-8.

Reaction of buildings placed on sloped terrain during seismic action

Arabidze V., Gogmachadze S., Gogoladze Z.

Abstract

The work considers the seismic zones that are characterized by a large dissected relief and a variety of engineering-geological conditions, which, in turn, changes the local seismicity of the construction site. Calculation of the coefficient of relief is carried out by the model building-construction and ground-base constructed by the finite element method. The building is based on rocky soils the slope of which coincides with the slope of the relief and is 20-30 degrees. The results obtained are compared with the previous experimental results. Further studies are planned for Type A, B, C, D, E soils classified according to EUROCODE-8, which is also important when compiling the National Annex to EUROCODE-8.