

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ლევან ფირყულაშვილი

შენობა-ნაგებობების გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული
რეგულარული (სტრუქტურული) სივრცითი კონსტრუქციის
განგარიშება და კონსტრუირება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი
2013 წ.

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სამშენებლო ფაკულტეტზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელები: სრ. პროფესორი ი. მშენიერაძე
ასოც. პროფ. ბ. სურგულაძე

რეცენზენტები: სრ. პროფესორი ვ. ჩხიკვაძე
ასოც. პროფ. შ. ბაქანიძე

დაცვა შედგება 2013 წლის 28 მარტს, 14⁰⁰ საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის
სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია 507ა
მისამართი: თბილისი 0175, კოსტავას 72

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს
ბიბლიოთეკასა და სტუ-ს ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს

სწავლული მდივანი:

სრ. პროფესორი მ. კუბლაშვილი

ნაშრომის საერთო დახასიათება

ნაშრომის აქტუალურობა. შენობა-ნაგებობების გადახურვის სივრცით-დეროვანი სამშენებლო კონსტრუქციების, კერძოდ, რეგულარული (სტრუქტურული) სისტემების როლი მნიშვნელოვანი ნაწილია არქიტექტურული შემოქმედებისა, ამიტომ სპეციალური კვლევების სფეროში და ექსპერიმენტალურ გამოკვლევებში რეგულარულ (სტრუქტურულ) სისტემების არქიტექტურულ ფორმებს ძირითადი როლი ენიჭება, ხოლო არქიტექტურულ-სამშენებლო პრაქტიკაში ეს მიმართულება მნიშვნელოვანია დიდმალიანი ნაშენების პროექტირებისას.

რეგულარული (სტრუქტურული) სისტემების მშენებლობის თანამედროვე დონე, რომელიც წარმოადგენს საინჟინრო კონსტრუქციებისა და მექანიზმების სინთეზს, ვერ აკმაყოფილებს მის მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს, რადგან არ არის ჩამოყალიბებული ერთიანი საერთო სეისმომდებლობის თეორია, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება საკვლევი კონსტრუქციების სისტემური ანალიზის ჩატარება მათი გაანგარიშებიდან კლასიფიკაციამდე. არასაკმარისადაა დამუშავებული კონსტრუქციული გადაწყვეტები მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიური და საექსპლუატაციო მაჩვენებლების მხრივ; ბოლომდე არ არის განსაზღვრული მათი გამოყენების სფერო და პერსპექტივაში გამოსაყენებელი სფეროები.

ზემოთ აღწერილი მდგომარეობა ართულებს ზოგადად გარსებისა და რეგულარული (სტრუქტურული) კონსტრუქციების დაპროექტებასა და მშენებლობას, ამიტომ მნიშვნელოვანია ისეთი მეთოდოლოგიის დამუშავება, რომელიც აღნიშნული კონსტრუქციების განხორციელების საშუალებას მოგვცემს საქართველოს სპეციფიკური პირობების (სეისმურად აქტიური რაიონი) გათვალისწინებით.

ნაშრომში აღწერილი არსებული რეგულარულ (სტრუქტურულ) კონსტრუქციების უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ სტრუქტურული ფილის პირამიდების დეროვებში ძალოვანი ფაქტორების კლება ხდება არათანაბრად, ხოლო წინასწარდამაბვის მიზნით დიაგონალურად განლაებული ვანტების გამოყენებისას სტრუქტურული ფილის მიმაგრება ართულებს მის მონტაჟს, ასევე გართულებულია კონცენტრული მრავალკუთხედის ფორმის წინასწარდამაბული მოქნილი

ელემენტების გამოყენებისას კონსტრუქციის ელემენტებში ძალების რეგულირება, რის გამოც გართულებულია სტრუქტურული ფილის პირამიდების ღეროებში ძალოვანი ფაქტორების რეგულირება, რაც იწვევს შრომატევადობის გაზრდას, ზიდვის უნარისა და საიმედოობის შემცირებას.

წინამდებარე ნაშრომი, „შენობა-ნაგებობების გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული რეგულარული (სტრუქტურული) სივრცითი კონსტრუქციის გაანგარიშება და კონსტრუქცია“, ეძღვნება ზემოაღნიშნული პრობლემების კომპლექსური გადაწყვეტის მცდელობას და, ამდენად, ვთვლით, რომ მასში დასმული საკითხები **აქტუალურია**.

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს „შენობა-ნაგებობების გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული რეგულარული (სტრუქტურული) სივრცითი კონსტრუქციის“, [რომელშიც მიღებულ ტექნიკურ გადაწყვეტილებაზე გაცემულია პატენტი №P11625 საქპატენტი, სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური ბიულეტენი, ნომერი 4(368), 25.02.2013 წ.] გაანგარიშებისა და კონსტრუქციის საკითხების დამუშავება.

ამ მიზნით განხილულია მრავალი სახის სტრუქტურული კონსტრუქციები, წარმოდგენილია მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. ასევე შესწავლილია საზღვარგარეთ განხორციელებული ტიპური პროექტები და განვითარებული ქვეყნების მშენებლობის ტექნოლოგიის თანამედროვე დონე. მათი შესწავლის და ანალიზის შედეგების მიხედვით უნდა განვიხილოთ წინასწარდაძაბული ახალი ტიპის რეგულარული (სტრუქტურული) კონსტრუქცია, რომელშიც უნდა გადაწყდეს და აღმოფხვრას არსებულ კონსტრუქციების ტექნიკურ გადაწყვეტებში არსებული პრობლემები. ასევე დამუშავდეს მისთვის ახალი კონსტრუქციული გადაწყვეტები, გაანგარიშების მეთოდოლოგია, განისაზღვროს მისი პრაქტიკული ღირებულება და მოხდეს მისი ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტურობის შეფასება.

ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდეგში:

დამუშავებულია შენობა-ნაგებობების გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული რეგულარული (სტრუქტურული) სივრცითი კონსტრუქცია, რომელშიც გადაწყვეტილია და აღმოფხვრილია არსებულ კონსტრუქციების ტექნიკურ გადაწყვეტებში არსებული პრობლემები. ასევე დამუშავებულია ახალი კონსტრუქციული გადაწყვეტები და გაანგარიშების მეთოდოლოგია და

განსაზღვრულია მისი პრაქტიკული ღირებულებები. ყოველივე ნათლად დასტურდება ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშების შედეგების ანალიზიდან.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება.

ჩატარებული თეორიული კვლევების, პრაქტიკული გამოცდილების, სამშენებლო ნორმებისა-წესების სრული დაცვის და რეკომენდაციების საფუძველზე დამუშავებული „ახალი ტიპის წინასწარდამაბული სივრცითი სტრუქტურული კონსტრუქცია“, მისი გაანგარიშების მეთოდოლოგია და ეკონომიკური ეფექტურობიდან გამომდინარე, გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარდამაბული რეგულარული (სტრუქტურული) სივრცითი კონსტრუქციის მშენებლობაში (პატენტი P11625) გამოყენება მიზანშეწონილია.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის რეალიზაციისას უზრუნველყოფილი იქნება ელემენტების დამზადება და გამარტივებული მონტაჟი, შემცირდება მასალის ხარჯი და მშენებლობის ხანგრძლივობა. ამალდება კონსტრუქციის ზიდვის უნარი და ექსპლუატაციის დროს გაიზრდება მისი საიმედოობა.

ნაშრომის აპრობაცია და გამოქვეყნებული პუბლიკაციები. – ნაშრომის მასალების მიხედვით გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო სტატია, მათ შორის საქპატენტის მიერ „გეგმაში ოთკუთხა ფორმის ნაგებობის გადახურვის (ახალი ტიპის) წინასწარდამაბული სივრცითი (სტრუქტურული) კონსტრუქცია“, რომელზეც საქპატენტის მიერ გაცემულია პატენტი. მოხსენებულია სამეცნიერო კონფერენციაზე. დისერტაციის ძირითადი შედეგები მოხსენებული იქნა: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის“ დეპარტამენტის გაფართოებულ სამეცნიერო სემინარებზე (თბილისი 2011-2012 წ.წ.).

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა. – ნაშრომი შედგება შესავლის, 5 თავის, ძირითადი დასკვნების გამოყენებული ლიტერატურის და დანართებისაგან.

ნაშრომის შინაარსი

შესავალში წარმოდგენილია თემის აქტუალურობა, მეცნიერული სიახლე და ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება.

პირველ თავში გაანალიზებულია არსებული სივრცით-დეროვანი და რეგულარული აგებულების (სტრუქტურული) კონსტრუქციები. კრიტიკული ანალიზის საფუძველზე შეფასებულია მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. ასევე განხილულია გაანგარიშების არსებული მეთოდები და წინასწარდამაბული კონსტრუქციები.

მეორე თავში განხილულია:

შემოთავაზებული კონსტრუქციის ტექნიკური გადაწყვეტილების აღწერა

შემოთავაზებულია ახალი ტიპის გეგმაში ოთხკუთხა ფორმის ნაგებობის გადახურვის წინასწარდამაბული სივრცითი სტრუქტურული კონსტრუქცია, რომლის კონსტრუქციული გადაწყვეტა ანალოგებისაგან განსხვავდება წინასწარდასამაბავი ელემენტების განლაგებით და მისი დამაბვის ახალი-გაუმჯობესებული სქემით. ნაშრომში აღწერილი ტექნიკური გადაწყვეტით მიიღწევა გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის ყველა ელემენტში ძაბვების მოხერხებული რეგულირება.

შემოთავაზებულია ახალი ტიპის გადახურვის ელემენტებში მოხერხებულია ძალვათა რეგულირება, რაც უზრუნველყოფს ელემენტების დამზადებისა და მონტაჟის გამარტივებას.

გეგმაში ოთხკუთხა ფორმის ნაგებობის გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარდამაბული სივრცითი კონსტრუქცია შეიცავს სტრუქტურულ ფილას ზედა და ქვედა სარტყლებით, რომლებიც შესრულებულია დეროვანი პირამიდებისა და...ქვედა სარტყლის ცალკეული ჰორიზონტალური ელემენტებისაგან, რომლებიც შეერთებულია ერთმანეთთან და პირამიდების წვეროვებთან ფრთებზე წრიული ნახვრეტის მქონე ჯვრისებრი საკვანძო ელემენტებით, რომლებზეც დამაგრებულია მიმმართველი ბლოკები, ბლოკებზე განთავსებულია დამჭიმავი საშუალებებით აღჭურვილი მოქნილი ელემენტები კონცენტრული მრავალკუთხედის ფორმით. არსებული მსგავსი ტიპის გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციებისაგან განსხვავდება იმით, რომ მიმმართველი ბლოკები დამაგრებულია სტრუქტურული ფილის სიმძიმის ცენტრზე გამავალ გვერდების პარალელურ დერძებზე მდებარე დეროვანი პირამიდების ქვედა სარტყელთან განთავსებულ წვეროვებზე, ასევე ფილის

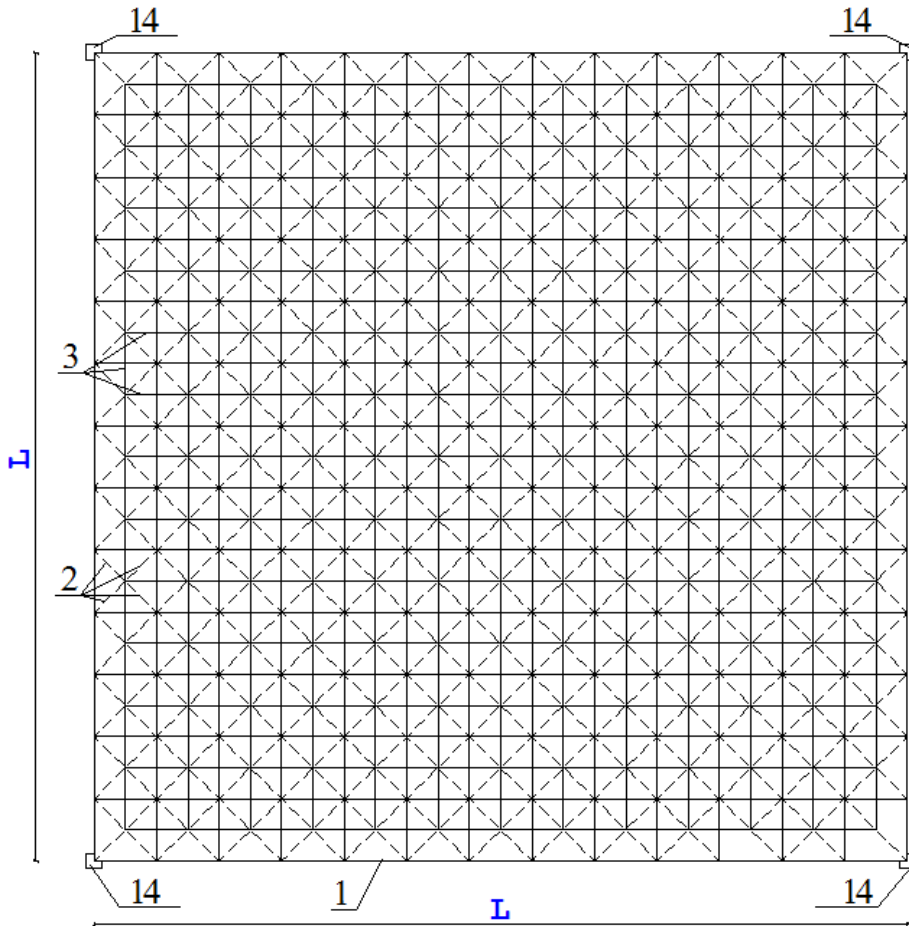
საყრდენებთან დიაგონალური მიმართულებით პირველი ღეროვანი პირამიდის წვეროები აღჭურვილია კრონშტეინებით, მოქნილი ელემენტებით შედგენილი მრავალკუთხედის გვერდების შუა ადგილებში განთავსებულია უნაგირისებური ყაუშები ორივე მხარეს წყვილი სარჩებით, რომლებიც სტრუქტურული ფილის დიაგონალური მიმართულებით ერთმანეთთან შეერთებულია მისაერთებელი მილტუჩებით აღჭურვილი ღეროვანი ელემენტებით, ფილის საყრდენთან მდებარე პირველი ღეროვანი პირამიდის წვეროებზე განთავსებული კრონშტეინებისა და მომიჯნავე ყაუშების ერთმანეთთან შემაერთებელი ღეროვანი ელემენტები ერთი მხრიდანაა აღჭურვილი მისაერთებელი მილტუჩით, ამასთან სარჩები აღჭურვილია დამჭიმავი ქანჩებით.

გადახურვის არსებული (ანალოგიური) წინასწარდამაბული სივრცითი კონსტრუქციების (რომლთა დამაბვა წარმოებს დიაგონალურ მიართულებებზე გატარებული და სტრუქტურული ფილის საყრდენ კვანძებზე დამაგრებული ვანტებით) ტექნიკური გადაწყვეტის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ სტრუქტურული ფილის პირამიდების ღეროებში ძალოვან ფაქტორებზე წინასწარდამაბვის გავლენა არათანაბარია (ანუ, სტრუქტურული ფილის ოთხ საყრდენზე განთავსებისას კონტურზე განლაგებული პირამიდის ღეროებში წინასწარდამაბვის გავლენა ფაქტობრივად არ ვრცელდება, ე.ი. წინასწარდამაბვის გავლენა არათანაბარია), ხოლო სტრუქტურული ფილის ტანში ვანტების მიმაგრება და მონტაჟი გართულებულია. ასევე გართულებულია სტრუქტურული ფილის პირამიდების ღეროებში ძალოვანი ფაქტორების რეგულირება, როდესაც დამაბვა წარმოებს კონცენტრული მრავალკუთხედის ფორმით განლაგებული მოქნილი ელემენტების გამოყენებით. არსებული ტექნიკური გადაწყვეტილებების უარყოფითი შედეგები იწვევს მასალის ხარჯის, შრომატევადობის, ზიდვის უნარის, საიმედოობის შემცირებასა და საერთო ღირებულების გაზრდას.

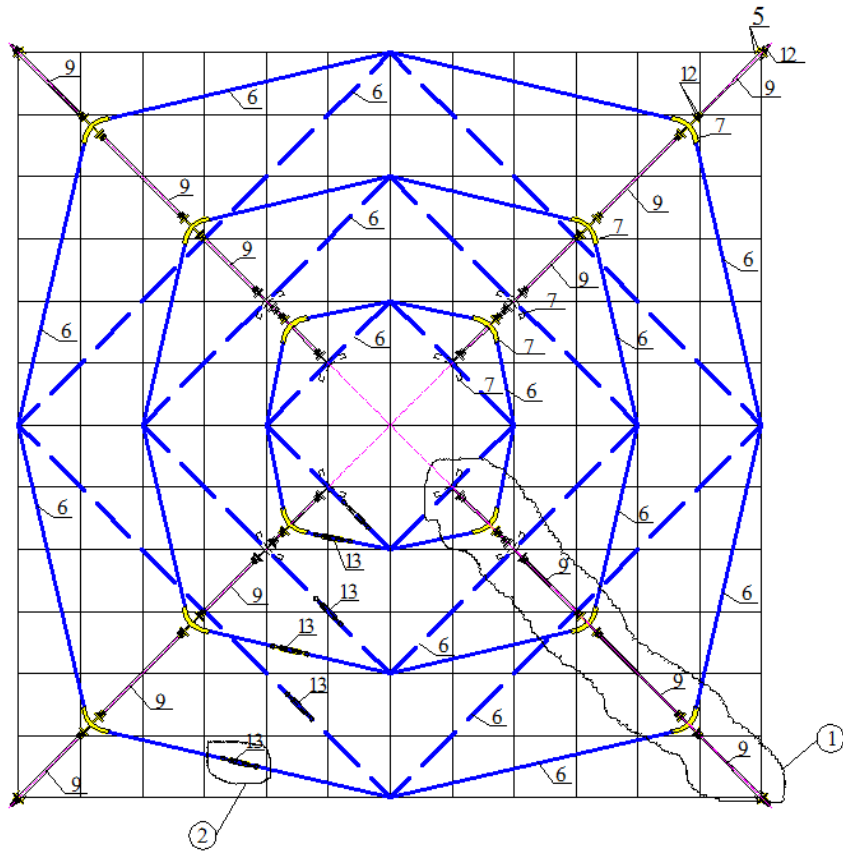
გეგმაში ოთხკუთხა ფორმის ნაგებობის გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარდამაბული სივრცითი კონსტრუქციის ტექნიკური გადაწყვეტა უზრუნველყოფს ანალოგიურ კონსტრუქციებში აღწერილ ნაკლოვანებათა აცილებას. შემოთავაზებული კონსტრუქციის გამოყენება უზრუნველყოფს ელემენტების დამზადებისა და მონტაჟის გამარტივებას, მასალის ხარჯისა და მშენებლობის ხანგრძლივობის შემცირებას, კონსტრუქციის ზიდვის უნარის ამაღლებასა და

ექსპლუატაციის დროს საიმედოობის გაზრდას. ყოველივე გამოიწვევს მშენებლობის საერთო ღირებულების 15-20%-ით შემცირებას.

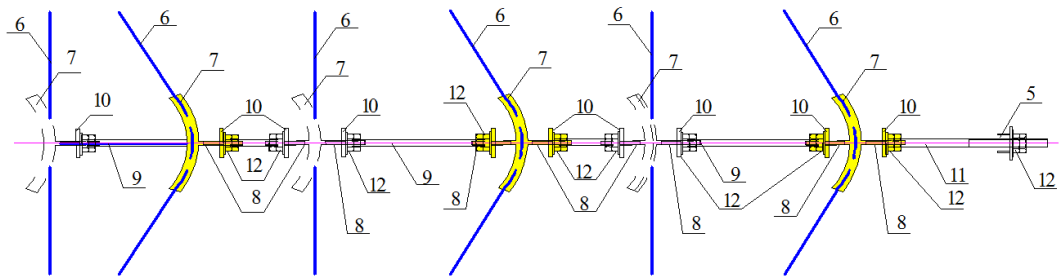
ნაშრომში განხილული ახალი ტიპის გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის ტექნიკური გადაწყვეტილების გასაცნობად წარმოგიდგენილია გრფიკული მასალა ნახაზების სახით.



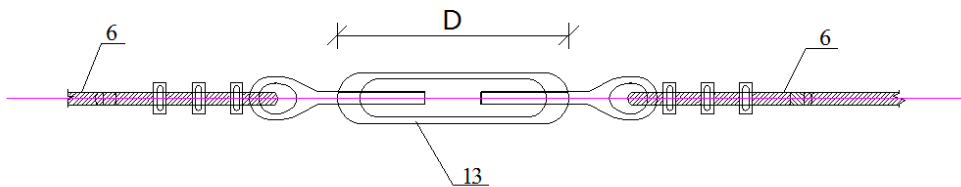
ნახ.1. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის გეგმა.



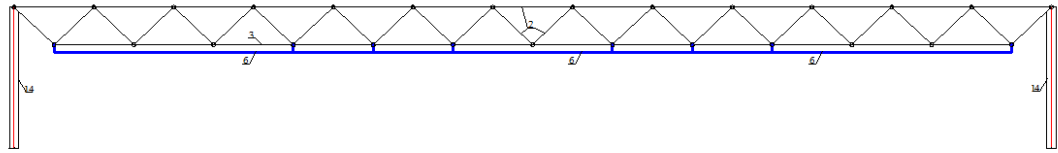
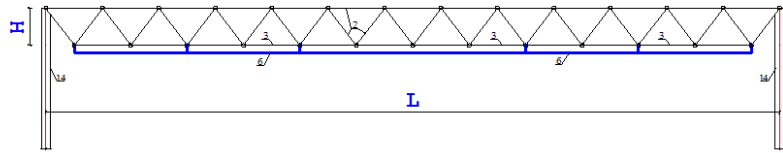
ნახ.2. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის წინასწარდასაძაბავი ელემენტების განლაგების გეგმა ქვედა სარტყლის დონეზე.



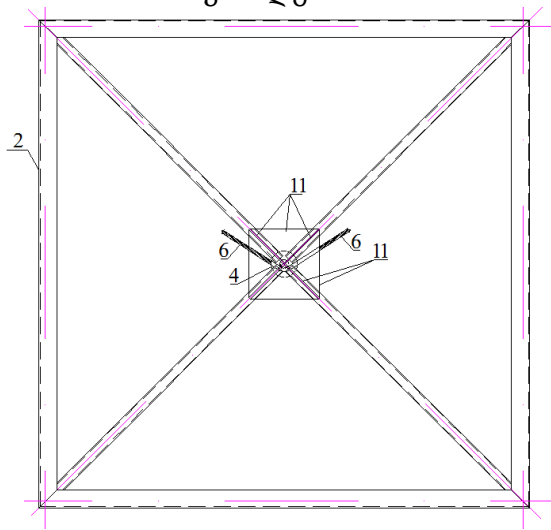
ნახ.3. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის წინასწარდასაძაბავი ელემენტების განლაგების გეგმის ფრაგმენტი-1.



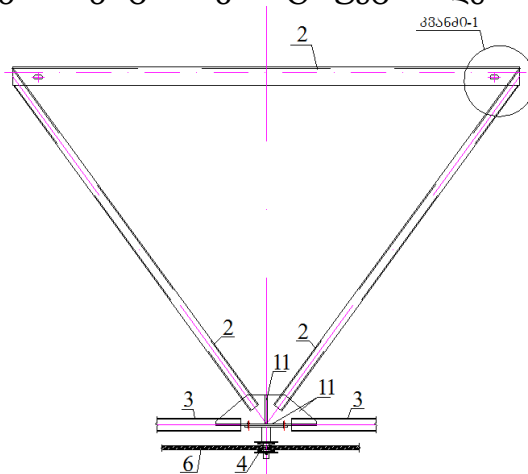
ნახ.4. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის წინასწარდასაძაბავი ელემენტების განლაგების გეგმის ფრაგმენტი-2.



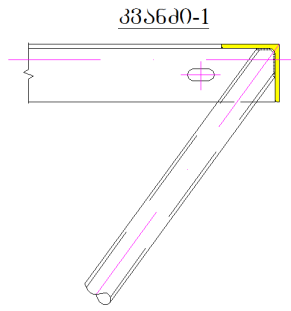
ნახ.5. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის განივი და დიაგონალური ჭრილები.



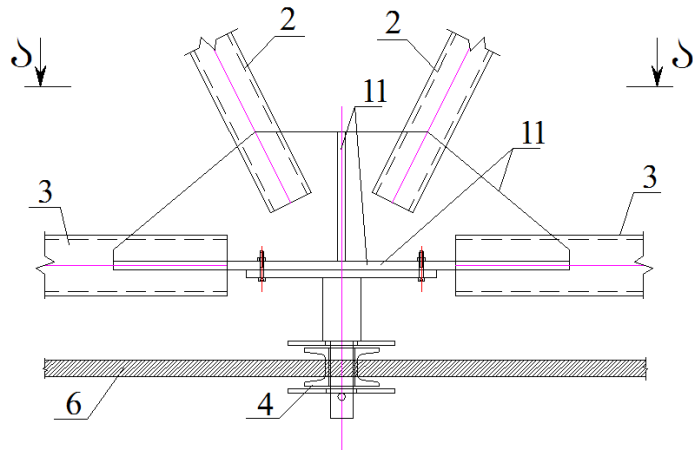
ნახ.6. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის ღეროვანი პირამიდის გეგმა.



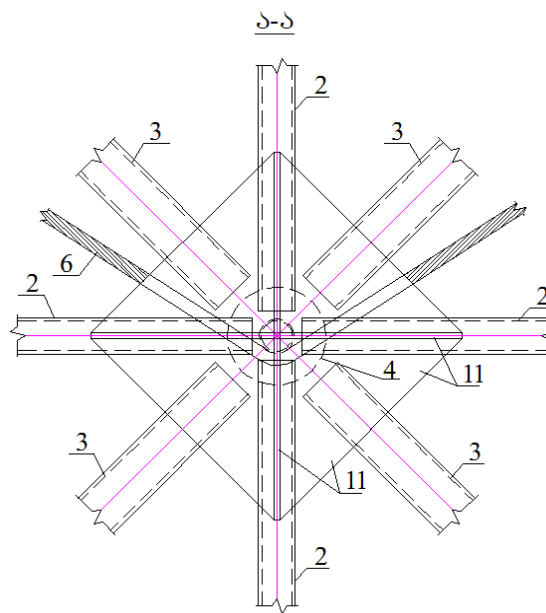
ნახ.7. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის ღეროვანი პირამიდის ჭრილი.



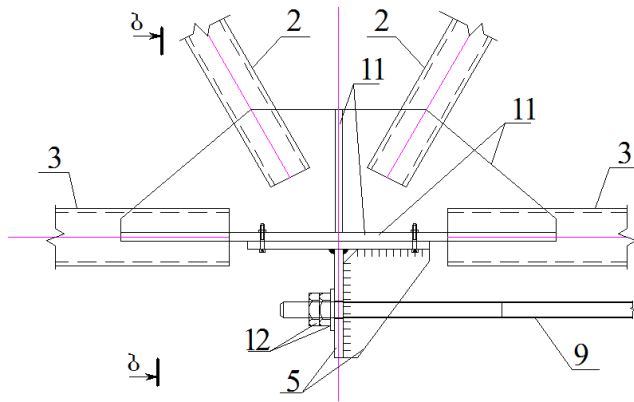
ნახ.8. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის ღეროვანი პირამიდის ზედა ღეროების შეერთების კვანძი.



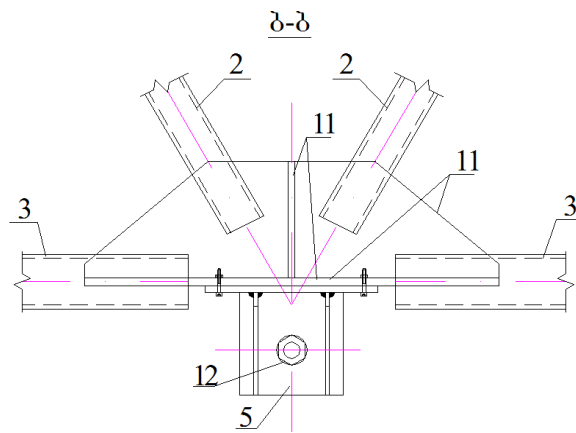
ნახ.9. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის ღეროვანი პირამიდის წვეროზე განთავსებული მიმმართველი ბლოკის კვანძი.



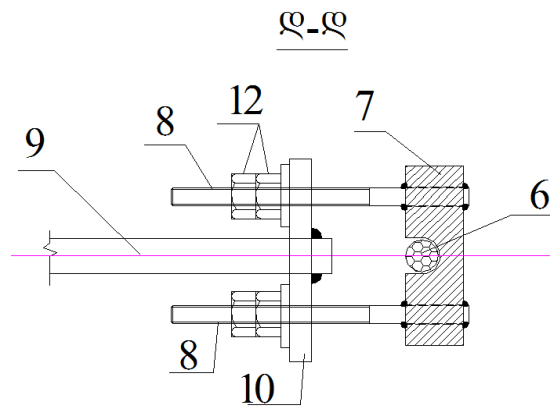
ნახ.10. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის ღეროვანი პირამიდის წვეროზე განთავსებული მიმმართველი ბლოკის კვანძი გეგმაში.



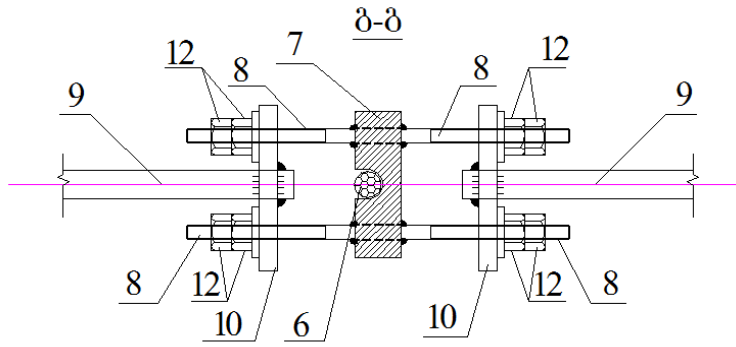
ნახ.11. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის ღეროვანი პირამიდის წვეროზე განთავსებული კრონშტეინის კვანძი.



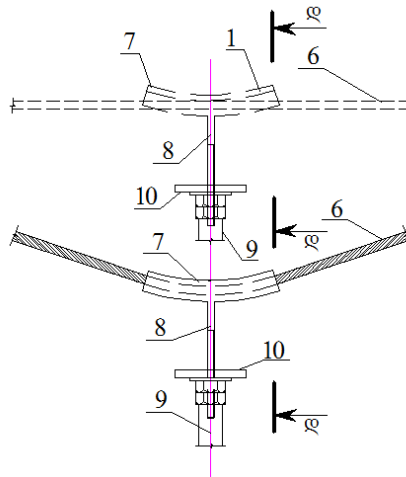
ნახ.12. გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის ღეროვანი პირამიდის წვეროზე განთავსებული კრონშტეინის ხედი „ბ-ბ“.



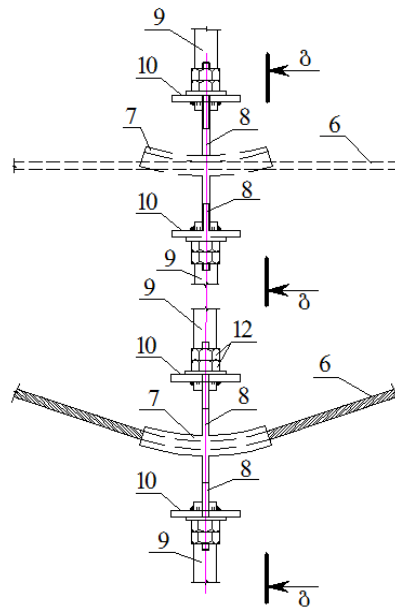
ნახ.13. ყაუმის ხედი ერთი მხრიდან განთავსებული სარჭებით, ქანჩებით, ღეროვანი ელემენტითა და მილტუჩით.



ნახ.14. ყაუშის ხედი ორივე მხრიდან განთავსებული წყვილი სარკებით, ქანჩებით, ღეროვანი ელემენტებითა და მილტუჩებით.



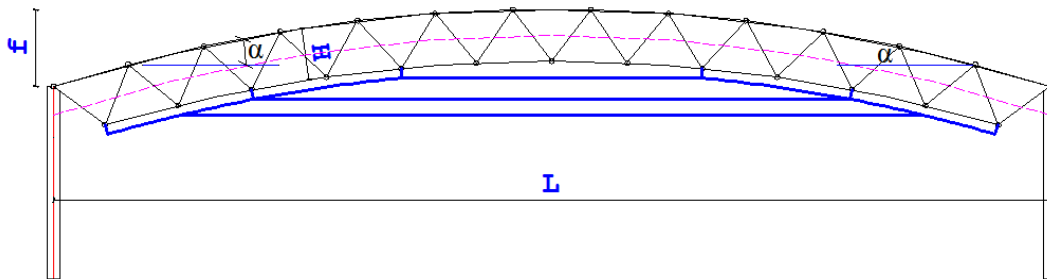
ნახ.15. ყაუშის გეგმა (ფრაგმენტი) ერთი მხრიდან განთავსებული სარკებით, ქანჩებით, ღეროვანი ელემენტითა და მილტუჩით. მუშაობის პრინციპი.



ნახ.16. ყაუშის გეგმა (ფრაგმენტი) ორივე მხრიდან განთავსებული წყვილი სარკით, ქანჩებით, ღეროვანი ელემენტებითა და მილტუჩებით. მუშაობის პრინციპი.

**გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული სტრუქტურული
კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრებისა და ოპტიმალური სიმაღლის
დადგენა**

გეგმაში ოთკუთხა ფორმის შენობების გადახურვებისათვის შემოთავაზებული წინასწარ დაძაბული სტრუქტურული კონსტრუქცია შესაძლებელია შესრულებული იქნას როგორც ბრტყელი ასევე შეაფრებული მოხაზულობის (ნახ.2.5 და 2.17). შეაფრებული მოხაზულობის კონსტრუქციაში სტრუქტურული კონსტრუქციის სივრცითი კრისტალები განლაგებული არიან მისი ფუძის გვერდის ზომაზე, მალის სიდიდეზე და შეაფრების აწეულობის ისარზე დამოკიდებული რკალის სეგმენტზე.



ნახ.17. გადახურვის შეაფრებული სივრცითი კონსტრუქციის განივი ჭრილი.

რკალის სეგმენტის რადიუსი (ზედა სარტყელი) განისაზღვრება ფორმულით:

$$R_{\text{რკალი}}^{\text{ზს}} = 0.5f + 0.125 \frac{L^2}{f} \quad (1)$$

სადაც, $f=(1/10 \div 1/25)L$ არის სტრუქტურული კონსტრუქციის აწეულობის ისარი, რომელიც მიიღება არქიტექტურული და კონსტრუქციული მოსაზრებებიდან გამომდინარე;

L- გადახურვის სტრუქტურული კონსტრუქციის მალი.

კრისტალების ფუძის (ზედა სარტყელი) მოპირდაპირი კუთხე (ნახ. 2.17) განისაზღვრება ფორმულით:

$$\beta_{\text{ზს}} = \frac{2}{m} \arcsin \frac{L}{2R_{\text{რკალი}}^{\text{ზს}}} \quad (2)$$

სადაც m არის კრისტალების რაოდენობა.

კრისტალების ფუძის პანელსა (ზედა სარტყელი) და ჰორიზონტს შორის კუთხე (ნახ. 2.17) განისაზღვრება ფორმულით:

$$\alpha_{\text{ზს}} = (0.5m + 0.5)\beta_{\text{ზს}} - n\beta_{\text{ზს}} \quad (3)$$

სადაც n არის კრისტალების ფუძის გვერდის პანელების რიგითი ნომერი.

კრისტალების ფუძის პანელის ზომა (ზედა სარტყელი) განისაზღვრება ფორმულით:

$$S_{გრ}^{ზს} = 2R_{რკალი}^{ზს} \sin \frac{\beta_{ზს}}{2} \leq 3 \quad (4)$$

კონსტრუქციული მოსაზრებით კრისტალის გვერდის ზომა $S_{გრ} \leq 3$ მ –ზე.

კრისტალების ფუძის პანელების (ზედა სარტყელი) შეერთების წერტილების (გადაკვეთის) კოორდინატები განისაზღვრება ფორმულით:

$$\left. \begin{aligned} Z_n^{ზს} &= S_{გრ}^{ზს} \sin \alpha_n + Z_{(n-1)} \\ X_n^{ზს} &= S_{გრ}^{ზს} \cos \alpha_n + Z_{(n-1)} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

სტრუქტურული კონსტრუქციის კრისტალების წვეროების (ქვედა სარტყელი) გეომეტრიული პარამეტრები განისაზღვრება მისი ფუძის (ზედა სარტყელი) კოორდინატების ანალოგიურად, კერძოდ, რკალის სეგმენტის რადიუსი, რომელზეც განლაგდებიან სტრუქტურული კონსტრუქციის ამგები კრისტალები ტოლია:

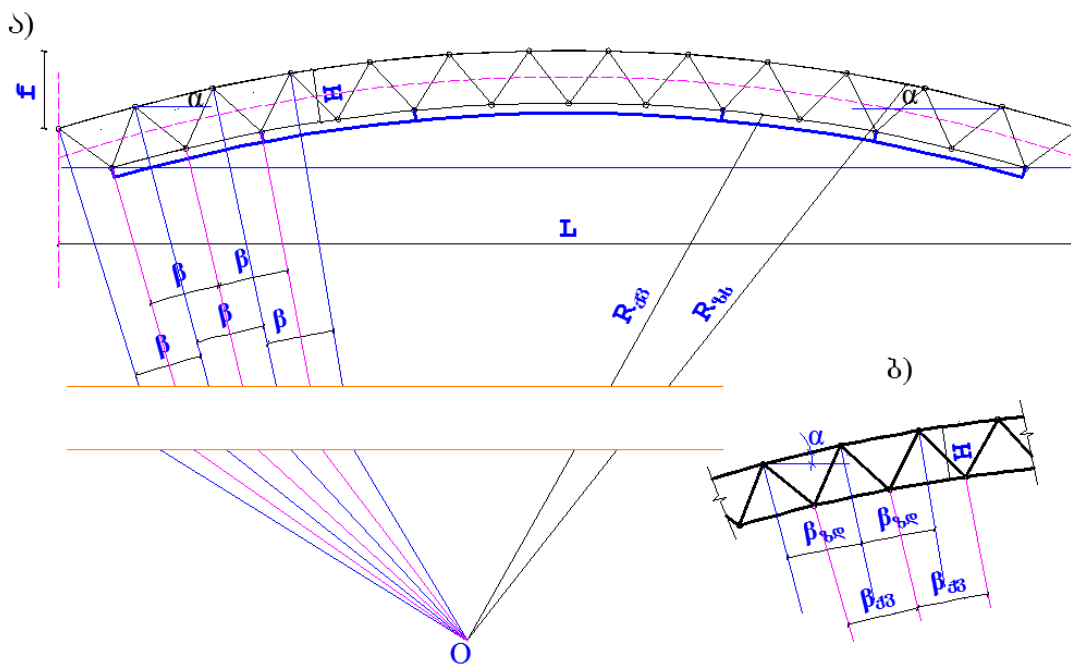
$$R_{რკალი}^{ჰს} = R_{რკალი}^{ზს} - h_{\min} \quad (6)$$

კრისტალების წვეროების შემართებელი ელემენტების (ქვედა სარტყელი) მოპირდაპირე კუთხე (ნახ. 2.18) განისაზღვრება ფორმულით:

$$\beta_{ჰს} = \frac{2}{m} \operatorname{ark} \sin \frac{L}{2R_{რკ}^{ჰს}} \quad (7)$$

კრისტალების წვეროების შემართებელი ელემენტებსა (ქვედა სარტყელი) და ჰორიზონტს შორის კუთხე (ნახ. 2.18) განისაზღვრება ფორმულით:

$$\alpha_n^{ჰს} = (0.5m + 0.5)\beta_{ჰს} - n_{ჰს} \beta_{ჰს} \quad (8)$$



ნახ.18. გადახურვის შეაფრებული სივრცითი კონსტრუქციის განივი ჭრილი და ფრაგმენტი გეომეტრიული პარამეტრების დასადგენად.

სადაც n არის კრისტალების წვეროების შემართებელი პანელების რიგითი ნომერი.

კრისტალების წვეროების შემართებელი ელემენტების (ქვედა სარტყელი) ზომა განისაზღვრება ფორმულით:

$$S_{\text{ქვ.ბ}} = 2R_{\text{ოკ}}^{\text{ქვ.ბ}} \sin \frac{\beta_{\text{ქვ.ბ}}}{2} \quad (9)$$

კრისტალების წვეროების შემართებელი ელემენტების (ქვედა სარტყელი) შეერთების წერტილების (გადაკვეთის) კოორდინატები განისაზღვრება ფორმულით:

$$\left. \begin{aligned} Z_n^{\text{ბ.ბ}} &= S_{\text{ქვ.ბ}} \sin \alpha_n^{\text{ქვ.ბ}} + Z_{(n-1)} \\ X_n^{\text{ქვ.ბ}} &= S_{\text{ქვ.ბ}} \cos \alpha_n + Z_{(n-1)} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

შეაფრებული (ორმაგი სიმრუდის) სტრუქტურული კონსტრუქციის დროს ურთიერთგადაკვეთაში მიღებული რომბების კუთხეები განისაზღვრება ფორმულით:

$$\cos A_n = \sin^2 \alpha_n \quad (11)$$

სადაც α_n - კრისტალების ფუძის პანელსა (ზედა სარტყელი) და ჰორიზონტს შორის კუთხე.

კუთხეების შედარება, როცა შეაფრება შეადგენს $H/L=1/16\div 1/25$, იძლევა ერთ გრადუსზე ნაკლებ შედეგს, რაც საანგარიშო სქემის შედგენისას შეიძლება უგულვებელყოფით და რომბები ჩავთვალოთ კვადრატებად.

როდესაც განსახილველია ბრყელი (ჰორიზონტალური) სტრუქტურული კონსტრუქცია, მისი კორდინატების განისაზღვრა წარმოებს შემთხვევისათვის, როცა $\alpha_n=0$.

კრისტალის წიბოს ზომა განისაზღვრება ფორმულით:

$$B_{\text{წიბ.}} = \sqrt{d_{\text{დიაგ.}}^2 + h_{\text{min}}^2} = \sqrt{\frac{S_{\text{კრ}}^2}{2} + h_{\text{min}}^2} \quad (12)$$

სადაც $d_{\text{დიაგ.}}$ არის კრისტალის ფუძის დიაგონალის სიგრძე, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$d_{\text{დიაგ.}} = \sqrt{2S_{\text{კრ}}^2} = S_{\text{კრ}} \sqrt{2} \quad (13)$$

სტრუქტურული კონსტრუქციის სიმაღლე განისაზღვრება ფორმულით:

$$h_{\text{min}} = (1 + 2.4 \frac{h}{L_i}) \cdot \eta \cdot \frac{\alpha_{\omega}}{\alpha_m} \cdot \frac{q_n}{q_d} \cdot \frac{L^2}{[f]} \cdot \frac{(R_{y.mi} + \phi_m R_{y.ms})}{E} \quad (14)$$

სადაც, α_m და α_{ω} - მომენტებისა და ჩაღუნვების გამოსახულებებში რიცხვითი კოეფიციენტებია, მიიღება ისეთი ფირფიტების (ან ურთიერთგადაძვეთი წამწეების) ანალოგიურად, რომლთა გეომეტრიული, დაყრდნობისა და დატვირთვის სქემები ემთხვევა გასაანგარიშებელი სტრუქტურის სქემას;

q_d, q_n - გადახურვაზე მოსული საანგარიშო და ნორმატიული დატვირთვა;

$h = (1/10 \div 1/25)L$ - სტრუქტურული კონსტრუქციის საორიენტაციო სიმაღლე;

L - გადახურვის სტრუქტურული კონსტრუქციის მალი;

L_i - გეგმაში ოთკუთხა ფორმის გადახურვისას სტრუქტურული კონსტრუქციის მოკლე მალი;

$[f]$ -გადახურვის დასაშვები ჩაღუნვა;

$R_{y.mi}$ და $R_{y.ms}$ - სტრუქტურული კონსტრუქციის ქვედა და ზედა სარტყლის ღეროებში გამოყენებული მასალის საანგარიშო წინაღობები;

$\eta = 0.77$ - სტრუქტურული კონსტრუქციის გრების გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი ($\eta = 1.0$ როდესაც გრებას ადგილი არა აქვს);

$\varphi_m = \sum \varphi_i A_i / \sum A_i$ - ზედა სარტყლის შეკუმშული ღეროების გასაშუალებული გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი, აქ A_i - i-ური ღეროს განიკვი კვეთის ფართობი, ხოლო φ_i - i-ური ღეროს გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი;

E – მასალის დრეკადობის მოდული.

ზემოთ მოყვანილი სტრუქტურული კონსტრუქციის მინიმალური სიმაღლის განსაზღვრის ფორმულაში გათვალისწინებულია ზედა და ქვედა სარტყლების მდგრადობისა და სიმტკიცის პირობები, კერძოდ:

$$\left. \begin{aligned} N_{\min}^{\text{ზ.ბ}} &\leq \phi \cdot R_y \cdot A_{\min} \\ N_{\min}^{\text{ქ.ბ}} &\leq R_y \cdot A_{\min} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

ასევე, გათვალისწინებულია კონსტრუქციის ზღვრული ჩაღუნვები:

$$f_{\max} \leq [f] \quad (16)$$

ზემოთ მოყვანილი სტრუქტურული კონსტრუქციის (14) ფორმულით განსაზღვრული მინიმალური სიმაღლის მნიშვნელობის შეცვლა პროექტირებისას არ არის რეკომდირებული, რადგანაც თუ მისი მნიშვნელობა მიღებული იქნება h_{\min} -ზე ნაკლები, მაშინ კონსტრუქციის სარტყლებში იქნება დაუძაბავობა და მათი განივი კვეთების დანიშვნა უნდა ჩატარდეს მეორე ზღვრული მდგომარეობის პირობებით ($f_{\max} \leq [f]$), ხოლო, თუ მისი მნიშვნელობა მიღებული იქნება h_{\min} -ზე მეტი, მაშინ კონსტრუქციის ჩაღუნვები დასაშვებზე ნაკლები იქნება, ანუ პირველი ზღვრული მდგომარეობა დადგება მეორეზე ადრე. ასეთ შემთხვევაში კონსტრუქციის ელემენტების ზიდვის უნარის უზრუნველყოფისას შეუძლებელია სარტყლების დრეკადპლასტიკურ სტადიაში მუშაობისას მათი ზიდვის უნარის რეზერვების გამოყენება.

მესამე თავში მოცემულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის გაანგარიშებისათვის სიხისტის მატრიცის განსაზღვრის (ჩაწერის) ზოგადი პრინციპები. გაანგარიშება წარმოებს სასრული ელემენტების საფუძველზე გადაადგილებათა მეთოდით.

ელემენტის კვანძურ ძალებსა და კვანძების გადაადგილებებს შორის არსებობს შემდეგი კავშირი:

$$\vec{N} = r\vec{\omega}, \quad (17)$$

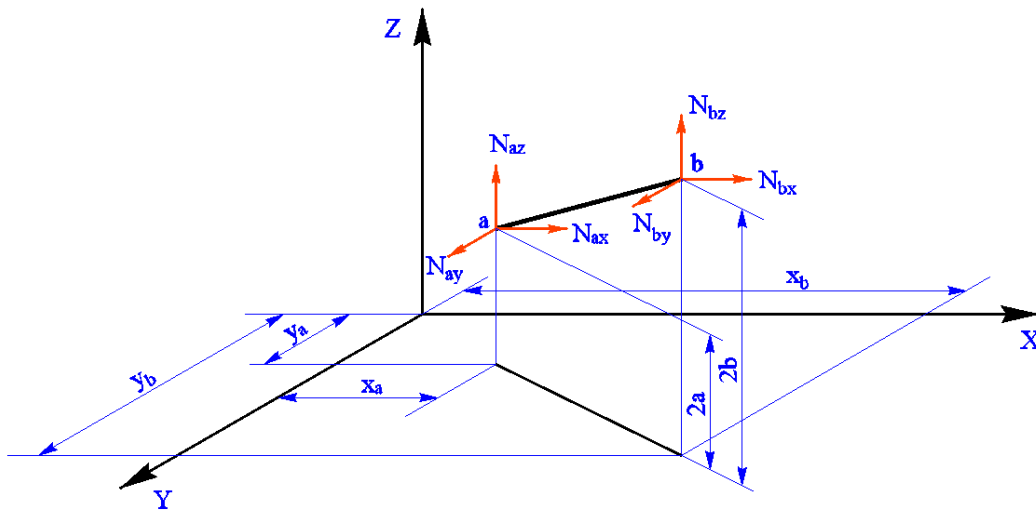
სადაც \vec{N} - კვანძების ძალების ვექტორთა სვეტი; r - ღეროს სიხისტის მატრიცა; \vec{w} - კვანძური გადაადგილებების ვექტორთა სვეტი.

არადეფორმირებული სქემის მიხედვით ღეროს კვანძებში სახსრული შეერთებისას სიხისტის მატრიცა ჩაიწერება შემდეგნაირად (როდესაც ღერო ab ორიენტირებულია კოორდინატების უძრავი მართკუთხა სისტემის მიმართ (ნახ.3.1)):

$$\vec{N}_{ab} = \begin{Bmatrix} \vec{N}_a \\ \vec{N}_b \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} r_{aa} & r_{ab} \\ r_{ba} & r_{bb} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \vec{w}_a \\ \vec{w}_b \end{Bmatrix}, \quad (18)$$

სადაც $\vec{N}_a = \begin{Bmatrix} N_{ax} \\ N_{ay} \\ N_{az} \end{Bmatrix}$, $\vec{N}_b = \begin{Bmatrix} N_{bx} \\ N_{by} \\ N_{bz} \end{Bmatrix}$ - განზოგადებული ძალების ვექტორები a და b კვანძებში

საკოორდინატო ღერძების მიმართულებით;



ნახ.19. არადეფორმირებული სქემა ღეროს სიხისტის მატრიცის ასაგებად

$\vec{w}_a = \begin{Bmatrix} u_a \\ v_a \\ w_a \end{Bmatrix}$, $\vec{w}_b = \begin{Bmatrix} u_b \\ v_b \\ w_b \end{Bmatrix}$ - განზოგადებული a და b კვანძების გადაადგილებების ვექტორები

საკოორდინატო ღერძების მიმართულებით;

r_{aa} , r_{ab} და ა.შ. - რეაქციის კვადრატული ქვემატრიცები, ზომით 3×3 . ქვემატრიცის პირველი ინდექსი აღნიშნავს კვანძის ნომერს, ხოლო მეორე ინდექსი კვანძის გადაადგილებას.

წრფივი ამოცანის შემთხვევაში:

$$r_{ab} = r_{ba} = \begin{vmatrix} r_{xx} & r_{xy} & r_{xz} \\ r_{yx} & r_{yy} & r_{yz} \\ r_{zx} & r_{zy} & r_{zz} \end{vmatrix} = \frac{D_n}{\ell} \begin{vmatrix} n_x^2 & n_x n_y & n_x n_z \\ n_y n_x & n_y^2 & n_y n_z \\ n_z n_x & n_z n_y & n_z^2 \end{vmatrix} = \frac{D_n}{\ell} K \quad (19)$$

$$r_{aa} = r_{bb} = -r_{ab} \quad (20)$$

სადაც n_x, n_y, n_z - ღეროს მიმმართველი კოსინუსები; ℓ - ღეროს სიგრძე; D_n - ღეროს სიხისტე გრძივი ძალის მოქმედებისას?

მუშაობის დრეკად სტადიაში ღეროზე ძალის ცენტრალური მოქმედებისას მისი სიხისტე ტოლია $D_n = EA$.

ასევე წარმოდგენილია შემოთავაზებული კონსტრუქციისთვის გაანგარიშების საფუძვლები ჩვეულებრივ (კლიმატურ) ტემპერატურულ ზემოქმედებაზე, სადაც ტემპერატურული ზემოქმედებისას გადაადგილებათა მეთოდის წონასწორობის მატრიცულ განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$R\bar{\omega} = \bar{N}_t, \quad (21)$$

აქვე განხილულია ამაღლებული ტემპერატურის დროს გადაადგილებათა მეთოდის მატრიცული არაწრფივი განტოლების შედგენის საკითხები.

გაანგარიშება წარმოებს ბიჯური მეთოდის გამოყენებით ღეროს ბოლოების დაახლოებებზე და გახურების ტემპერატურის ნაზრდზე წრფივი გაფართოების გათვალისწინების გარეშე. ბიჯური მეთოდის პროცედურა აგებულია ისეთნაირად, რომ გაანგარიშების თითოეულ ბიჯზე სრულდება მოდელის კვანძების დაახლოების ანალიზი თითოეული პანელის ფარგლებში. მასალის დენადობის დეფორმაციების წარმოშობისას წარმოებს მოდელის შესაბამისი ელემენტების განივი კვეთის გადაანგარიშება პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების ზონების სიდიდის მიხედვით.

რადგან ფოლადის დენადობის ზღვარი ტემპერატურის მომატებისას მცირდება, ხდება ძაბვის გადანაწილება პლასტიკური ზონიდან დრეკად ზონაზე, რაც გათვალისწინებულ უნდა იქნეს გაანგარიშებაში. თუ ღეროს ბოლოების დაახლოება გაანგარიშების თითოეულ ბიჯზე მითითებული იქნება თანაბარი სიდიდით, მაშინ ფარდობითი დეფორმაციები თითოეული უბნის ფარგლებში მოცემულ და წინა ბიჯებზე ახლოს იქნება ერთმანეთთან. აღნიშნულ შემთხვევაში პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების ზონებში უბნების განივი კვეთი ჩანაცვლებულ იქნება პირობითი სიდიდეებით (რომლებსაც გააჩნია უარყოფითი მნიშვნელობა), რომლებიც გაანგარიშების i -ური ბიჯისთვის განისაზღვრება ფორმულით

$$A_i^* = \frac{(\sigma_{T,i} - \sigma_{T,i-1})A_i}{\Delta\varepsilon_{i-1}E_{t,i}} \quad (22)$$

სადაც A_i - არის უბნის განივი კვეთის ფართობი; $\Delta\varepsilon_{i-1}E_{t,i}$ - ღეროს განსახილველი უბნის ფარდობითი დეფორმაცია გაანგარიშების წინა ბიჯზე.

შემდეგ განისაზღვრება A და I ღეროს დაყვანილი მნიშვნელობები თითოეული პანელის ფარგლებში, რომლებიც მონაწილეობენ მუშაობაში და ითვალისწინებენ პლასტიკური დეფორმაციების განვითარებას როგორც ღეროს სიგრძეზე, ასევე დრეკადი ბირთვის ზომაზე, რომელიც შეესაბამება ნეიტრალური ღერძის გადაადგილების დეფორმაციებს, და ასევე უბნების დეფორმატულობის გაზრდას პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების ზონაში ძაბვის ვარდნის ხარჯზე გახურების ტემპერატურის მომატებით და ღეროს დრეკად ნაწილზე მათი გადანაწილებით.

გარეცენტრულად შეკუმშული ღეროს მყისი სიხისტის გამოსახულებას, მისი მუშაობის ჩათვლით კრიტიკული ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ, აქვს შემდეგი სახე:

$$D_m = \frac{\Delta N_i E_{t,i-1} + N_{i-1} (E_{t,i-1} - E_{t,i})}{\Delta\varepsilon E_{t,i-1}} \quad (23)$$

სადაც i - არის გაანგარიშების ბიჯის ნომერი; ΔN_i და $\Delta\varepsilon_i$ - შესაბამისად გრძივი ძაბვის ნაზარდისა და ღეროს ბოლოების დაახლოების საორიენტაციო მნიშვნელობებია წრფივი გაფართოების გათვალისწინების გარეშე გაანგარიშების მოცემულ ბიჯზე.

მუშაობის დრეკად სტადიაზე გარეცენტრულად გაჭიმული ღეროს მყისი სიხისტის გამოსახულებას აქვს შემდეგი სახე

$$D_m = \frac{E_{t,i} A l}{l + A e^2}, \quad (24)$$

ცენტრულად გაჭიმულ ღეროს დრეკად-პლასტიკურ სტადიის i -ური ეტაპზე გახურება, ტემპერატურის $\Delta t^0 C$ მომატებისას, იწვევს ძაბვის სიდიდის ცვლილებას, რომელიც არ არის დამოკიდებული გაჭიმვის დეფორმაციების სიდიდეზე და ტოლია

$$\Delta N_i = (\sigma_{T,i} - \sigma_{T,i-1}) A \quad (25)$$

სადაც $\sigma_{T,i}$; $\sigma_{T,i-1}$ - არის ფოლადის დენადობის ზღვარი ღეროს გახურების ტემპერატურის მიხედვით, შესაბამისად გაანგარიშების i და $i-1$ ბიჯებზე, რომელიც განისაზღვრება ცხრილების მიხედვით.

სტრუქტურული კონსტრუქციების გაანგარიშება ცეცხლმედეგობაზე წარმოებს შემდეგი თანამიმდევრობით:

1) ხანძრის დროს სისტემის დატვირთვა ბუნებრივი (ნორმალური) ტემპერატურიდან მის (დატვირთვის) საანგარიშო მნიშვნელობის მიღწევამდე;

2) ხანძრის პირობების მიხედვით სისტემის ელემენტების გაცხელება (გახურება) მასში ზღვრული მდგომარეობის დადგომამდე.

ტემპერატურულ ზემოქმედებებზე გაანგარიშების განხორციელება წარმოებს 2-3 ეტაპად თანამიმდევრული მიახლოების მეთოდით. თითოეულ ეტაპზე გაანგარიშება წარმოებს გახურების ბიჯური მეთოდის გამოყენებით ცვალებადი სისტემის წარმოქმნამდე. ხანძრის განვითარების პროცესი მიეთითება დროის მცირე შუალედებით, ღეროების გახურების ტემპერატურა განისაზღვრება სტანდარტული ხანძრის პირობების მიხედვით გარემოს ერთგვაროვანი ტემპერატურული ველის შემთხვევისათვის. იმ შემთხვევაში თუ ხანძრის პირობებისთვის არსებობს არაერთგვაროვანი ტემპერატურული ველის რეალური მონაცემები, მაშინ გაანგარიშებაში რეკომენდებულია ღეროს (კონსტრუქციაში მათი განლაგების მიხედვით) გახურების არათანაბრობის გათვალისწინება.

თითოეული ბიჯი მოიცავს: ღეროების გახურების ტემპერატურის განსაზღვრას; ღეროების მყისი სიხისტის განსაზღვრას მათში მოქმედი ძალებისა და მოცემული ტემპერატურის დროს ფოლადის მექანიკური მახასიათებლების მიხედვით; კანონიკური განტოლებების სისტემების ჩამოყალიბებასა და ამოხსნას (გადაწყვეტას) ღეროებს შორის ტემპერატურის გადანაწილების მიღებული პირობებისათვის; ღეროებში კვანძებისა და ძალების გადაადგილების განსაზღვრას და კვანძების წონასწორობის შემოწმებას.

ზღვრული მდგომარეობის დადგომის კრიტერიუმს წარმოადგენს, დროის მცირე შუალედში, ჩაღუნვების მკვეთრი მატება.

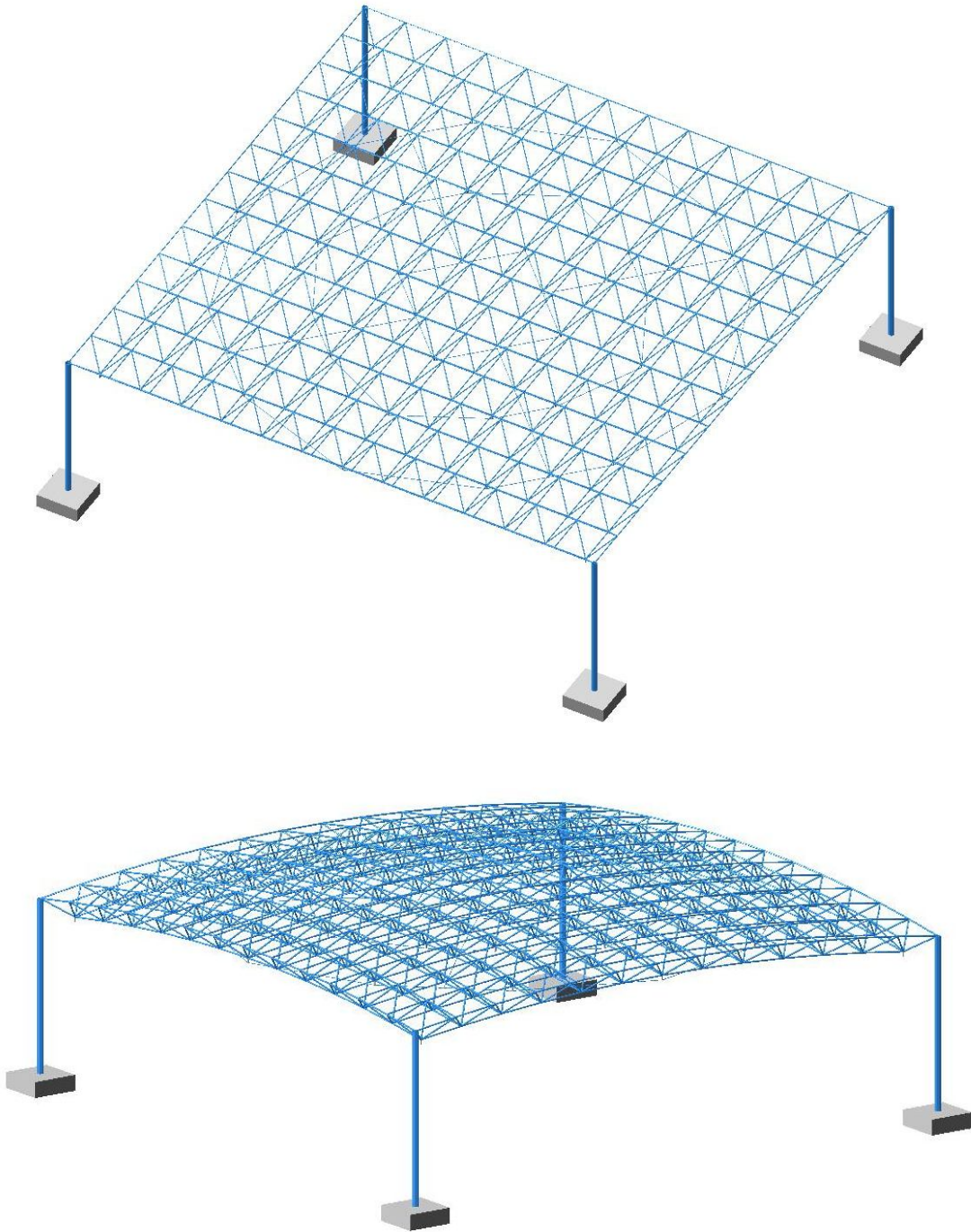
გაანგარიშების თითოეულ ბიჯზე (პირველ მიახლოებისას) გარეცენტრულად შეკუმშული ღეროების მყისი სიხისტეები, რომლებიც განისაზღვრება ფორმულით (23) ამ ღეროებში ΔN მიახლოებული მნიშვნელობების მიხედვით, რომლებიც მიღებულია წინა ბიჯის შედეგებით, ხოლო გაჭიმულები - ფორმულით (24). პლასტიკური დეფორმაციების განვითარების მომენტიდან ღეროების მყისი სიხისტეები უტოლდება ნულს. მოცემულ ეტაპზე დრეკად-პლასტიკურ სტადიაზე გათვალისწინებულია ძალების შემცირება მხოლოდ გაჭიმულ ღეროებში. ეს ხორციელდება შესაბამისი ძალების მოდებით, რომლებიც განისაზღვრება ფორმულით (25), კონსტრუქციის ღეროების მიერთების კვანძებთან.

გაანგარიშების შედეგად ვლებულობთ კვანძების გადაადგილებას, ღეროებში გახურების ტემპერატურასა და ძალებს ხანძრის განვითარების მთელ პროცესისას.

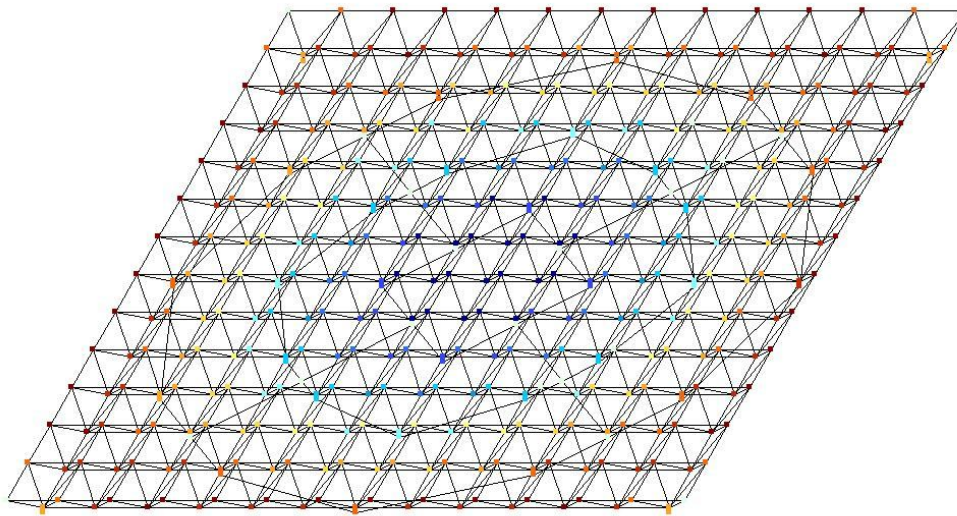
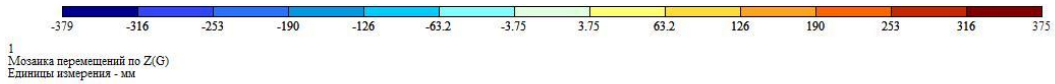
საპირისპირო (შექცეული) ნიშნის დეფორმაციების წარმოშობისას ღეროები მიიჩნევა დრეკად სტადიაში მომუშავედ.

გაანგარიშება მთავრდება მოცემულ და წინა ეტაპებზე მიღებული შედეგების დამთხვევამდე (გატოლებამდე).

შემოთავაზებული კონსტრუქციების სამივე ვარიანტი გაანგარიშებულია სასრულ ელემენტებზე დაფუძნებული ტიპური პროგრამის გამოყენებით („LiRa-9.6“). გაანგარიშება ჩატარებულ იქნა, როგორც ერთიანი სივრცითი სისტემა დრეკად ფუძეზე. (ნახ.20)–ზე წარმოდგენილია სტრუქტურული კონსტრუქციების ბრტყელი და ორმაგი სიმრუდის სივრცითი მოდელების საერთო ხედები.



ნახ.20. სტრუქტურული კონსტრუქციების სივრცითი მოდელები.



ნახ.21. წინასწარდამაბული სტრუქტურული კონსტრუქციის სივრცითი მუშაობისას მისი კვანძების ჯამური გადაადგილებები Z ღერძის გასწვრივ დატვირთვების განსაკუთრებული შეხამებისას.

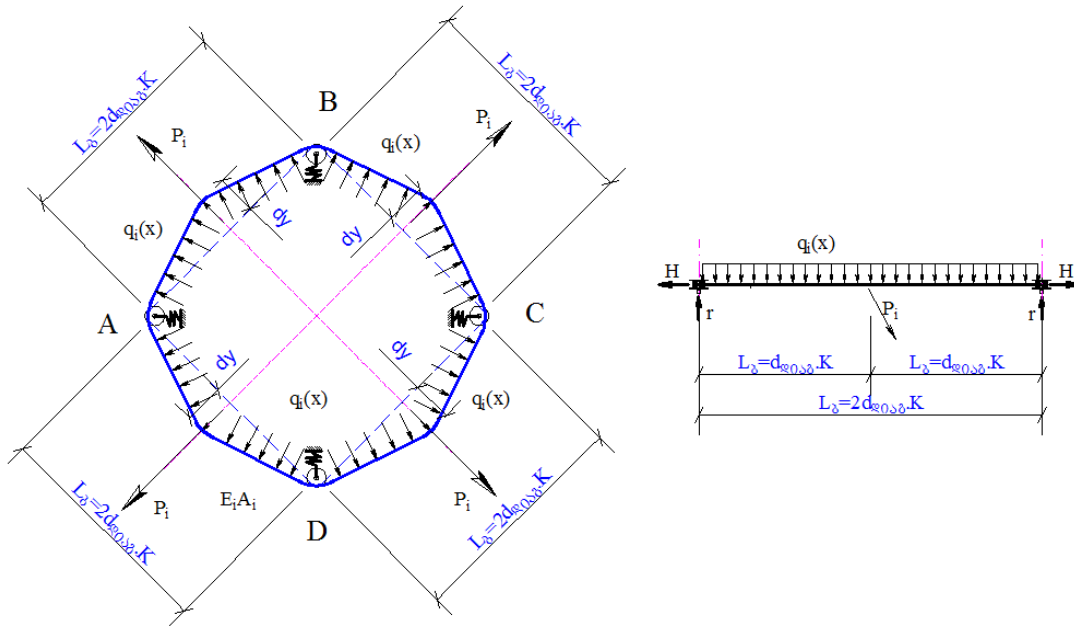
ამ თავში აგრეთვე განხილულია რეგულარული (სტრუქტურული) სისტემების მოქნილი ელემენტების გაანგარიშება დიფერენცირებული სქემის გამოყენებით, კერძოდ:

ჩაკეტილი კონტურის მქონე ბაგროვანი საკოჭის გაანგარიშება

ახალი ტიპის გეგმაში ოთხკუთხა ფორმის შემოთავაზებული წინასწარდამაბული კონსტრუქციის (სივრცითი ბლოკის) მოქნილი ჩაკეტილი კონტურის მქონე მთლიანი ძაფი შესრულებულია მაღალი სიმტკიცის ბაგროვანი საკოჭისაგან, რომელიც გატარებულია კონსტრუქციის კუთხეებში შემკრავ ხისტ კვანძებში განთავსებულ ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ ცილინდრულ საგორავებზე. აღნიშნული ელემენტის მუშაობა განაპირობებს შემოთავაზებული კონსტრუქციაში ყველა ელემენტში ძაბვების მოხერხებულ რეგულირებას.

ჩაკეტილი კონტურის მქონე ბაგროვან საკოჭში ძაღვის განსაზღვრა წარმოებს მოქნილი ძაღვის სტატიკური თეორიის გამოყენებით. საანგარიშო სქემა მოყვანილია (ნახ.22) – ზე, სადაც $AB = BC = CD = AD = L_0 = 2d_{\text{ლიაგ}} \cdot K$.

სადაც K არის ჩაკეტილი კონტურის მქონე ბაგროვანი საკოჭების რიგითი ნომერი.



ნახ.22. — ჩაკეტილი კონტურის მქონე ბაგროვანი საკოჭის საანგარიშო სქემა.

ჩაკეტილი კონტურის კუთხეებში მოთავსებულია უძრავი ბლოკები, რომლებზედაც გადადის ბაგირი. ბლოკებს გააჩნით ბრუნვის საშუალება საკუთარი ღერძის მიმართ. ბაგირსა და ბლოკებს შორის ხახუნის ძალებს ამჯერად მხედველობაში არ ვღებულობთ.

ბაგირი ყველა მალში იმყოფება განივი დატვირთვის ქვეშ, კერძოდ საკუთარი წონის $q(x)$ და ჰორიზონტალურად მოქმედი შეყურსული დატვირთვის $P_i (i = 1, 2, 3, 4)$ სახით.

ბაგირის საწყისი გეომეტრიული პარამეტრები შემდეგია:

$$\omega_i = E_i A_i \quad (i = 1, 2, 3, 4) \quad (26)$$

$$n_i = \frac{l_i^2}{f_i^2} ; \quad m_i = l_i + \frac{8}{3} \cdot \frac{l_i}{n_i^2} \quad (i = 1, 2, 3, 4) \quad (27)$$

$$m_i = l_i + \frac{8}{3} \cdot \frac{f_i^2}{l_i} \quad (i = 1, 2, 3, 4) \quad (28)$$

თუ მივიღებთ დამოუკიდებელ ცვლად ფუნქციად ძაფის სიხისტეს გაჭიმვაზე $\omega_i = E_i A_i$ და საძიებელ ფუნქციად ძაფის განმბჯენს, მაშინ შესაძლებელია დაიწეროს მუშაობის განტოლებები.

ვიპოვოთ გარე და შიგა ძალების მუშაობა ძაფის სიხისტის მცირე, მაგრამ სასრულო ცვლილებებით $\delta\omega_i$ -ით გამოწვეულ ვირტუალურ (შესაძლო) გადაადგილებებზე.

განმბჯენი H მიიღებს ნაზრდს δH -ს, მაშინ წონასწორობის განტოლება იქნება:

$$M(x) = (H + \delta H)(y - \delta y); \quad y - \delta y = M(x) / (H + \delta H) \quad (29)$$

შესაძლო გადაადგილების (ლაგრანჟის) პრინციპის საფუძველზე გარე ძალების მუშაობისა და შიგა ძალების მუშაობის ჯამი უდრის ნულს.

$$V_1 + V_2 = 0 \quad (30)$$

მცირე გარდაქმნების საფუძველზე, გარე ძალების მუშაობა კონტურის ყველა უბანზე იქნება:

$$V_1 = - \sum_{i=1}^n \int_0^{l_i} \frac{M_i(x) \delta H}{(H + \delta H)H} \cdot q_i(x) dx \quad (i = 1, 2, 3, 4) \quad (31)$$

ან

$$V_1 = - \frac{D \delta H}{(H + \delta H)H} \quad (32)$$

სადაც

$$D = \sum_{i=1}^n \int_0^{l_i} M_i(x) q_i(x) dx = \sum_{i=1}^n \int_0^{l_i} Q_i^2(x) dx; \quad (n = 1, 2, 3, 4) \quad (33)$$

შიგა ძალების მუშაობა დაჭიმულობის ნაზრდზე კონტურის ყველა უბნისათვის იქნება:

$$V_2 = - \sum_{i=1}^n \frac{(\omega_i \delta H - H \delta \omega_i)}{(\omega_i - \delta \omega_i)} \cdot (H + \delta H) \cdot \frac{l_i m_i^3}{\omega_i} = -(H + \delta H) \sum_{i=1}^n \frac{(\omega_i \delta H - H \delta \omega_i) l_i m_i^3}{(\omega_i - \delta \omega_i) \omega_i}; \quad (i = 1, 2, 3, 4); \quad (34)$$

შემოვიტანოთ აღნიშვნა:

$$D = \sum_{i=1}^n D_i; \quad (i = 1, 2, 3, 4) \quad (35)$$

ანუ

$$\frac{\delta H \sum_{i=1}^n D_i}{(H + \delta H)H} + (H + \delta H) \sum_{i=1}^n \frac{(\omega_i \delta H - H \delta \omega_i) l_i m_i^3}{(\omega_i - \delta \omega_i) \omega_i} = 0; \quad (i = 1, 2, 3, 4) \quad (36)$$

გარდავქმნათ (36) განტოლება და გადავიდეთ ზღვარზე, როდესაც $\delta H \rightarrow 0$ და $\delta \omega \rightarrow 0$ მივიღებთ:

$$\sum_{i=1}^n \frac{d\omega_i}{dH} - \frac{1}{H} \sum_{i=1}^n \omega_i = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{H^4 \sum_{i=1}^n l_i m_i^3} \sum_{i=1}^n \omega_i^2 \quad (37)$$

(37) დიფერენციალური განტოლებათა სისტემა წარმოადგენს ბერნულის ტიპის განტოლებათა სისტემას. მუდმივების განსაზღვრის შემდეგ საბოლოოდ მივიღებთ დამოკიდებულებას ჩაკეტილ კონტურში მოქნილი ძაფის განმზღვენსა და მოქმედ დატვირთვებს შორის:

$$H^3 + \frac{8}{3} \sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{n_i^2 m_i^3} \cdot H^2 - \sum_{i=1}^n \frac{D_i \omega_i}{2 l_i m_i^3} = 0; \quad (i = 1, 2, 3, 4) \quad (38)$$

ერთმალისანი მოქნილი ძაფის შემთხვევაში ფორმულა (38) ემთხვევა ე.წ. ე. სიდოვიჩის ფორმულას ($i = 1$) ;

$$H^3 + \frac{8}{3} \frac{\omega}{n^2 m^2} = \frac{D\omega}{2lm^3}; \quad (39)$$

აქ D დატვირთვის პარამეტრია, რომელიც წარმოადგენს განსაზღვრულ ინტეგრალს.

თანაბრად განაწილებული და შეყურსული დატვირთვების ერთდროულად მოქმედების შემთხვევაში D_i შეიძლება გამოვთვალოთ შემდეგი გზით:

$$D_i = \int_0^{l_i} Q_i^2 dx = \frac{q_i^2 l_i^3}{12} + \frac{P^2 l_i}{4} + \frac{q_i l_i^2 P_i}{4} \quad (40)$$

მოქმედი დატვირთვებისგან აღძრული რეაქცია საგორავებზე გამოითვლება ფორმულით:

$$r_A = r_B = r_C = r_D = \frac{q_1 l_1}{2} + \frac{P_1}{2} + \frac{q_2 l_2}{2} + \frac{P_2}{2} \quad (41)$$

საბოლოოდ ბაგირში აღძრული ძალვა მოქმედი დატვირთვებისგან გამოითვლება ფორმულით:

$$T = \sqrt{r^2 + H^2} \quad (42)$$

ჩაკეტილი კონტურის მქონე ბაგიროვანი საკოჭი წარმოადგენს ახალი ტიპის გეგმაში ოთხკუთხა ფორმის ნაგებობის გადახურვის წინასწარდამაბული სივრცითი სტრუქტურული კონსტრუქციის ერთ-ერთ ელემენტს.

განგარიშება ჩატარებულია მოქნილი ძაფის სტატიკური თეორიის გამოყენებით, დიფერენცირებული საანგარიშო სქემის მიხედვით. შედეგია ის, რომ განსაზღვრულია (დიფერენცირებული საანგარიშო სქემის გამოყენებით) ბაგიროვან საკოჭში ძალვის გამოსათვლელი ფორმულა.

განსაზღვრულია წინასწარდამაბვის ძალის სიდიდის დანაკარგები ახალი ტიპის კონსტრუქციის საკოჭის ცილინდრული საგორავის პოჭოჭიკებში.

შემოთავაზებული ახალი ტიპის წინასწარდამაბული კონსტრუქციის (სივრცითი ბლოკის) მოქნილი მთლიანი ძაფი შესრულებულია მაღალი სიმტკიცის ბაგიროვანი საკოჭისაგან, რომელიც გატარებულია კონსტრუქციის კუთხეებში შემკრავ ხისტ კვანძებში განთავსებულ ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ ცილინდრულ საგორავებზე. აღნიშნული პირობების გამო ბაგიროვან საკოჭსა (მოქნილი ძაფი) და საგორავების ზედაპირებს შორის ხახუნისაგან წინასწარდამაბვის ძაბვის დანაკარგების უგულვებელყოფა შეიძლება, ხოლო

ცილინდრული საგორავების პოჭოჭიკების ხახუნისა და საკოჭის სიხისტის გავლენის გათვალისწინება აუცილებელია.

მთლიანი (უწყვეტი) ბაგროვანი საკოჭის მოსაწყობად საჭირო ცილინდრული საგორავის სქემა (განშლა) მოცემულია ნახ.23-ზე.

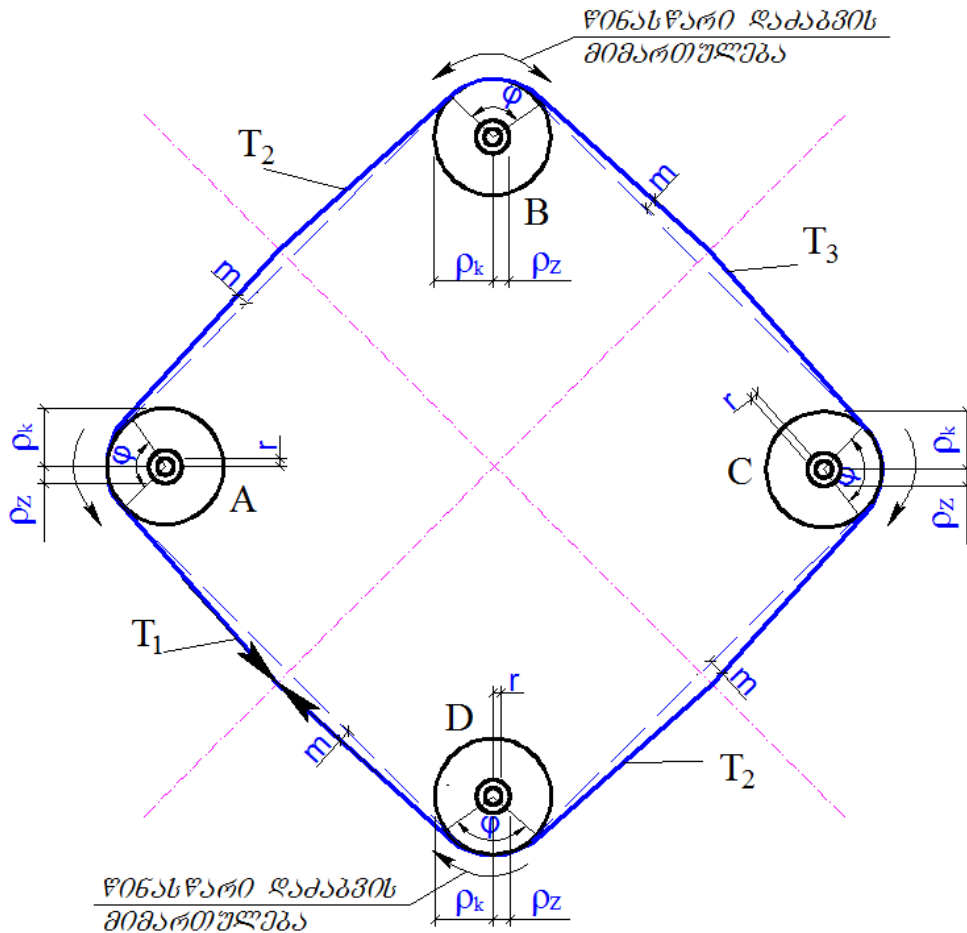
ზოგადად ხახუნისაგან გამოწვეული ზემოქმედების განსაზღვრა წარმოებს კულონის კანონის მიხედვით:

$$T_R = \mu_R \cdot N \quad (43)$$

სადაც T_R – ხახუნისაგან აღძრული ძალაა;

μ_R – ხახუნის კოეფიციენტი;

N – ზედაპირზე მკუმშავი მიმჭერი ძალის რეაქციის ნორმალური მდგენელი.



ნახ.23. — უწყვეტი ბაგროვანი საკოჭის ცილინდრულ საგორავზე შემოტარების (მოწყობის) სქემა, საკოჭის დაუძაბავი (უწყვეტი ხაზით) და დაძაბული (წყვეტილი ხაზით) მდგომარეობის შემთხვევაში.

განსახილველ შემთხვევაში ხახუნისაგან გამოწვეული ზემოქმედება ვლინდება მომენტის სახით, რომლის მიმართულება საპირისპიროა ცილინდრული საგორავის ბრუნვითი მოძრაობისა.

$$M_z = A \cdot r \quad (44)$$

სადაც $r = P_z \cdot \mu_{ZR}$ – ხახუნის მრუდის რადიუსი;

A – პოჭოჭიკებში აღძრული რეაქციაა;

μ_{ZR} – ხახუნის კოეფიციენტი პოჭოჭიკში.

წინასწარდამაბული საკოჭის სიხისტის ხახუნის გავლენა გამოიხატება ბერკეტის m მხარით, რომელიც გამოსახავს საკოჭის მდებარეობიდან გადახრას აბსოლუტურად მოქნილი ბოჭკოებიანი საკოჭის მდგომარეობის მიმართ (ნახ.1). ვინაიდან პოჭოჭიკზე გადატარებულ საკოჭში ძალები ტოლი უნდა იყოს, შეგვიძლია დავწეროთ წინასწორობის პირობა, რომლის მიხედვით ვღებულობთ:

პირველ საგორავზე გადატარებისას

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{\rho_k + m + r (\sin \phi - \cos \phi)}{\rho_k - m - r} \quad (45)$$

მეორე საგორავზე გადატარებისას

$$T_3 = T_2 \cdot \frac{\rho_K + m + r (\sin \phi - \cos \phi)}{\rho_K - m - r} \quad (46)$$

(3) და (4) განტოლებებიდან გამოითვლება წინასწარდამაბვის დანაკარგები, შესაბამისად ცალკეულ საგორავზე გადაცემის შემდეგ:

$$\Delta T_2' = T_1 \left(1 - \frac{\rho_K - m - r}{\rho_K + m + r (\sin \phi - \cos \phi)} \right) \quad (47)$$

$$\Delta T_3' = T_2 \left(1 - \frac{\rho_K - m - r}{\rho_K + m + r (\sin \phi - \cos \phi)} \right) \quad (48)$$

ჯამური დანაკარგები

$$\sum \Delta T_v' = \Delta T_2' + \Delta T_3'$$

დამატებითი ძალა ხახუნისაგან ცალკეული საგორავების გავლის შემდეგ გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta T_2 = T_2 \left[\frac{\rho_K + m + r (\sin \phi - \cos \phi)}{\rho_K - m - r} \right] \quad (49)$$

$$\Delta T_3 = T_3 \left[\frac{\rho_K + m + r (\sin \phi - \cos \phi)}{\rho_K - m - r} \right] \quad (50)$$

ჯამური დამატებითი ძალა ხახუნისაგან

$$\sum \Delta T_v = \Delta T_2 + \Delta T_3 \quad (51)$$

მიღებული ძალის სიდიდე გაითვალისწინება წინასწარდამაბვის ძალის სიდიდის დადგენისას.

ამ პარაგრაფში წარმოდგენილი ახალი ტიპის გეგმაში ოთხკუთხა ფორმის წინასწარდამაბულ კონსტრუქციაზე მოქმედი დატვირთვების ზემოქმედებისას და ჩაკეტილი კონტურის მქონე ბაგიროვანი საკოჭის წინასწარდამაბვისას განსაზღვრულია ცილინდრული საგორავების პოჭოჭიკებზე ხახუნისაგან წარმოქმნილი დანაკარგები, რომელის მნიშვნელობაც გასათვალისწინებელია საკოჭის წინასწარი დამაბვის ძალის განსაზღვრის დროს.

მეოთხე თავში მოცემულია შემოთავაზებული და ტიპური კონსტრუქციების აგების ტექნოლოგია. შემოთავაზებული კონსტრუქციის წინასწარი დამაბვის განხორციელების ტექნოლოგია.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის, გეგმაში ოთხკუთხა ფორმის L ძალის შენობების გადახურვის H სიმაღლის წინასწარდამაბული სივრცითი კონსტრუქციის მონტაჟი ხორციელდება შემდეგი თანმიმდევრობით: სამშენებლო მოედანზე სტრუქტურული ფილის 1 (ნახ.1) აკრება ხდება ქარხნული წესით დამზადებული ღეროვანი პირამიდებისაგან 2 (ნახ.6, ნახ.7), რომელიც შედგენილია ზედა სარტყლის ღეროვანი ელემენტებისაგან და წვეროსთან ჯვრისებრი ფურცლოვანი ელემენტებით 11 შეერთებული დახრილი ირიბნებისაგან. წინასწარ განსაზღვრულ პირამიდებს წვეროებზე მიმაგებელი აქვს ბლოკები 4 და კრონშტეინები 5, პირამიდების წვეროები ერთმანეთთან შეერთებულია ქვედა სარტყლის 3 მილოვანი ელემენტებით. ბლოკებზე გადატარებულია ქუროთი 13 (ნახ.4) ადჭურვილი მოქნილი ელემენტები 6, რომელთა გვერდების შუა ადგილებში მაგრდება უნაგირისებური ყაუშები 7 (ნახ.3) , რომლებსაც ორთავე მხარეს გააჩნია წყვილი სარჭები-8 (ნახ.14). სტრუქტურული ფილის 1 დიაგონალური მიმართულებით ყაუშებს 7 ერთმანეთთან აერთებენ ღეროვანი ელემენტებით 9, რომლებსაც ორთავე მხარეს გააჩნია მისაერთებელი მილტუჩები-10, ხოლო სტრუქტურული ფილის 1 დიაგონალური მიმართულებით პირველი

კვანძებზე განთავსებულ კრონშტეინებისა 5 და მომიჯნავე ყაუშების 7 ერთმანეთთან შეერთება ხდება ღეროვანი ელემენტებით 9.

გადახურვის სივრცითი კონსტრუქციის წინასწარ დაძაბვა წარმოებს შემდეგნაირად: პირველ ეტაპზე წინასწარ განსაზღვრული სიდიდით ქუროს 13 გამოყენებით დაიჭიმება მოქნილი ელემენტები 6; მეორე ეტაპზე, ქანჩების 12, გამოყენებით დაიჭიმება ოთხივე კრონშტეინთან 5 არსებული ღეროები 11, რომელიც წინასწარ განსაზღვრული სიდიდით დაძაბავს საყრდენებიდან პირველი რიგის მოქნილ ელემენტებს 6. აღნიშნული მოქმედება დანარჩენი რიგების მოქნილი ელემენტების-6 ნაწილობრივ დაძაბვას გამოიწვევს; მესამე ეტაპზე ანალოგიურად დაიჭიმება სარკებზე-8 განთავსებული ქანჩებით ელემენტები-9, რომელიც წინასწარ განსაზღვრული სიდიდით დაძაბავს საყრდენებიდან მეორე რიგის მოქნილ ელემენტებს-6 და შემდეგ ეტაპებზე, ანალოგიურად დაიძაბება შემდეგი რიგების ყველა მოქნილი ელემენტები-6. ოთკუთხა ფორმის ყველა რიგის მოქნილი ელემენტები დაჭიმვის შემდეგ მიიღებს კონცენტრულ მრავალკუთხედის ფორმას რის შემდეგ წარმოებს წარმოქმნილი ფორმის ფიქსირება სარკებზე-8 დამატებითი კონტრქანჩების-12 მოწყობით. ზემოთ მითითებული სამუშაოების შემდეგ წარმოებს გადახურვის წინასწარდაძაბული სივრცითი კონსტრუქციის მონტაჟი წინასწარ დამონტაჟებულ საყრდენებზე -14.

მეხუთე თავში მოცემულია შემოთავაზებული და ტიპური კონსტრუქციების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარება.

შემოთავაზებული კონსტრუქციის ეკონომიკური ეფექტურობის შესაფასებლად წინამდებარე გაანგარიშებაში შედარებულია არსებული (ანალოგიური) და ახალი ტიპის კონსტრუქციის ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლები. ტიპურ კონსტრუქციების მახასიათებლები აღებულია ყოფილი საბჭოთა კავშირის ლენინგრადის ზონალურ საკვლევ-სამეცნიერო ექსპერიმენტალური ინსტიტუტის ალბომების მონაცემებიდან.

შერჩეულია შვიდი სახის ტიპური კონსტრუქცია:

1. ორმაგი სიმრუდის ბადისებური გარსი, დატვირთვა $q=3.5$ კნ/კვ.მ. ზომებით 36X36 მ;
2. ცილინდრული გარსი, დატვირთვა $q=3.5$ კნ/კვ.მ. ზომებით 24X42 მ;
3. ფოლადის გუმბათი, დატვირთვა $q=3.5$ კნ/კვ.მ. ზომებით 42X33.6 მ;
4. რადიანულად განთავსებული წამწეთა სისტემა (გაგლინული პროფილებით), დატვირთვა $q=3.5$ კნ/კვ.მ. ზომით $\emptyset 36$ მ;
5. ღეროვანი რეგულარული (სტრუქტურული) გადახურვა, დატვირთვა $q=3.5$ კნ/კვ.მ. ზომებით 36X36 მ;

6. ფოლადის წამწე, გადახურული რკინაბეტონის ფილებით, დატვირთვა $q=3.5$ კნ/კვ.მ. მალით 42 მ;

7. ფოლადის წამწე, ფოლადის გრძივებით, დატვირთვა $q=3.5$ კნ/კვ.მ. მალით 18 მ.

გაანგარიშება ჩატარებულია სამი ვარიანტისათვის:

1. შემოთავაზებული კონსტრუქცია შესრულებულია, როგორც გადახურვის ბრტყელი (ჰორიზონტალურად განლაგებული) სისტემა;
2. შემოთავაზებული კონსტრუქცია შესრულებულია, როგორც გადახურვის ცილინდრული ფორმის სისტემა;
3. შემოთავაზებული კონსტრუქცია შესრულებულია, როგორც გადახურვის ორმაგი სიმრუდის სისტემა.

სამივე ვარიანტი გაანგარიშებულია $q=3,5$ კნ/მ² დატვირთვაზე.

შედარება ჩატარებულია მასის, შრომის დანახარჯების და მონტაჟის დანახარჯების მიხედვით. შეფასების ძირითად კრიტერიუმად მიღებული იყო ღირებულება.

კონსტრუქციის დამზადების შრომის დანახარჯები განსაზღვრულია დღეისათვის საქართველოში არსებული დამამზადებელი ქარხნების არსებული ტექნოლოგიების გათვალისწინებით.

შედარება ჩატარებულია ცხრილური წესით და დისერტაციაში მოცემულია ცხრ.5.1÷5.5 სახით.

ტექნიკური გადაწყვეტებისა და შედეგების ანალიზიდან გამომდინარე, შემოთავაზებულ კონსტრუქციებთან ყველაზე ახლოს მდგომი ანალოგები შემდეგია:

5. ღეროვანი რეგულარული (სტრუქტურული) გადახურვა – I ვარიანტის ანალოგი;
2. ცილინდრული გარსი – II ვარიანტის ანალოგი;
1. ორმაგი სიმრუდის ბადისებური გარსი – III ვარიანტის ანალოგი.

საბოლოოდ, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ I ვარიანტის კონსტრუქციის გამოყენებისას ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს 20.17 %-ს, II ვარიანტის კონსტრუქციის გამოყენებისას 16.12 %-ს და III ვარიანტის კონსტრუქციის გამოყენებისას 28.13 %-ს.

ტიპურ და შემოთავაზებულ კონსტრუქციების საერთო (ჯამური) ღირებულება (ლ/კვ.მ.)

№№	კონსტრუქციის ტიპის დასახელება	კონსტრუქციის დამზადების, მონტაჟის და სახურავის დანახარჯები ცხრ. 5.3	მასალების დანახარჯები ცხრ.5.2-დან	ტრანსპორტირების დანახარჯები 500 კმ-ზე ტრანსპორტირებისას ცხრ.5.4-დან	კონსტრუქციის საერთო (ჯამური) ღირებულება ლ/კვ.მ.
შემოთავაზებული კონსტრუქციები					
1	გადახურვის წინასწარდამაბული რეგულარული (სტრუქტურული) სივრცითი კონსტრუქცია პატენტი P11625, (ბრტყელი გადახურვა, ვარიანტი I)	25.03	49.03	36.16	110.22
2	გადახურვის წინასწარდამაბული რეგულარული (სტრუქტურული) სივრცითი კონსტრუქცია პატენტი P11625, (ცილინდრ. გადახურვა, ვარიანტი II)	25.03	48.47	35.75	109.25
3	გადახურვის წინასწარდამაბული რეგულარული (სტრუქტურული) სივრცითი კონსტრუქცია პატენტი P11625, (ორმაგი სიმრ. გადახურვა, ვარიანტი III)	25.03	47.92	35.34	108.29
ტიპური კონსტრუქციები					
1	ორმაგი სიმრუდის ბადისებური გარსი	34.34	65.99	50.35	150.68
2	ცილინდრული გარსი	27.78	63.66	38.81	130.25
3	ფოლადის გუმბათი	65.14	62.42	21.19	148.75
4	რადიანულად განთავსებული წამწეთა სისტემა (გაგლინული პროფილებით)	72.94	104.16	24.51	201.61

5	ღეროვანი რეგულარული (სტრუქტურული) გადახურვა	53.24	62.31	22.52	138.07
6	ფოლადის წამწე, რკ/ბ.-ის ფილებით	60.27	123.51	26.09	209.87
7	ფოლადის წამწე, ფოლადის გრძივებით	40.86	87.88	8.04	136.78

ძირითადი დასკვნები

1. დამუშავებულია „შენობა-ნაგებობების გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული რეგულარული (სტრუქტურული) სივრცითი კონსტრუქცია“, დამუშავებულ ტექნიკურ გადაწყვეტილებაზე გაცემულია პატენტი №P11625 [საექსპატენტი, სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური ბიულეტენი, ნომერი 4(368), 25.02.2013 წ.]. გეგმაში ოთხკუთხა ფორმის ნაგებობის გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარდაძაბული სივრცითი კონსტრუქციის ტექნიკური გადაწყვეტა უზრუნველყოფს ანალოგიურ კონსტრუქციებში არსებულ ნაკლოვანებათა აცილებას. ახალი ტიპის კონსტრუქციის გამოყენება უზრუნველყოფს მასალის ხარჯისა და მშენებლობის ხანგრძლივობის შემცირებას, კონსტრუქციის ზიდვის უნარის ამაღლებასა და ექსპლუატაციის დროს საიმედოობის გაზრდას;

2. შემუშავებულია შემოთავაზებული კონსტრუქციის გეომეტრიული პარამეტრებისა და დატვირთვების განსაზღვრის მეთოდიკა;

3. შემუშავებულია გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული რეგულარული (სტრუქტურული) სივრცითი კონსტრუქციის სტატიკური გაანგარიშების მეთოდიკა;

4. შემუშავებულია გადახურვის ახალი ტიპის წინასწარ დაძაბული რეგულარული (სტრუქტურული) სივრცითი კონსტრუქციის ტემპერატურულ ზემოქმედებაზე გაანგარიშების მეთოდიკა;

5. დამუშავებულია ახალი ტიპის კონსტრუქციის ელემენტებში ძაბვათა მარეგულირებელი მოქნილ ელემენტთა სისტემა და მისი გაანგარიშების მეთოდიკა;

6. დამუშავებულია ძაბვათა დანაკარგების განსაზღვრა ახალი ტიპის კონსტრუქციაზე, ცილინდრული საგორავის პოჭოჭიკებში განთავსებულ (შემოტარებულ) ბაგირში;

7. დამუშავებულია ახალი ტიპის კონსტრუქციის ელემენტებისა და ძირითადი კვანძების კონსტრუქციული გადაწყვეტები;

8. შემოთავაზებული ახალი ტიპის გადახურვის წინასწარ დამაბული სივრცითი სტრუქტურული კონსტრუქციის ჩამოყალიბებული გაანგარიშების მეთოდოლოგია იმდენად მიახლოებულია კონსტრუქციის ნამდვილ მუშაობასთან, რომ მთლიანად გამორიცხულია მასში პროექტირების დროს კვანძების და ღეროვანი ელემენტების კონსტრუქციული რეზერვების არსებობა;

9. ჩატარებულია ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი. შემოთავაზებული კონსტრუქციის გამოყენებით ეკონომიკური ეფექტურობა შეადგენს, საშუალოდ, 25,5 %-ს.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შემდეგ

ნაშრომებში:

1. ლ. ფირყულაშვილი უჭიმვადი ძაფის განმზღვენის გამოთვლა და წინასწარი დაძაბვის განხორციელება მაღალი სიმტკიცის საკოჭებით“, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 78-ელია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის თეზისების კრებული, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2010. გვ. 13.
2. ბ. სურგულაძე, ლ. ფირყულაშვილი „გადახურვის წინასწარდაძაბული სივრცითი სტრუქტურული კონსტრუქცია“, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №4(19), 2010, გვ. 72-78.
3. ი. მშენიერაძე, ბ. სურგულაძე, ლ. ფირყულაშვილი – „ჩაკეტილი კონტურის მქონე ბაგროვანი საკოჭის გაანგარიშების საკითხები“, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №2(25), 2012, გვ. 115-118.
4. ლ. ფირყულაშვილი – „წინასწარდაძაბვის ძალის სიდიდის დანაკარგების განსაზღვრა ახალი ტიპის კონსტრუქციის საკოჭის ცილინდრული საგორავის პოჭოჭიკებში“, სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №3(26), 2012, გვ. 47-49.
5. ბ. სურგულაძე, ლ. ფირყულაშვილი – „გეგმაში ოთხკუთხა ფორმის ნაგებობის გადახურვის წინასწარდაძაბული სივრცითი კონსტრუქცია“, „საქპატენტი“ სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური ბიულეტენი 4(368), 25.02.2013, გვ. 8.

ABSTRACT

Building roof space - stem construction material, namely, regular (srtukturuli) systems, the role is an important part of architectural creativity, so special studies in the field and experimental studies of regular (srtukturul) systems for the architectural forms of the role of the architectural - constructional practice in this direction is important didmaliani built design.

Membranes are widely used in construction practice of prefabricated constructions connected with the improvement of the method of installation, construction, manufacturing and transportation to facilitate, with minimum use of material. The successful resolution of these issues will result in a total expenditure of energy.

Regular (structural) systems, building on a level that represents a synthesis of engineering structures and mechanisms, fails to meet its demands, it lacks a unified general theory of Earthquake Engineering, which will allow the study of structures with a systematic analysis of estimates of classification. Arasakmarisadaa treated with constructive solutions with high technical - economic and operational parameters of the hand, to the end of their use of the term is not defined in the applicable fields.

The situation is complicated by the above-described general garsebisa and regular (structural) designing and building structures, so it is important to develop a methodology that will enable us to carry out the construction of specific conditions (a seismically active region) in mind.

Regular spatial structure of the systems - the effective konstruksiebia. Their functional, technical, and artistic - aesthetic qualities makes extensive use of perspective warranty. Also, their use didmalian buildings - buildings, 20-30% - by reducing material costs.

The paper described the regular (structural) Structures negative side is that the structural slab pyramids gheroeb the power factor decrease occurs unevenly, while tsinastsardadzabvis the diagonal ganlaebuli vantebis using a structural slab attach complicates the installation, as well as the complicated concentric polygons form tsinastsardadzabuli flexible elements using the design elements of the regulation, due to the complicated structural slab gheroeb pyramids of power adjustment factors, which leads to an increase in shromatevadobis, reliability, and reduced ability to carry.

The present work, "building - building new truss-type pre-tense of regular (structural) calculation of spatial design and construction", is an attempt to solve the above problems are complex and, therefore, believe that it is relevant to the issues raised.

Work is aimed at "building - building new truss-type pre-tense of regular (structured) spatial structure", [analyzed by technical decision Sakpatenti issued patents № P11625, Official Bulletin of Industrial Property, Number 4 (368), 25.02.2013 sec.] For calculating design and development issues.

For this purpose, the structure of many kinds of structures, their advantages and disadvantages. Typical projects undertaken and also studied abroad in developed countries, the current level of technology. The study and analysis of the results can be considered a new type of tsinastsardadzabuli regular (structural) design, which must be solved, and solved the problems in the construction of technical solutions. He also developed a new constructive solutions, calculation methodology, its practical value and to determine the technical - economic efficiency assessment.

Academy in the following: The system building - building new truss-type pre-tense of regular (structured) spatial structure, in which the construction of technical solutions to the problems solved

and eliminated. Also developed a new design and calculation methodology and describes its practical values. This is clearly evidenced by the technical - economic analysis of the calculation results.

The practical value. The theoretical studies, practical experience, building norms - rules to protect and recommendations based on the proposed "a new type of tsinastsardadzabuli spatial structural design", its calculation methodology and the economic efficiency of the roof of a new type tsinastsardadzabuli regular (structured) spatial construction of (patent P11625) to use appropriate.

The proposed sale will provide to the elements of design, production and simplified installation, reduced material costs and construction time. Construction and operation of the carry capacity will be enhanced to increase its reliability.

Aprobation. The main results of the thesis were:

_ Georgian Technical University, "the civil and industrial construction" of the extended scientific seminars (Tbilisi 2011-2012 years).

Publications. The work was published 4 scientific articles on the topic, including Georgia. The patent's "Plan otkutkha shaped roof of a building (new type) tsinastsardadzabuli spatial (structural) design", which has been issued a patent by Sakpatenti.