

**ლ. ჯაფარიძე**

**მიწისქვეშა ნაგებობების საექსპლოატაციო პირობების ზღვრული მდგომარეობები**

**Springer Nature Switzerland AG-ს მიერ გამოქვეყნებული მონოგრაფიის აბსტრაქტი**

ბოლო წლებში ქანების მექანიკის დარგში მიღწეულია მნიშვნელოვანი შედეგები და გამოქვეყნებულია მნიშვნელოვანი ნაშრომები სამთო, სატრანსპორტო, ჰიდროტექნიკური და სხვა დანიშნულების ნაგებობების დაპროექტების მეთოდებზე. ამ მეთოდებით შესაძლებელია აისახოს ნაგებობის სტრუქტურული ელემენტების ბუნებრივ და ხელოვნურ ნაწილებში დრეკადი, პლასტიკური და რეოლოგიური დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა სამთო-ტექნიკური პირობებისა და მშენებლობის ტექნოლოგიების შესახებ ცნობილი მონაცემებით. ამრიგად, პრაქტიკულად შექმნილია თეორიული საფუძველი სხვადასხვა დანიშნულების ნაგებობის გასაანგარიშებლად. თუმცა, პრაქტიკაში, ძირითადი სქემა, ფაქტობრივად, ჯერ კიდევ ტრადიციულად მიიღება «საინჟინრო ანალოგიის» მიდგომით, რაც ხშირად იწვევს მნიშვნელოვან შეუსაბამობას პროექტსა და რეალურ მდგომარეობას შორის.

ეს შეიძლება გამოწვეული იყოს ზღვრული წონასწორობის მეთოდების იმ ნაწილის გავლენით, რომელიც საანგარიშო პარამეტრებს განსაზღვრავს ნორმატიული მაჩვენებლების გამრავლებით დატვირთვებისა და მასალების თვისებების გაურკვეველობის საკომპენსაციო ე.წ. ერთიანი მარაგის კოეფიციენტის შემცველ დიფერენცირებულ კოეფიციენტებზე. ამას ზოგჯერ შეიძლება ასევე შეუწყოს ხელი მიწისქვეშა ნაგებობების ოპტიმალური დაპროექტების კრიტერიუმების სიცხადის ნაკლებობამ სპეციალურ და საცნობარო ლიტერატურაში. ეს წინააღმდეგობები ხშირად აყენებს დამპროექტებელს რთულ ვითარებაში, როდესაც მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების უახლესი მიღწევების გათვალისწინების სურვილი დგება აუცილებლობის წინაშე, იხელმძღვანელოს მარეგულირებელი დოკუმენტებით, რომლებიც ზღუდავს შემოქმედების გარკვეულ ხარისხს. თუმცა, ეს არ უნდა იყოს ნორმატიული და საცნობარო ლიტერატურის უგულვებელყოფის საბაზი, არამედ საჭიროა მათი განვითარება ახალი მიღწევებით მიწისქვეშა ნაგებობების გაანგარიშების, დაპროექტებისა და მშენებლობის თეორიასა და პრაქტიკაში.

სამთო, სატრანსპორტო, ჰიდროტექნიკური, სამხედრო-საინჟინრო და მრავალი სხვა დანიშნულების მიწისქვეშა ნაგებობების მოცულობა ყოველწლიურად იზრდება მთელ მსოფლიოში. უკვე დამკვიდრდა ახალი ტერმინიც - „მიწისქვეშა ურბანიზაცია“. შესაბამისად, მათი პროექტების საიმედოობისა და ხარისხის გაუმჯობესება, მიწისქვეშა მშენებლობის დროისა და ღირებულების შემცირება თანამედროვეობის მნიშვნელოვანი ეკონომიკური გამოწვევებია. მიწისქვეშა ნაგებობების გაანგარიშების მეთოდები ვითარდებოდა სამშენებლო მექანიკის მაგალითზე და შედგებოდა ოპერაციების სამი ცალკეული ჯგუფისგან:

1. ძირითადი სქემისა და საანგარიშო დატვირთვების დადგენა;
2. შიგა ძალების და დეფორმაციების გამოთვლა;
3. კონსტრუქციის მუშაუნარიანობის შემოწმება მოცემული პირობებისთვის ან

საჭირო და საკმარისი კონსტრუქციების შერჩევა.

**განგარიშების პირველი ჯგუფი** წარმოადგენს ქანების მექანიკის ერთ-ერთ ტრადიციულ პრობლემას და მიღებულია მნიშვნელოვანი შედეგები. ესენია:

- ფორმულირებულია მიწის ქვეშა კონსტრუქციების მუშაობის ძირითადი, მოცემული დატვირთვის, მოცემული დეფორმაციის და ინტერაქტიული დეფორმაციის („კონვერგენცია-შეზღუდვის“) რეჟიმები;
- დადგინილია სამთო-ტექნიკური პირობების ფართო სპექტრისთვის დამახასიათებელი ქანების მასივის და სამაგრი სტრუქტურის მუშაობა ინტერაქტიული დეფორმაციის რეჟიმში ცალკე ან მოცემული დატვირთვისა და მოცემული დეფორმაციის რეჟიმებთან ერთად.
- შემუშავდა თეორიული, ექსპერიმენტული და ნატურულ-ანალიტიკური („back-analyze“) მეთოდები სამაგრი კონსტრუქციებზე დატვირთვების დასადგენად.

**ოპერაციების მეორე ჯგუფის**, ანუ შიდა ძალების და დეფორმაციების განგარიშება, ე.ი. სისტემის სტატიკური განგარიშება ასევე მიწის ქვეშა ნაგებობების მექანიკის ზოგადი პრობლემაა. ამჟამად დამუშავებულია სამაგრების განგარიშების პრაქტიკულად მისაღები მეთოდები მოცემული დატვირთვების რეჟიმში. ამასთან, ინტერაქტიული დეფორმაციის რეჟიმებში ცალკე ან მოცემული დატვირთვისა და მოცემული დეფორმაციის რეჟიმებთან ერთად გამოთვლის მეთოდების ზოგიერთი საკითხი საკონტაქტო პირობების გათვალისწინებით, კვლავ პრობლემატურია.

**ოპერაციების მესამე ჯგუფი**, ანუ მიწის ქვეშა ნაგებობების კონსტრუქციული განგარიშების მეთოდები, ყველაზე სპეციფიკურია. აქ გამოყენებულია სტატიკურად რკვევადი სტრუქტურის განგარიშების მეთოდები, რომლებიც ითვალისწინებენ სამაგრის შერჩევას ან შემოწმებას მაქსიმალური ძაბვების კრიტერიუმებით. მეთოდების დიდი უმრავლესობა სტრუქტურებს განიხილავს დრეკად სტადიაში. თუ ეს კრიტერიუმი შეიძლება გამოყენებულ იქნას მოცემული დატვირთვის რეჟიმში მყოფი სტატიკურად რკვევადი სტრუქტურებისთვის, ქანების მასივთან ინტერაქტიული დეფორმაციის რეჟიმის შემთხვევაში მაქსიმალური ძაბვების კრიტერიუმი ხშირად იძლევა მასალების ჭარბ ხარჯს. მაქსიმალური ძაბვების კრიტერიუმი არ ითვალისწინებს მიწის ქვეშა ნაგებობების მნიშვნელოვან სპეციფიკას, რომ პლასტიკური დეფორმაციების გაჩენა სამაგრის რომელიმე წერტილში არ ნიშნავს კონსტრუქციის მზიდუნარიანობის ამოწურვას. პლასტიკური სახსრების გაჩენის და „მექანიზმად“ გადაქცევის შემდეგ კი იგი შეიძლება აკმაყოფილებდეს საექსპლოატაციო მოთხოვნებს მანამ, სანამ მიღწეული არ იქნება მასალის დეფორმაციის ზღვარი ან არ დაირღვევა სტრუქტურის მდგრადობა, არ შემცირდება დასაშვებზე მეტად განიკვეთის ფართობი, ან სამაგრის კონტურის მაქსიმალური გადაადგილება არ აღემატება მის დასაშვებ მნიშვნელობებს სტრუქტურის საექსპლოატაციო მოთხოვნებთან მიმართებაში.

მიწის ქვეშა ნაგებობების დაპროექტებამ უნდა უზრუნველყოს ფუნქციონირება და უსაფრთხოება მშენებლობისა და ექსპლუატაციის მთელ პერიოდში. ფუნქციონირების შეუსრულებლობა განსხვავებულია სხვადასხვა ტიპის სტრუქტურისთვის. დასაშვებზე მეტი გადაადგილება, ბზარები და გრუნტის წყლების გაჟონვა ურბანული მაგისტრალის ან მეტროს გვირაბში ითვლება საექსპლოატაციო პირობების დარღვევად, მაშინ როცა მაღაროს, შახტის ან სოფლის წყლის გვირაბისთვის ასეთი რამ დასაშვებ ნორმატიულ ზღვრებში შეიძლება მისაღებიც იყოს. მაშასადამე, სტრუქტურის გამოთვლის მეთოდმა უნდა დაადგინოს ზღვრული მდგომარეობის სქემები და გამოხატოს მათი მიღწევა

ზღვრული ძალების, ძაბვების, დეფორმაციების ან გადაადგილების სიდიდებით. ეს კი დამოკიდებული იქნება სტრუქტურის ნორმალური მუშაობის პირობებზე.

ყველაფერმა ამან განსაზღვრა მიწისქვეშა ნაგებობების „საექსპლოატაციო პირობების ზღვრულ მდგომარეობებზე გაანგარიშების“ (SLS) აუცილებლობა, რომლის შესაბამისი მეთოდები უკვე ეფექტურად გამოიყენება მრავალი საინჟინრო ნაგებობის დაპროექტებისას. ეს პრინციპები საერთოა ყველა ტიპის სტრუქტურისთვის და ყველაზე სრულად და ეკონომიურად განსაზღვრავს მის მზიდუნარიანობას. ამასთან, ზღვრული მდგომარეობის თითოეული კრიტერიუმი და გაანგარიშების მეთოდი დადგენილი უნდა იყოს კონსტრუქციის ტიპისა და მასალის, დატვირთვის სპეციფიკური პირობებისა და სტრუქტურის მიმართ საექსპლოატაციო მოთხოვნების მიხედვით. ასეთ ფორმულირებაში დატვირთვების, შიგა ძალების და კვეთების შერჩევის ზემოთ აღნიშნული ეტაპები, როგორც წესი, ცალ-ცალკე ვერ შესრულდება. ეს იმიტომ, რომ ინტერაქტიული დეფორმაციის რეჟიმში შერჩეული კონსტრუქციის მექანიკური პარამეტრები განსაზღვრავს თვით სტრუქტურის საანგარიშო სქემას, გარე და შიგა ძალების, დეფორმაციების სიდიდეს და განაწილების ხასიათს, ანუ ადგილი აქვს არაწრფივ დამოკიდებულებას სტრუქტურულ ელემენტებს - სამაგრ კონსტრუქციასა და ქანების მასივის საკონტაქტო ზედაპირზე წარმოშობილ ძაბვებსა და გადაადგილებებს შორის. მიწისქვეშა ნაგებობების ამ სპეციფიკამ მნიშვნელოვნად გაართულა პრობლემის გადაწყვეტა და მოითხოვა ფუნდამენტურად ახალი მიდგომა.

წინამდებარე მონოგრაფიაში განხილულია სხვადასხვა დანიშნულების მიწისქვეშა ნაგებობების ძირითადი სქემები. შემუშავებულია შესაბამისი ორიგინალური მათემატიკური მოდელები მიწისქვეშა ნაგებობის მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ძირითადი გეომექანიკური და ტექნოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით. მათი ტექნიკური და ეკონომიკური თვალსაზრისით ოპტიმალურის დადგენის კრიტერიუმებია: კონსტრუქციის ფორმა და ზომები, კონსტრუქციის მზიდუნარიანობა მასივის სტრუქტურული მახასიათებლების: გრავიტაციული, ტექტონიკური, სეისმური და პირველადი „in situ“ ძაბვების მიხედვით. შემოთავაზებულია განივკვეთის სხვადასხვა ფორმის მიწისქვეშა ნაგებობის გაანგარიშების ორიგინალური ალგორითმები და რიცხვითი მაგალითები.

წიგნი წარმოადგენს საერთაშორისო მნიშვნელობის ნაშრომს და უთუოდ სასარგებლო იქნება მეცნიერთა, ინჟინერთა და სტუდენტთათვის.

**LEVAN JAPARIDZE**

## **SERVICEABILITY LIMIT STATES OF UNDERGROUND STRUCTURES**

**Abstract of the monograph published by Springer Nature Switzerland AG**

The main topic of this book is the calculation of underground structures at the limit states of serviceability. It considers the main schemes typical for underground structures for various purposes, gives the corresponding mathematical models describing the main geo-mechanical and technological factors in the construction and operation of extended excavations.