

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ვახტანგ ტურაშვილი

სამრეწველო შენობების განივი ჩარჩოს (ღუნვადი ელემენტების) გაანგარიშების თავისებურებები

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა „მშენებლობა“. შიფრი 0406

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

თვე, 2016 წელისაავტორო უფლება © 2016 - წელი, ვახტანგ ტურაშვილი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ვახტანგ ტურაშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „სამრეწველო შენობების განივი ჩარჩოს (ღუნვადი ელემენტების) გაანგარიშების თავისებურებები“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელი: ასოც. პროფესორი ომარ ხაზარაძე
რეცენზენტი: პროფესორი შახი ბაქანიძე
რეცენზენტი: Pპროფესორი seiT bliaZe
რეცენზენტი:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2016

ii

ავტორი: ვახტანგ ტურაშვილი
დასახელება: „სამრეწველო შენობების განივი ჩარჩოს (ღუნვადი ელემენტების) გაანგარიშების თავისებურებები“

ფაკულტეტი : სამშენებლო ფაკულტეტი

აკადემიური ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: თარიღი

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

ლითონის კონსტრუქციები ფართოდ გამოიყენება სამრეწველო, სამოქალაქო და საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობა-ნაგებობებში. შენობა-ნაგებობების დაპროექტებისას მნიშვნელოვანია მისი ხანგამძლეობისა და საიმედოობის უზრუნველყოფის გათვალისწინება, რაც შესაძლებელია კონსტრუქციული ელემენტების გეომეტრიული ზომებისა და გამოყენებული მასალების ნორმების მიხედვით სწორად შერჩევით.

ლითონის კონსტრუქციების თითოეული კონსტრუქციული ელემენტი აუცილებლად უნდა აკმაყოფილებდეს სიმტკიცეს, მდგრადობას, სიხისტეს, ხანგამძლეობას, რეკონსტრუქციის შესაძლებლობას და სხვა. პირობების ამ მთლიან კომპლექსში კოჭები წარმოადგენენ ძირითად ელემენტებს, რომლებიც მუშაობენ ღუნვაზე. ლითონის შედგენილი ორტესებრი კოჭები გამოიყენება დიდი მალეებისა და დიდი დატვირთვების შემთხვევაში, წარმოადგენს საიმედო ეფექტურ ოპტიმალურ კონსტრუქციებს ფოლადის ერთგვაროვანი სტრუქტურისა და მაღალი დრეკადობის მოდულის გამო.

შედგენილი, შედუღებული ორტესებრი კოჭების გაანგარიშება სიმტკიცეზე და სიხისტეზე განხილულია მრავალი ავტორის მიერ, რომელთა შორისაც მნიშვნელოვნად უნდა ჩაითვალოს ნ.ს. სტრელეცკის, ე.ი. ბელენიასა და ა.ა. მუხანოვის შრომები.

თხელკედლიანიკოჭების მუშაობის თავისებურებების შესწავლის შემდეგ აუცილებელი გახდა დამუშავებულიყო ადეკვატური რეკომენდაციები მათი კონსტრუქციული გადაწყვეტებისა. ეს კი მიგვანიშნებს, რომ ასეთი კოჭების გამოყენება შესაძლებელია განივი სიხისტის წიბოების გამოყენებით.

კოჭები გოფრირებული კედლით უფრო ხანგრძლივად მუშაობენ დრეკად სტადიაში, ვიდრე კოჭები იგივე სისქის მოქნილი კედლით. გოფრირებულკედლიანი კოჭის სარტყელებიც მუშაობენ უკეთეს პირობებში. რადგან ისინი არ განიცდიან ღუნვას კედლის სიბრტყეში. გოფრირებულკედლიანი კოჭის დეფორმაციულობა 15%-ზე დაბალია, ვიდრე კოჭის, იგივე პარამეტრებით.

კოჭები გოფორირებული კედლით საკმაოდ თხელი ფურცელია, დამზადების შრომატევადობით და ფოლადის ხარჯის მიხედვით ისინი უფრო ეფექტურნი არიან, ვიდრე კოჭები მოქნილი კედლით. ეს შესაძლებელია სიხისტის წიბოების რაოდენობის შემცირებით, აგრეთვე გრეხვის მიმართ ამალელებული სიხისტის და კედლის შედარებით მაღალი ადგილობრივი მდგრადობით.

გოფორირებულ კედლიანი კოჭების გამოყენების სფერო გაცილებით ფართოა, ვიდრე კოჭებში მოქნილი კედლით. ისინი გამოიყენებიან ოპტიმალურად ამწყვემა კოჭებში და ყველა იმ შემთხვევაში, როდესაც კოჭებს მოეთხოვებათ მაღალი სიხისტე გრეხვაზე.

ნორმატიულ ლიტერატურაში ჯერ არ არსებობს რეკომენდაციები გოფორირებულკედლიანი კოჭების გაანგარიშების შესახებ. არსებობს მხოლოდ საკმაოდ საიმედო საინჟინრო მეთოდისა.

პერფორირებულ კედლიანი კოჭების ღუნვაზე მომუშავე ელემენტებში ფოლადის ეფექტური გამოყენების ამალეებისაკენ იდეამ ინჟინრები მიიყვანა ორიგინალურ გადაწყვეტამდე, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში, გაგლინული ორტესებრი კედელი იჭრება თანაბარი რეგულარული ბიჯით ტეხილი ხაზის ანალოგიურად. არსებობს პერფორირებულ კედლიანი კოჭების გაანგარიშების მარტივი მიდგომა დაწყებული საინჟინრო მოდელებიდან დრეკად სტადიაში, დამთავრებული დრეკადი გაანგარიშების გართულებულ მოდელებამდე სასრული ელემენტების მეთოდზე დაყრდნობით. პრაქტიკაში უფრო ხშირად გამოიყენება შედარებით მარტივი ინჟინრული გაანგარიშების სქემები.

პერფორირებული კოჭი განიხილება, როგორც რეგულარული უირიბნო სისტემა, რომლის ძირითადი ელემენტებია ჰორიზონტალური სარტყელის ნაწილები და ვერტიკალური კედლის ნაწილი ხვრეტებს შორის.

ეს მოდელი საშუალებას გვაძლევს ავაგოთ პერფორირებულ კედლიანი კოჭის ელემენტების კვეთების გაანგარიშების მიახლოებითი მოდელი. საერთო შეფასებით პერფორირებულ კედლიანი კოჭები ხასიათდებიან დამზადების ნაკლები შრომატევადობით და შედარებით ნაკლები სიმძლიერით, რაც

შესაბამისად ამცირებს ნაგებობის სამშენებლო სიმაღლეს. ე.ი. მცირდება საექსპლუატაციო დანახარჯები გათბობაზე და სხვა.

მეექვსე თავში განხილულია ჩატარებული ექსპერიმენტალური კვლევის მეთოდოლოგია, რომელიც დაფუძნებული იყო დასახული ამოცანების გადასაწყვეტად. წინასწარი თეორიული გამოთვლებით შეირჩა გოფირებული ფორმის ლითონის ორტესებრი კოჭი და მოხდა მისი გამოცდა განივ ღუნვაზე. ექსპერიმენტალური გამოცდა მოხდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტზე სამშენებლო კონსტრუქციების რკინაბეტონის ლაბორატორიაში.

კოჭი გამოიცადა სპეციალურ სტენდზე. შეყურსული ძალა მოდებული იქნა მალის შუაში სხვადასხვა დატვირთვების ქვეშ. გოფირებულ კედლიანი კოჭის კონსტრუქცია მოხდა სამშენებლო ნორმებისა და წესების დაცვით.

ექსპერიმენტით დადგენილი ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით შეიქმნა ლითონის გოფირებული კოჭის სივრცითი მოდელი და ჩატარდა ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე კოჭის არაწრფივი ანგარიში 14 საფეხურიანი იტერაციის ბიჯით. სიმტკიცეზე და სიხისტეზე გაანგარიშებისას გამოყენებულია ბელენიას მეთოდი.

ამრიგად, ლითონის გოფირებულ კედლიანი კოჭის სიმტკიცეზე და სიხისტეზე გაანგარიშების მეთოდებზე ჩატარებული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მთლიანობაში ლითონის კოჭის ელემენტები მუშაობს შეყურსული ძალის მოქმედების დროს მალის შუაში, როდესაც ერთროულად მოქმედებს მღუნავი მომენტი და განივი ძალა. გაანგარიშების ზემოთ აღნიშნული მეთოდი შეიცავს მნიშვნელოვან განსხვავებას ამტანუნარიანობის გამოთვლაში გაანგარიშების ხარისხობრივ შედეგებთან.

ექსპერიმენტის შედეგებზე დაყრდნობით მიზენშეწონილად მიგვაჩნია, შეიქმნას ლითონის ორტესებრი გოფირებული კოჭის სიმტკიცეზე გაანგარიშების განზოგადიებრივი მეთოდი, რომელიც უფრო ზუსტად გაითვალისწინებს კოჭის სიმტკიცისა და დეფორმაციულობის მახასიათებლებს და ეს მახასიათებლები უნდა დადგინდეს მხოლოდ ექსპერიმენტული კვლევით.

Abstract

The metalware are widely used in industrial, civil and public destination buildings. At design of buildings essential is to taking into account providing of its durability and reliability that will be possible by correctly selecting of structural elements geometric dimensions and properly applied materials.

In the metalware each of structural elements must meet the strength, stability, stiffness, durability, possibility of reconstruction and so on. In the entire complex of these conditions beams represents main elements that work in bending. A metal composite I beams are applied in the case of large spans and large loads, they represents reliable efficient optimal structures due homogeneous structure and high elastic modulus of steel.

The strength and stiffness analysis of composite, welded I beams is considered by many authors, among them as important will be considered the works of N.S. Streletsky, E.I. Belenia and A.A. Mukhanov.

After the studying of features of behavior of thin-walled beams will be necessary to developed adequate recommendations for their structural solutions. This means that application of such beams will be possible by use of transverse stiffening ribs.

The beams with corrugated wall more durable are working in the elastic stage, rather than the having same thickness beams with flexible wall. The flanges of beams with corrugated walls also are working in better conditions, because they do not ongoing the bending in the plane of wall. The deformability of beam with corrugated wall is up to 15% lower than the beam with same parameters.

The beams with corrugated wall are quite thin sheets, by manufacturing labor input and material consumption; they are more effective than the beams with flexible walls. This is possible by reducing the number of stiffening ribs, as well as improved stiffness on torsion and relatively high local stiffness of wall.

The scope of application of beams with corrugated walls is much broader than the beams with flexible walls. They optimally are used on crane beams and in all cases, when the from beams are required high stiffness on torsion.

In the normative literature does not yet exist the recommendations on analysis of beams with corrugated walls. There are existing only a reliable engineering method.

The application of beams with perforated walls in working under bending elements for improving the efficient use of steel leads engineers up to the idea of

solution, which lies in the following, the rolled I-shape wall was cut by regular patch in similar of broken line. There does exist a simple approach to the analysis of beams with perforated walls from the engineering models in elastic stage, ending up to elastic analysis complicated models based on the finite elements method. In practice, more often are used relatively simple engineering calculation schemes.

The perforated beam is considered as a regular brace less system whose core elements are the horizontal flange and vertical wall parts between the holes.

This model gives the possibility us to construct an approximate model of calculation of cross-section of elements of the beam with perforated wall. By the overall assessment the beams with perforated walls are characterized by less labor consumption of production and relatively low height, thus accordingly reducing the constructional depth of building. I.e. are reduced operating costs on heating and so on.

In the seventh chapter is considered the methods of carried out experimental research that was based on a solution of set tasks. Due the preliminary theoretical calculations was selected corrugated shaped metal I beam and was carried out test of lateral bending. The experimental test was carried out in the reinforced concrete laboratory of building structures of civil engineering department of Technical University.

The beam was tested on a special stand. The concentrated force has been applied in the middle of span under different loads. The design of beam with corrugated wall was carried out accordingly of construction norms and rules.

Due the determined by experiment diagram of relation between stresses and deformations was created of the spatial model of metal beam with corrugated walls and was carried out the nonlinear of simple supported on two pillars beam by 8-stage iteration step. At calculation on strength and stiffness was applied the Belenia method.

Thus, the carried out analysis based on calculation methods on strength and stiffness of metal beam with corrugated wall shows that at action of applied concentrated force on whole metal beam elements in the middle of span, when simultaneously are acting bending moment and shear force. The above mentioned calculating method includes the significant difference in comparison with qualitative results of calculation of carrying capability.

Based on the results of experiment is considered as advisable to develop a generalized method for calculation on strength of metal corrugated I beam that more accurately will take into account the characteristics of the beam strength and deformability and these characteristics will be determined only by experimental research.

შინაარსი

| | |
|---|-----|
| შესავალი | 13 |
| თავი 1 | 24 |
| 1.1. ლითონის კოჭების კლასიფიკაცია | 24 |
| თავი 2 | 31 |
| 2.1. კოჭები მოქნილი კედლით | 31 |
| 2.2. მოქნილკედლიანი (თხელკედლიანი) კოჭების მუშაობის თავისებურებანი | 33 |
| 2.3. მდგრადობაზე შემოწმება | 41 |
| თავი 3 | 47 |
| 3.1. კოჭები გოფრირებული კედლით | 47 |
| 3.2. გოფრირებულკედლიანი კოჭების მუშაობის თავისებურებანი | 50 |
| 3.3. გაანგარიშების თავისებურებანი | 52 |
| 3.4. გოფრირებულკედლიანი კოჭების გაანგარიშება მდგრადობაზე | 54 |
| თავი 4 | 60 |
| 4.1. პერფორირებულ კედლიანი კოჭები | 60 |
| 4.2. მუშაობის თავისებურებანი | 61 |
| 4.3. კოჭის ორ ნახევარს შორის ჰორიზონტალური ძერა | 66 |
| 4.4. პერფორირებულ კედელში ფირფიტის მდგრადობის შეფასება | 69 |
| თავი 5 | 74 |
| 5.1. შედგენილი შედუღებული კოჭების გაანგარიშება ზღვრულ მდგომარეობათა მეთოდით | 74 |
| 5.2. კედლის სისქე | 79 |
| 5.3. სარტყელების ჰორიზონტალური ფურცლები | 81 |
| 5.4. კოჭების კვეთის შერჩევა | 83 |
| 5.5. ამწვევა კონსტრუქციები. საერთო დახასიათება | 88 |
| 5.6. ამწვევა კოჭების გაანგარიშება | 90 |
| 5.7. შედგენილი შედუღებული ამწვევა კოჭის ანგარიში | 95 |
| 5.8. დატვირთვების განსაზღვრა | 95 |
| 5.9. საანგარიშო ძალების განსაზღვრა | 96 |
| 5.10. კოჭის განივკვეთის შერჩევა | 98 |
| 5.11. ამწვევა კოჭის სიმტკიცეზე შემოწმება | 99 |
| 5.12. კოჭის სარტყელების ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმება | 100 |
| 5.13. კოჭის კედლის ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმება | 100 |
| 5.14. კოჭის შემოწმება სიხისტეზე | 101 |
| 5.15. საყრდენი წიბოს ანგარიში | 107 |
| 5.16. შენობის ავარიულ რეჟიმში ექსპლუატაციის დროს, ლითონის შედგენილი ორტესებრი გოფრირებული კედლით განხორციელებული კოჭის კონსტრუქციული თავისებურებანი | 109 |
| თავი 6 | 113 |
| 6.1. ექსპერიმენტალური კვლევა | 113 |
| დანართები | 118 |
| გამოყენებული ლიტერატურა | 132 |

ცხრილების ნუსხა

| | |
|---|-----|
| ცხრილი 1 რეკომენდებული შეფარდება h_3 კოჭის სიმაღლის $t_{კედ.}$ კედლის სისქესთან | 76 |
| ცხრილი 2 დატვირთვების და ძაბვების დამოკიდებულების ცხრილი | 124 |
| ცხრილი 3 განტვირთვისას–დატვირთვების და ძაბვების დამოკიდებულების ცხრილი | 126 |
| ცხრილი 4 დატვირთვისას ინდიკატორების მაჩვენებლების ცხრილი | 128 |
| ცხრილი 5 განტვირთვისას ინდიკატორების მაჩვენებლების ცხრილი | 129 |

ნახაზების ნუსხა

| | |
|--|----|
| ნახ. 1 კოჭების სტატიკური სქემები | 24 |
| ნახ.2 კოჭების განივი კვეთები | 26 |
| ნახ. 3 კოჭისჩაკეტილი განივი კვეთები | 27 |
| ნახ.4 კოჭის საანგარიშო სქემა და განივი კვეთი. მღუნავი მომენტის და განივი ძალის ეპიურები..... | 32 |
| ნახ. 5 კედლის მდგრადობის დაკარგვის ფორმები | 34 |
| ნახ. 6 კოჭები მოქნილი კედლით | 36 |
| ნახ. 7 ნორმალური ძაბვები (σ_x) ეპიურები სუფთა ღუნვის დროს | 37 |
| ნახ. 8 კოჭის მონაკვეთის საანგარიშო მოდელი სუფთა ძერის დროს | 39 |
| ნახ. 9 განივი სიხისტის წიბოების ანგარიშისათვის | 42 |
| ნახ. 10 კოჭის საანგარიშო სქემა და ეპიურები M და Q | 45 |
| ნახ. 11 კოჭი მოქნილი კედლით | 46 |
| ნახ. 12 კოჭებში გამოყენებული კედლის გოფრები | 48 |
| ნახ. 13 დანადგარის სქემა კედლის სამკუთხა გოფრის მისაღებად | 49 |
| ნახ. 14 ძაბვების ეპიურები კოჭებში გოფრირებული კედლით | 51 |
| ნახ. 15 ^ა კოჭი პერფირებული კედლით | 60 |
| ნახ. 15 ^ბ ნორმალური ძაბვების ეპიურები კოჭის კვეთში..... | 61 |
| ნახ. 16 კოჭის საანგარიშო მოდელი | 63 |
| ნახ. 17 ზომების აღნიშვნა და კვეთის მახასიათებელი წერტილები | 64 |
| ნახ. 18 ძერის ძღვების განსაზღვრისათვის კოჭის ზედა სარტყელში | 66 |
| ნახ. 19 ფრაგმენტის დამაბული მდგომარეობის ანალიზისათვის | 67 |
| ნახ. 20 პერფორირებულკედლიანი კოჭის ძირითადი ზომები | 72 |
| ნახ. 21 კოჭის მასის კვეთის სიმაღლეზე დამოკიდებულების გრაფიკი | 74 |
| ნახ. 22 დამაბულობის განაწილება შედუღებული კოჭის პაკეტის ფურცლებში | 82 |
| ნახ. 23 მაგალითისათვის 1 ა. საანგარიშო სქემა; ბ. კოჭის კვეთი..... | 84 |

| | |
|---|-----|
| ნახ. 24 შედგენილი კოჭი | 89 |
| ნახ. 25 გაგლინული კოჭი | 89 |
| ნახ. 26 დატვირთვები, რომლებიც გადაეცემა ამწევემა კოჭის ამწეს დატვირთვისაგან | 91 |
| ნახ. 27 რვაბორბლიანი ხიდურა ამწეებისათვის ამწეების ტვირთამწეობა $Q=(800\div 1250)$ კნ | 92 |
| ნახ. 28 ორი დაწყვილებული ამწისათვის | 92 |
| ნახ. 29ა მაქსიმალური მღუნავი მომენტის განსაზღვრა | 96 |
| ნახ. 29ბ მაქსიმალური განივი ძალის განსაზღვრა | 96 |
| ნახ. 30 ამწევემა კოჭის განოვკვეთის კომპონირება | 99 |
| ნახ. 31 ძალების განსაზღვრა ნაკვეთურში | 101 |
| ნახ. 32 ძალების განსაზღვრა მალის შუაში | 102 |
| ნახ. 33 საყრდენი წიბოს პირობითი დგარი | 107 |
| ნახ. 34 ერთი ბოლოთი ხისტად ჩამაგრებული კოჭის საანგარიშო სქემა გრეხვის დროს | 112 |
| ნახ. 35 კოჭის განივკვეთი | 114 |
| ნახ. 36 საცდელი კოჭის საანგარიშო სქემა | 116 |
| ნახ. 37 საექსპერიმენტო კოჭი სტენდზე | 118 |
| ნახ. 38 ელექტრონული ხელსაწყო АИД-2 | 118 |
| ნახ. 39 კვლევის პროცესი | 119 |
| ნახ. 40 ტენზომეტრები შვეულ კედელზე | 119 |
| ნახ. 41 ინდიკატორები ნაკვეთურში..... | 120 |
| ნახ. 42 დგუში ზედა სარტყელის მალის შუაში..... | 120 |
| ნახ. 43 ჩალუნმზომი ქვედა სატყელზე მალის შუაში..... | 121 |
| ნახ. 44 ინდიკატორი საყრდენზე..... | 121 |
| ნახ. 45 მაქსიმუმის ტიპის ჩალუნმზომი და საათის ტიპის ინდიკატორები..... | 122 |
| ნახ. 46 ინდიკატორები ზედა სარტყელზე | 122 |
| ნახ. 47 შედგენილი გოფრირებული კოჭი | 123 |
| ნახ. 48 გოფრირებულ კედლიანი შედგენილი კოჭის ხედები | 124 |

Sesavali

Temis actualoba liTonis konstrukciების გაანგარიშების არსებულის შესახებ და მათი გადაწყვეტილების ახალი გზების ძიება, რომელიც უზრუნველყოფს თავის მხრივ liTonis კონსტრუქციის საიმედოობას, სიმტკიცეს, მდგრადობას, სიხისტეს, ხანმედეგობას. საშრომის მიზანშეწონილობის შესახებ განხილვისას გამოყენებული მასალები- ფოლადის სიმტკიცისა და დეფორმაციულობის მაქსიმალური მნიშვნელობების მიხედვით გამოიყენება, რაც გარანტიას უზრუნველყოფს სენობა-ნაგებობების ოპტიმალური დაპროექტებისათვის. ოპტიმალური დაპროექტირების მიზანშეწონილობის რეგულირება და მასის ხარჯი.

liTonis სტრუქტურული ელემენტების გოფრირებული კოეფიციენტების სიმტკიცეზე, სიხისტეზე შემოწმება, როცა მასზე მოქმედებენ მრავალი მომენტი და განივი ძალები დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. ექსპერიმენტურმა კვლევებმა დაამტკიცა მათი კომპლექსური სხვადასხვანაირი გავლენის არსებობა კოეფიციენტის ამტანუნარიანობაზე. გოფრირებული კოეფიციენტის მდგრადობის დეტალური კვლევის მიზანშეწონილობის ადასტურების მიზნით, კედლის ადასტურების მდგრადობის დაკარგვის.

კატარული თეორიული კვლევების ანალიზი, ტექნიკური კოეფიციენტების სიმტკიცეზე ანგარიში მრავალ მდგრადობაზე და მათი მოქმედების დამატებითი ექსპერიმენტური კვლევების, რადგან თეორიული კვლევები დაფუძნებულია ემპირიული კოეფიციენტებზე და სრულად არ ასახავს რეალურ სურათს გოფრირებული კოეფიციენტის ორთქლის კოეფიციენტის ამტანუნარიანობაზე მრავალი მომენტისა და განივი ძალების მოქმედების დროს.

liTonis გოფრირებული კოეფიციენტის ორთქლის კოეფიციენტების სიმტკიცეზე, სიხისტეზე ანგარიშის მრავალ მდგრადობაზე და მათი მოქმედების მიხედვით, რომელიც უზრუნველყოფს სამსახურის ნორმებსა და უსაფრთხოების განიცდის მუდმივ განახლებადობას, მათა მათი მიდგრადობის უზრუნველყოფა.

მრავალი მომენტისა და განივი ძალების კომპლექსური ადასტურების მიზანშეწონილობის დამოუკიდებლად, რაც შესაძლებელია არ ასახავს liTonis ორთქლის კოეფიციენტის საიმედოობის ექსპლუატაციას.

ზემოთ აწარმოეს მდგრადობის რეგულირების მიზნით მრავალ მდგრადობაზე და მათი მოქმედების მიხედვით სტრუქტურული ელემენტის ორთქლის კოეფიციენტის დაპროექტება და მსახურის მიხედვით დანერგვა, ამიტომ მნიშვნელოვანია ისეთი მეთოდების დამუშავება, რომელიც

aRniSnuli konstruqciis gadmogebis saSualebas mogvcems saqarTvelos specificuri pirobebis seismurad aqtiuri raonis gaTvalisiwinebiT. Zalze aqtualuria dazustdes gofrirebukedliani koWis simtkiceze gaangariSebis meTodi, romelic uzrunvelyofs konstruqciis saimedobas, iqneba advilad gamosayenebgli damproeqtblisaTvis.

disertaciis mizans Seadgens: Catarebuli Teoriuli da eqsperimentuli kvlevebis analizis safuzvelze, Sefasdes realuri mdgomareoba axali midgomebiT, eqsperimentis safuzvelze analizis Sedegebis mixedviT unda gadawydes da aRmoifxvras arsebul konstruqciebis teqnukur gadawvetebSi arsebuli problemebi. aseve damuSavdes axali konstruqciuli gadawyvetebi, gaangariSebis meTodologia, ganisazRvros misi praqtikuli Rirebuleba da moxdes misi teqnukur-ekonomikuri efeqturobis Sefaseba.

eqsperimentaluri kvlevis amocanaa:

1. gofrirebukedliani koWis saangariSo sqemis analizi da gaangariSebis meTodis Sefaseba zRvruli Zalvebis moqmedebisas kveTSi sxvadasxva faqtorebis gaTvalisiwinebiT;
2. Sedgenili ortesebri gofrirebukedliani koWis ganivkveTSi daZabul-deformirebuli mdgomareobis Sefaseba eqsperimentuli kvlevis safuzvelze, kveTSi ganvitarebul dabvebsa da deformaciaze sixistis maCveneblis gaTvalisiwinebiT.

mecnieruli sixale: naSromSi ganxilulia liTonis gofrirebukedliani ortesebri koWis simtkiceze gaangariSebis arsebuli meTodebi, romelTa analizis safuzvelze SemuSavda rekomendaciebi:

1. eqsperimentaluri kvlevisaTvis SeirCa liTonis Sedgenili ortesebri gofrirebukedlini Runvadi koWi, romlis gamocda Catrda stu-s samSeneblo fakultetis rkinabetonis konstruqciebis laboratoriaSi;
2. or sayrdenze Tavisuflad dayrdnobili liTonis koWis eqsperimentiT miRebuli Sedegebis analiziT gadawyvetilia arsebuli problemebi. gansazRvrulia misi praqtikuli Rirebulebebi.
- 3.

miRebuli Sedegebis praqtikuli Rirebuleba: Catarebuli Teoriuli kvlevebis, praqtikuli gamocdilebis, samSeneblo normevisa-wesebis dacviT da rekomendaciebis safuzvelze damuSavebulia liTonis ortesebri gofrirebukedliani koWis konstruqcia.

SemoTavazebuli konstrukciis realizaciisas uzrunvelyofili iqneba elementebis damzadeba da gamartivebuli montaJi, Semcirdeba masalis xarji da mSeneblobis xangrZlivoba. amaRldeba konstrukciis amtanunarianoba da eqspluataciis dros gaizrdeba misi saimedooba.

naSromis aprobacia da gamoqveynebuli publikaciebi: masalebis mixedviT gamoqveynebulia 4 samecniero statia, disertcaais ZiriTadi Sedegebi moxsenebuli iqna – “samrewvelo Senobebis ganivi CarCos (Runvadi elementebis) gaanagriSebis Taviseburebani”, stu-s 83-e Ria saerTaSiriso samecniero konferenciis. Tezisebis krebuli, “teqniki universiteti”, Tbilisi, 2015 w.

saxalxo meurneobis yvela dargSi farTod aris gamoyenebuli liTonis konstrukciebi. mSeneblobis ganviTarebasTan erTad liTonis konstrukciebis racionaluri gamoyenebis sferos gansazRvris kriteriumad iTvleba, pirvel rigSi misi ekonomikuri mosazrebani. aq mxedvelobaSi misaRebia ara marto liTonis Rirebulebis Semcireba, aramed liTonis rogorc masalis gamoyenebis mizanSewoniloba.

liTonis konstrukciebi farTod gamoiyeneba samrewvelo, samoqalaqo da sazogadoebrivi daniSnulebis Senoba-nagebobebSi, xidebSi, estakadebSi, furclovan konstrukciebSi, hidroteqnikur nagebobebSi, TboeleqtrosadgurebSi da sxva. maTi aseTi farTo gamoyeneba, sxva masalebisagan damzadebul konstrukciebTan SedarebiT, ganpirobebulia mTeli rigi ZiriTadi Rirsebebis gamo, rogoricaa: saimedooba, simsubuqe, wyal da airSeuRwevadoba, damzadebis industriuloba, rekonstrukciis simartive da sxva.

liTonis konstrukciebi warmoadgenen Senobis (nagebobis) elementebis, romlebic asruleben maTSi sruliad garkveul funqciebs. amitom, ama Tu im liTonis konstrukciaze damoukideblad msjeloba, Senobis eqspluataciis pirobebis gauTvaliswineblad ar SeiZleba.

mzidi liTonis konstrukciebis mTavar funqciur amocanas warmoadgens Zalovani zemoqmedebebis gadacema saZirkvelze. meqanikis kanonebis mixedviT Zalovani zemoqmedebebi erTi elementidan meoreze gadasvlis dros iReben normaluri da ganivi Zalebis, mRunavi da mgrexavi momentebis saxes. am SemTxvevaSi TiToeuli konstrukciuli elementi aucileblad unda akmayofilebdes pirobebis kompleqss: simtkices, mdgradobas, sixistes, xangamZleobas, rekonstrukciis SesaZleblobas da sxva. pirobebis am mTlian kompleqssSi koWebi warmoadgenen erT-erT gavrclebul da ZiriTad elementebis, romlebic muSaoben Runvaze. maTi farTo gamoyeneba mSeneblobaSi

ganpirobegulia damzadebis simartiviT da esqpluataciis dros saimedoobiT. koWebis malebis cvalebadobis diapazoni Zalian didia. magaliTad, xidebSi malis sididem SeiZleba miaRwios 150...200 m-mde.

mSeneblobaSi rkinabetonis farTod danergvis miuxedavad, liTonis konstruqciebis gamoyeneba yoveldRiurad izrdeba. gansakuTrebiT iseT konstruqciebSi, sadac rkinabetonis gamoyeneba araracionaluri da gaumarTlebelia. gansakuTrebuli Tviseba foladma gamoamJRavna agresiuli garemos winaaRmdegobis mxriv, romlis drosac rkinabetonis konstruqciebi swrafad ingreva (iSleba).

liTonis konstruqciebi Sedgeba calkeuli elementebisagan rogoricaa: wamweebi, kolonebi, kavSirebi, koWebi, firfitebi, sakvanZo furclebi da sxva. romlebic mzaddeba erTgvarovani da mtkice masalisagan zemoT aRniSnul elementebis erTmaneTTan aerTeben moqlonebiT, WanWikebiT da SeduRebiT.

liTonis konstruqciebs aqvT ZiriTadi dadebiTi Tvisebebi.

liTonis konstruqciebi msubuqia sxva masalis konstruqciebTan SedarebiT foladis didi simtkicis gamo. folsdisagan damzadebuli konstruqciebis wona da moculoba gacilebiT naklebia, vidre sxva masalisagan damzadebuli konstruqciisa, rac didi gavlenas axdens nagebobis Rirebulebasa da teqnologiur procesebze. erTi da igive datvirTvebisa qos malis SemTxvevaSi rkinabetonis konstruqcia 8-jer ufro mZime da 25-jer meti moculobisaa, vidre liTonis konstruqcia. swored amitom liTonis konstruqciis transportireba gacilebiT advili da iafia.

liTonis konstruqciebiT ganxorciebuli nagebobebis rekonstruqcia gaZliereba ufro martivi da swafad aRdgenadia.

liTonis konstruqciebiT SesaZlebelia rTuli sainJinro nagebobaTa udidesi malebis gadaxurva. konstruqciebi warmoadgenen saimedo konstruqciebs foladis erTgvarovani struqturisa da maRali drekadobis modulus gamo.

zemoT aRniSnuli dadebiTi TvisebebTan erTad foladis konstruqciebs aqvs Semdegi uaryofiTi Tvisebebi:

liTonis konstruqciebze moqmedebis korozi (Jangva). atmosferos agresiuli faqtorebis gavleniT – teni, haerSi myofi marilebi da gazebi. warmoqimneba liTonis zedapirze Jangvuli da Jangi. xangrZlivi garkveuli drois moqmedebis Semdeg SesaZlebelia masalam dakargos meqanikuri Tvisebebi, anu dasustebulma da

dazianebulma kveTma SesamCnevad dakargos datvirTvebisadmi zemoqmedebis unari. amitom maT sWirdebaT gansakuTrebuli meTvalyureoba. dazianebebis aRmoCenis Semdeg saWiroa maTi gasufTaveba Jangisagan saTanado wesebis dacviT da SemdgomSi specialuri saRebavebiT maTi SeRebva. koroziiis sawinaaRmdego RosiZiebebis Catareba Zviri jdeba, rac aZvirebs liTonis konstruqciebis TviTRirebulebas.

foladis konstruqciebi cecxlis gavleniT kargaven amtanunarianobas, deformirdebian da uvargisi xdebian. aseTi konstruqciebis aRdgena SeuZlebelia; saWiroa maTi daWra da dazianebuli nawilebis nawil-nawil mocileba +300°C temperaturis dros foladis simtkice mkveTrad ecema da +600°C dros misi amtanunarianoba nulis toli xdeba.

liTonis konstruqciebis elementebi, Reroebi da SeerTebis tipebi, ise unda iqnes SerCeuli, rom akmayofilebdes: maTi koroziiis, gaWuWyianebisagan ukeTesi dacvis, SemTxveviTi dazianebebis Tavidan acilebis, udidesi mdgradobisa da montaJSi ukeTesi mierTebis pirobebs. amasTanave unda iqos dasamzadeblad martivi da akmayofilebdes datvirTvis qveS muSaobis pirobebs.

Runvaze momuSave liTonis konstruqciis ZiriTadi mzidi elementia koWi. liTonis koWebs iyeneben sxvadsxva saxis sainJinro nagebobebSi: mravasarTulian karkasul SenobebSi, samrewvelo saamqroebis sarTulSua gadaxurvebSi (koWovani ujredi), grZivad gadaxurvebSi amwqveSa koWebad, xidebSi, milsadenebSi da sxva. mTliankedliani koWebis mali SeiZleba iyos 100 metrze metic.

koWebad iyeneben ortesebr profils – gaglinulsa da Sedgenils. gaglinuli koWebis gamoyeneba TiTqmis yovelTvis racionaluria, Tu isini angariSiT aris gamarTlebuli. Sedgenili koWebis gamoyeneba saWiroa im SemTxvevaSi, rodesac gaglinuli koWebi ver akmayofileben simtkicis, sixistisa da mdgradobis pirobebs da agreTve maSin, rodesac gaglinuli koWebis gamoyeneba dakavSirebulia liTonis sagrZnob didi gadaxarjvasTan.

gaglinuli koWebis maqsimaluri simaRle sortamentis mixedviT aRwevs 70 sm, didi malebis da SedarebiT didi datvirTvebis SemTxvevaSi koWis simaRles vRebulobT 70 sm-ze mets. aseT SemTxvevaSi iZulebuli varT gamoviyenoT Sedgenili koWebi.

liTonis Sedgenil koWebs ufro xSirad agegmareben ortesebri ganivkveTiT, romlebic ufro ekonomiuri arian liTonis xarjvis mixedviT Runvadi elementebisaTvis da moxerxebuli konstruqciebiss და მონტაჟის მხრივ.

SeduRebuli Sedgenili koWebi liTonis xarjvis mixedviT, moqlovnili SeerTebiT ganxorcielebul Sedgenil koWebze ekonomiuria; vinaidan moqlovnili koWebi metad

Sromatevadia. didi moZravi dinamiuri datvirTvebis moqmedebisas racionaluria gamoviyenoT moqlonvili koWebi.

liTonis konstruqciebis eleqtroSeduRebam mogvca liTonis mniSvnelovani raodenobiT dazogvis saSualeba da SesamCnevad gaamartiva, daaCqara, gaaiafa samuSaos warmoeba. eleqtrorkaluri xeliT SeduReba amJamad SeerTebis yvelaze ufro gavrcelbuli xerxia teqniki TiTqmis yvela dargisaTvis. SeduReba warmoadgens SesaduRebeli liTonebis molekulari SeerTebis process da amitom igi principulad gansxvavdeba moqlonebiT an WanWikebiT meqanikuri SeerTebebisagan.

samrewvelo Senobebis da nagebobebis liTonis mzidi karkasis dagegmarebis ZiriTadi amocanaa liTonis racionaluri konstruqciebis Seqmna, gaangariSebisa da konstruirebis ZiriTadi sakiTxebis Seswavla.

samrewvelo daniSnulebis nagebobebSi mTlianad masalad liTonis karkasis gamoyeneba yovelTvis ar aris gamarTlebuli. erTi mxriv liTonis ekonomii aucileblobiT da meore mxriv asawyobi rkinabetonis farTod ganviTareba stimulsi Zleva kombinirebuli Sereuli konstruqciebis gamoyenebis racionalurobaze (magaliTad liTonis wamweebi dayrdnibili rkinabetonis kolonebze, an mTlianad rogorc liTonis asawyobi konstruqciebis, aseve mTlianad asawyobi rkinabetonis konstruqciebis gamoyenebisa).

samrewvelo nagebobebSi gamosayenebeli konstruqciebis dasabuTebis da dagegmarebis erT-erTi ZiriTadi amocanaa gamosayenebeli masalis gamoyenebis swori racionaluri gamoyeneba. liTonis, rkinabetonis, xis konstruqciebis SerCevis ZiriTad faqtors warmoadgens sawarmoo reJimi, konstruqciis eqspluataciis pirobebi da agreTve mSeneblobis xangrZlivoba. garda amisa, masalis amorCevaze SeiZleba gavlena iqonios nagebobebis nawilebis gabaritebma (gadasaxuravi mali, Senobis simaRle, kolonebs Soris manZili da sxva) da saeqspluatacio datvirTvebis da konstruqciebis transportirebis pirobebma.

samrewvelo Senobebis karkasebSi liTonis gamoyeneba regulirdeba Sesabamisi teqnikuri wesebiT “mSeneblobaSi liTonis, rkinabetonis xe-tyis da cementis ekonomikuri xarjvis normatiuli-teqnikuri wesebiT”.

normatiul-teqnikuri wesebis Tanaxmad liTonis gamoyeneba daiSveba:

- a) kolonebad 15,0 m simaRliT da zeviT, an kolonebs Soris 12,0 m-ze zeviT bijis SemTxvevaSi; bijis da simaRlis miuxedavad roca $l=24,0$ m malisa da metis SemTxvevaSi;

b) amwqveSa koWebSi, rkinabetonis kolonebze dayrdnobiT, 6,0 bijisa da 20,0 tona amwes tviTamweobis dros, agreTve 12,0 m bijisa da amweebis nebismieri tviTamweobis SemTxvevaSi.

liTonis kolonebian samrewvelo saamqroebSi foladis gamoyeneba amwqveSa koWebad nebadarTulia nebismieri SemTxvevisaTvis.

sawarmoo Senobebis gadaxurvebSi foladis wamweebis gamoyeneba nebadarTulia 24,0 m malis zeviT. calkeul SemTxvevaSi foladis wamweebis gamoyeneba SesaZlebelia mcire malebis drosac ($12 \div 24$) m, gansakuTrebiT maSin roca teqnologiuri piroba moiTxovs karkasis saerTo kompleqsSi mcire masalebis CarTvasac (martenis saamqroebi).

liTonis karkasis mowyoba yvelaze ufro gamarTlebulis mZime saamqroebSi (magaliTad koqsis, martenis, besemeris, dupleqs-saamqroebSi da sxva), romlebsac emsaxureba didi tvirTamweobis amweebi (200÷350 tona), samWedlo-sawnex, mZime manqanaTmSeneblobas da sxva saamqroebSi.

msubuqi da saSualo manqanaTsamSeneblo qarxnebis saamqroebisaTvis, msubuqi tipis SenobebSi. aseT saamqroebSi mTliani rkinabetonis karkasTan erTad SesaZlebelia gamoyenebuli iqnes kombinirebuli-Sereuli konstruqciebi. (magaliTad liTonis wamwe, rkinabetonis kolonebi).

samrewvelo saamqros farTobs gegmaSi, teqnologiuri procesis pirobebis mixedviT, SeiZleba hqondes sxvadasxva moxazuloba; es piroba ZiriTadi da pirvelsawyisi pirobaTagania, romelzedac damokidebulia konstruqciis ganlageba.

samrewvelo SenobaTa konstruqciebis dagegmarebis amocanis gadawyvetas safuZvlad uqoevs Semdegi ZiriTadi pirobebi: a)teqnologiuri; b)ekonomiuri da g)arqiteqturuli.

yovelgvari nagebobis dagegmarebis dros aucilebelia gaTvalisiwnebuli iqnes adgilobrivi pirobebi: geologiuri, klimaturi, topografiuli. ZiriTadia teqnologiuri piroba, romlis safuZvelzeც წყდობა rogorc arqiteqturuli, ise nagebobis konstruqciuli sakiTxebi.

teqnologiur pirobebs miekuTvneba:

a) monacemebi teqnologiur mowyobilobaTa amwevi xelsawyoeboebisa da transportirebis mowyobis Sesaxeb, agreTve miwisqveSa nagebobaTa da sayofacxovrebo mowyobilobaTa gabaritebis Sesaxeb;

- b) Senobis eqspluataciis reJimis sakiTxebi;
- g) datvirTvebi;
- d) warmoebis Semdgomi gafarToebisa da rekonstruqciis perspeqtivasTan dakavSirebuli sakiTxebi.

sawarmoo Senobis proeqtis SedgenisaTvis ZiriTadia saproeqto mocemulobebi. saproeqto mocgᄁulobis mixedviT muSavdeba teqnikuri proeqti, Semdeg ki samuSao naxazebi. samrewvelo Senobebis agebis dros foladis konstruqciebis gamoyeneba yvelaze metad upasuxebis mSeneblobis industrializaciisa da samontaJo samuSaoTa meqanizaciis moTxovnebs, amasᄁanave, liTonis maqsimaluri ekonomikis moTxovnebis Sesabamisad, liTonis gamoyenebis sferoSi xdeba mTeli rigi SezRudvebi da samrewvelo Senobebis foladis mzidi konstruqciebi icvleba rkinabetonis, qvis da zogierT SemTxvevebSi xis konstruqciebiᄁ.

samrewvelo saamqroebi, romelTa mzidi konstruqciebi liTonisagan aris gakeTebuli iyofa muSaobis msubuq, saSualo da mZime reJimis saamqroTa jgufebad.

liTonis didi raodenobiT gamoyenebis dros ekonomiis TiToeuli procenti Seadgens aTasobiT tonas. ekonomias aRweven ZiriTadad axali racionaluri sqemebis damuSavebiT. efeqturi konstruqciebis danergviT da masalis saangariSo monacemebis gazrdiT. foladis xarixxis gaumjobesebis Sedegad.

samrewvelo saamqros nageboba warmoadgens sxvadasxva elementebisagan ganxorcilebul rTul sistemas. aseTi Senobis konstruqciebi Sedgeba calkeuli brtyeli elementebisagan, rogoricaa: CarCoebi, wamweebi da koWebi. amitom aseTi Senobebis dagegmarebis dros aucilebelia nagebobis TiToeuli elementis rolis gansazRvra, datvirTvis gadanawileba, ris mixedviTac Zabvebis sidideebi unda eTanadebodes da pasuxobdes konstruqciis faqtiur muSaobas.

nagebobis saboloo sqemis realur gadawyvetas safuZvlad unda daedos:

- 1) eqspluataciis moxerxebuloba;
- 2) mSeneblobis ekonomika da industrializacia;
- 3) samrewvelo nagebobebis esTetikuri gaformeba.

eqspluataciis piroba. konstruqciis eqspluataciis mixerxebulobis TvalsazrisiT maTma sqemebma da gabaritulma zomebma unda uzrunvelyon:

- a) saamqros aggregatebis momasxurebisa da maTi remontis warmoebis misadgomoba da moxerxebuloba (am pirobis Sesruleba moiTxovs kolonebis, kavSirebis, gzebisa da sxva Sesabamis ganlagebas);

- b) saamqros amweebis mowyobilobaTa da sxva asawevi meqanizmebis normaluri eqspluataciis SesaZlebloba, am pirobis Sesruleba moiTxovs nagebobebisaTvis Sesabamisi ganivi da grZivi sixitis mocemas;
- g) amweTa meurneobis elementebis remontisa da gasinjvis SesaZlebloba;
- d) aeraciis, ganaTebis, wyalmomaragebisa da sxva gansaxorcieleblad saWiro pirobebis Seqmna.

mrewvelobis mravali dargis teqnologiuri procesebis swrafi tempiT srulyofa ayenebs agreTve pirobas nagebobebis momarjvebadobis saeqspluatacio reJimisa da nawilobrivi Secvlili tenologiis advili ganxorcilebisaTvis (muSa agregatis gabaritebis SesaZlo cvlileba, maTi ganlageba, asawevi satransporto saSualebaTa cvlileba da sxva).

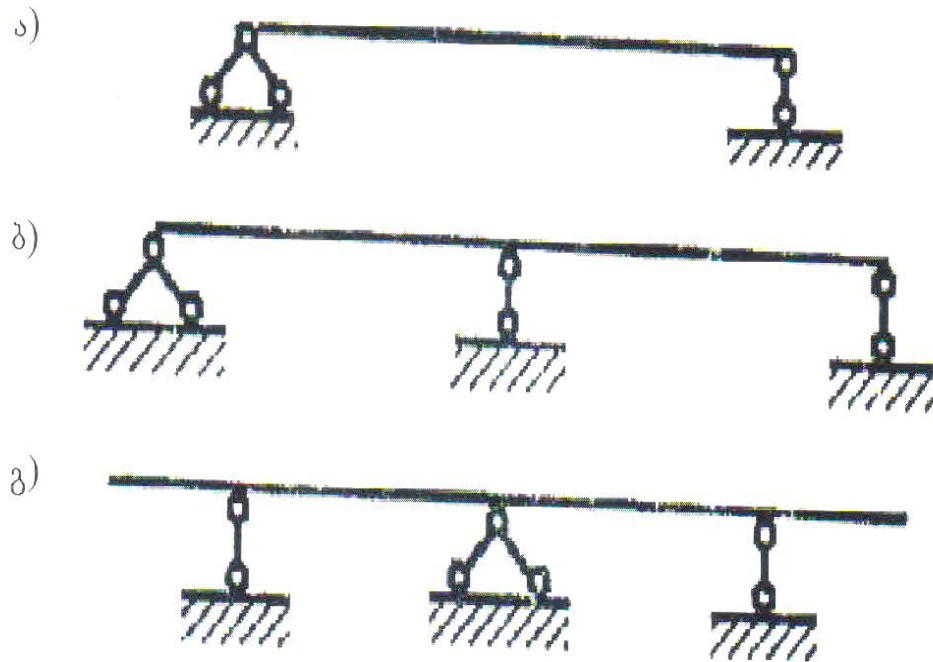
Tavi I

1.1. liTonis koWebis klasifikacia

liTonis koWebis gamoyenebis sfero Zalian didia. isini efeqturad gamoiyenebian samuSao moednebis koWovan gadaxurvebSi, samoqalaqo, samrewvelo da sazogadoebrivi daniSnulebis Senobebis konstruqcebSi, xidebSi, estakadebSi, hidroteqniki nagebobebis konstruqciebSi, amwqveSa koWebad da sxva.

zemoT aRniSnulidan gamomdinare liTonis koWebis klasifikacia SeiZleba Semdegnairad:

1. statikuri sqemis mixedviT koWebi arseboben: erTmaliani (Wrili), mravalmaliani (uWri) da konsoluri (nax. 1.).



nax. 1 koWebis statikuri sqemebi: a) Wrili, b) uWri, g) konsoluri

SedarebiT didi gamoyeneba aqvT erTmalian (Wril) koWebs, romlebic, uWr da konsolur koWebTan SedarebiT, gamoirCevian damzadebis da montaJis simartiviT. isini ar arian sayrdenebis jdenisadmi mgrZnobiareni. magram xasiaTdebian foladis meti xarjiT, daaxloebiT 10...12%-iT.

uWri koWebi mizanSewonilia gamoyenebuli iqnes saimedo sayrdenebis SemTxvevebSi, rodesac ar arsebobs koWebis gadatvirTvis saSiSroeba sayrdenebis araTanabari jdenebis gamo.

Wrili koWebi SeiZleba iyos rogorc erTmaliani (Wrili), aseve mravalmaliani. kolonebi gantvirTaven koWebis kveTebS malebSi da amiT amaRleben maT ekonomikur maCveneblebs. kerZod, mcirdeba masalis xarji.

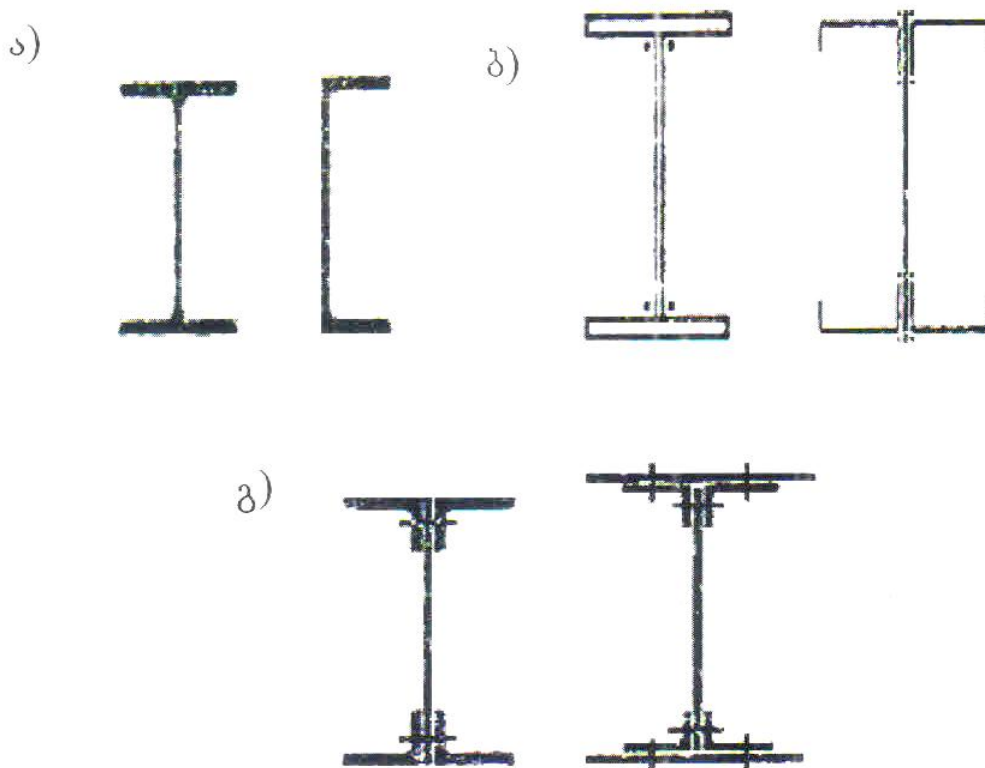
2. ganivi kveTebis mixedviT koWebi SeiZleba iyos: gaglinuli da Sedgenili: SeduRebiT, moqlonebiT, WanWikebiT (nax. 2).

mSeneblobaSi didi gamoyeneba aqvT ortesebri Sedgenili ganivi kveTebis koWebs (nax. 2. b, g). aseTi koWebi moxerxebuli arian teqnologiurad da ekonomiurebi masalis xarjis mixedviT. Tanabar pirobebSi myofi ortesebri koWebidan maqsimaluri ekonomikuri efeqti SeiZleba iqnes miRweuli Txelkedlian koWebSi. maTi upiratesobis

დასამტკიცებლად, რუნვაზე მომსახურებელი ელემენტების ფარდობითი სიმსუბუქის კარგი კრიტერიუმია უგანჯომილებო ფარდობა:

$$\eta = \sqrt[3]{\frac{W^2}{A^3}}, \quad (1)$$

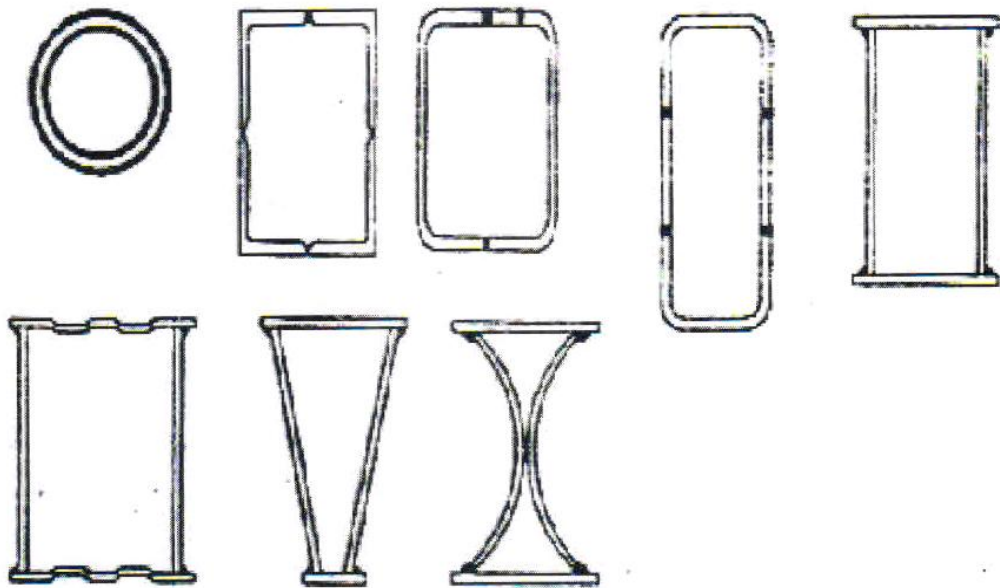
სადაც W – წინაწილის მომენტი; A – განივი კვეთის ფართობი.



ნახ. 2. კოეფიციენტი განივი კვეთის. a – გაგლინული, b – სდურებიტ სდგენილი, g – მოკლენებიტ და ვანვიკებიტ სდგენილი.

სწორკუთხა მრგვალი კვეთებისათვის, გვერდების ფართობით $\frac{h}{b} = 2 \dots 6$, ეს მაკვენებელი თვით $\eta = 0,38 \dots 0,55$ -ის, ხოლო არსებული ორთესბრი პროფილებისათვის $\eta = 1,25 \dots 1,45$ -ს. ე.ი. მოსახერხებელია თანაბარი პროფილებისათვის ორთესბრი კვეთები 3...4-ჯერ უფრო მომგებიანი (ეკონომიური), ვიდრე ცველებრივი მრგვალი სწორკუთხა მრგვალი კვეთის ორთესბრის გარდა.

iyeneben ganivi kveTebis sxva formebsac. ase magaliTad, rodesac koWze moqmedeben mniSvnelovani mgrexavi momentebi mizanSewonilia Caketili kveTebis gamoyeneba, romelTa zogierTi saxe naCvenebia nax. 3-ze.



nax. 3. koWis Caketili ganivi kveTebi

amrigad, koWebis ganivi kveTebis ekonomikuri efeqti mWidroadaa dakavSirebuli maT TxelkedlianobasTan. aqedan gamomdinare, mecnierebma Seqmnes mTeli rigi konstruqciuli formebi, rolebic mTel rig SemTxvevbSi, ufro efeqturni arian, vidre tradiciuli gaglinuli da Sedgenili koWebi da maTi gamoyeneba iZleva sagrZnob ekonomikur efeqts. gaglinuli profilis Txelkedlianoba SezRudulia ara marto kedlis adgilobrivi mdgradobis uzrunvelyofis moTxovnebiT, aramed qarxanaSi profilis gaglinvis teqnologiuri SesaZleblobebiT. Sedgenil kveTebSi es sakiTxi SedarebiT iolad wydeba. kedlis adgilobrivi mdgradoba SeiZleba amaRldes konstruqciuli xerxebiT – sixistis wiboebis mowiyobiT, kedlis gofirebiT da sxva.

qvemoT Cven ganvixilavT Sedgenili koWebis, SedarebiT progresul, konstruqciul gadawyvetebis, romelTa SerCeva mTlianad emyareba kveTis fardobiTi Txelkedlianobis

gazrdas, rac, saboloo jamSi, zrdis konstruqciis efeqturobas da izleva masalis mniSvnelovan ekonomias.

es azri daedo safuZvlad sadisertacio naSromSi SemoTavazebuli ortesebri koWis axal konstruqciul gadawyvetas. naSromSi pirvelocq miaxloebiT ganxilulis misi gaangariSebis da konstruirebis zogierTi Taviseburebani. dadgenilia ekonomiuri efeqturoba arsebul konstruqciul gadawyvetebTan SedarebiT.

Sedgenili ganivkveTis mqone SeduRebuli koWebis ganivkveTis SerCevisas mocemuli datvirTvebisa da CaRunvis reglamentirebuli mniSvnelobebis dros miRebulia, rom ganisazRvros koWis ganivkveTis minimaluri da optimaluri simaRle da Semdeg simaRlis mixedviT moxdeba koWis ganivkveTis SerCeva konstruireba-dagegmareba.

koWis ganivkveTis elementebS Soris, rogoricaa koWis simaRle, koWis kedlis sisqe, kveTis Taros sigane da sisqe, dadgenilia garkveuli Tanafardobani; koWis ganivkveTi unda iyos racionaluri, Tarobebis farTobebi sasurvelia iyos kedlis farTobis toli da sxva. yvela am pirobis dakmayofileba gaangariSebis arsebuli meTodiT garkveul obieqtur siZneleebTanaa dakavSirebuli da xSirad verc xerxdeba. winamdebare naSromis mizania koWebis gaangariSebis ufro moxerxebuli wesis SemuSaveba.

rogorc cnobilia, klasikuri meTodiT foladis Sedgenili ganivkveTis mqone SeduRebuli koWebis gaangariSebisas sixistisa da simtkicis pirobebis gaTvaliswinebiT isazRvrebA koWis ganivkveTis simaRle h , romelic miiReba koWis inerciis momentis - I_x , winaRobis momentisa - W_x da ganivkveTis farTobis - A , gamosaxulebebs Soris urTierT damokidebulebebisgan. [1]; [20]; [21].

h -is SerCevis Semdeg saWiroa koWis ganivkveTis konstruireba, anu garkveuli Tanafardobebis dacva koWis kveTis parametrebs Soris, rogoricaa koWis kedlis simaRle - h_w , koWis kedlis sisqe t_w ; koWis Tarobebis sigane - b_f da koWis Taros sisqe t_f .

Sesabamisi moTxovnebis დაცვობ dros koWis kveTis dagegmarebisas xSirad ver xerxdeba an Zneldeba koWis ganivkveTis farTobis racionalurobis moTxovnob დაცმყოფილება, rac imaSi mdgomareobs, rom $2A_f=A_w.A$ miuxedavad imisa, rom swored am pirobis gaTvaliswinebiTaa gansazRvruli koWis simaRle h . e. i. Tarobebis farTobi sasurvelia iyos koWis kedlis farTobis toli, anu koWis mTeli ganivkveTis farTobi

Tanabrad unda iyofodes Taroebisa da kedels Soris. am siZneles SesaZlebelia gverdi avuaroT, Tu SevqmniT Sedgenili koWebis “sortaments”, romelSic h -ebis mixedviT da yvela moTxovnila pirobis dakmayofilebiT mocemuli gveqneba koWis ganivkveTebi, inerciis momentebi, winaRobis momentebi da sxva maxasiaTeblebi, rac saSualebas mogvcems erTi romelime parametris, $vTqvaT$, inerciis momentis I an winaRobis momentis W - s mixedviT avirCioT CvenTvis saWiro kveTi yvela sxva parametrebTan erTad. aqve unda aRiniSnos, rom Tu raime mosazrebiT saWiro iqna kveTis parametrebis koreqtireba _ es ukve gacilebiT ioli saqmea.

samrewvelo da samoqalaqo mSeneblobaSi farTo gamoyeneba aqvs liTonis Sedgenil, SeduRebul, ortesebri formis ganivkveTis mqone koWebs. aseTi koWebis gaangariSebisas didi mniSvneloba eniWebas, simtkicisa da sixistis pirobebis dakmayofilebasTan erTad, ekonomiurobis sakiTxsac, rac koWis ganivkveTis farTobis minimalurobasTanaa dakavSirebuli. am amocanebis gadawyvetis arsebul meTodSi gvxdება გარკვეული როგორც მათემატიკური, ისე ლოგიკური ვინააღმდეგობანი, რომელთა შესახებაც მოსაზრებები მოცემულია ვინამდებარე ნაშრომში.

Sedgenili, SeduRebuli koWebis gaangariSeba simtkiceze da sixisteze ganxilulia mravali avtoris mier, რომელთა შორისაც მნიშვნელოვნად უნდა გაითვალისწინოს ნ. ს. სტრელცკის, ე. ი. ბელენიას და კ. კ. მუხანოვის შრომები. Sedgenili koWebis gaangariSebis erTi SexedviT samartivis მიუხედავად უნდა აჩვენოს, რომ მასში გასათვალისწინებელია მრავალი ნიუანსი, როგორც კონსტრუირების, ასევე გაანგარიშების სამსახურულ მექანიკის მეთოდების შესაბამისად

და მათემატიკური მოდელის შესაყმნელად. საანგარიშო მოდელის შეყმნისა და მისი განხორციელების დროს მნიშვნელოვანია, რომ დაცული იყოს ის ვინააღმდეგობები და დასაზრუნავი, რომელიც საფუძვლად უდევს კონკრეტულ საანგარიშო მოდელს და მათი დარღვევა არ არის მისთვის უსაფრთხო. ამიტომ, საანგარიშო მოდელის შეყმნისას უნდა იქნას გათვალისწინებული იყოს რაიმე პრაქტიკული მოსაზრებები. ვინამდებარე ნაშრომი შეეხება სწორედ ასეთ გადარჩევას Sedgenili, SeduRebuli koWebis gaangariSebisas.

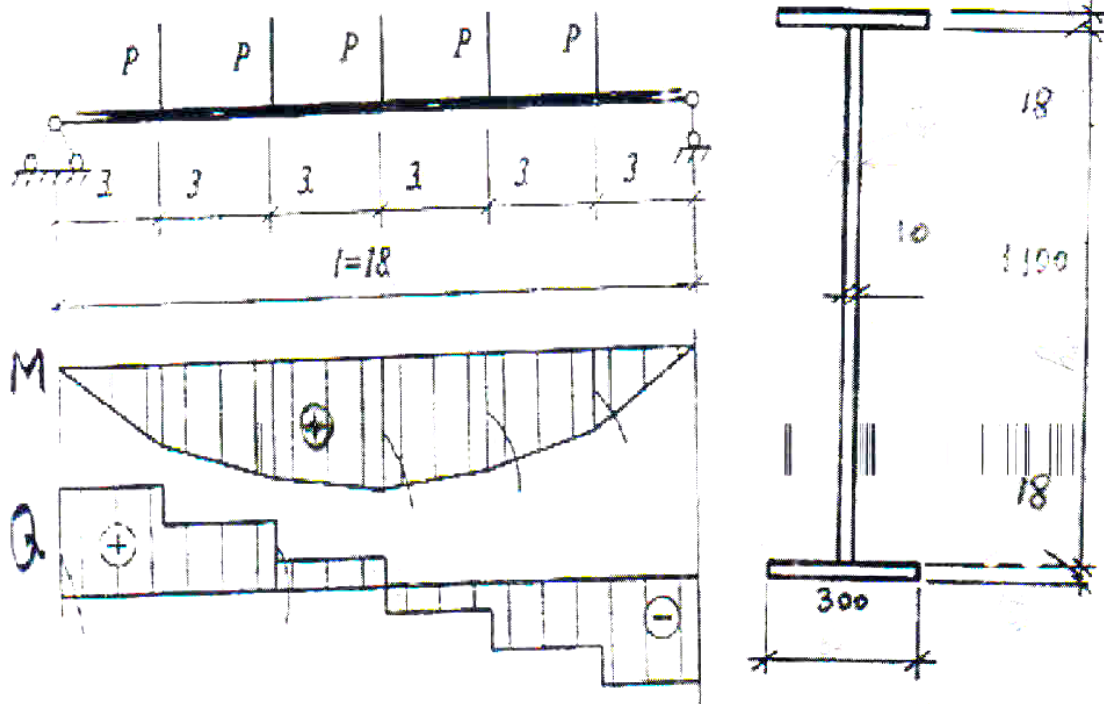
Tavi 2

2.1 koWebi moqnili kedliT

moqnilkedliani koWebis (Txelkedliani koWebi) gaangariSeba da konstruireba nawilobriv gansxvavebulia Cveulebrivi SeduRebiT Sedgenili ortesebri koWebis gaangariSebisa da konstruirebisagan. amis naTelsayofad da Semdgom maT Sesadareblad warmovadginoT arsebul literaturaSi [1,20] ganxiluli magaliTis saboloo Sedegebi. kerZod, ganxilul magaliTSi gaangariSebulia or sayrdenze Tavisuflad mdebare koWi Semdegi monacemebis mixedviT (am monacemebiT iqneba gaangariSebuli Semdgom yvela danarCeni tipis ortesebri koWebi).

koWis mali $l=18$ m. kveTis tipi – simetriuli SeduRebiT Sedgenili ortesebri, furclovani naglinisagan; kedlis pirobiTi moqniloba $\bar{\lambda}_w < 6$. datvirTva-saangariSo $P=62,7$ kn da normatiuli $P_n=49,5$ kn. foladi C345 ($R_y=33,5$ kn/sm², roca furclis sisqe $t=2\cdots 10$ mm da $R_y=31,5$ kn/sm², roca $t=10\cdots 20$ mm). koWis zRvruli CaRunva $f_u = \frac{l}{250}$.

Cveulebrivi SeduRebiT Sedgenili ortesebri koWis ganivi kveTis sqema da gaangariSebis Semdeg miRebuli misi zomebi naCvenebia nax. 4.-ze.



nax. 4 koWis saangariSo sqema da ganivi kveTi. mRunavi momentis da ganivi
Zalis epiurebi

sabolood miRebulia, rom koWis simaRle aris 1136 mm, kedlis zomebi – 1100X10 mm, sartylebi – 300X18 mm, Sualeduri sixistis wiboebi – 90X8 mm, sayrdeni sixistis wiboebi – 300X8 mm. foladis xarji: kedelze – 1554 kg, sartylebze – 1526 kg, wiboebze – 142 kg. mTlianad foladis xarji 18 m-ian koWze – 3222 kg.

SeniSvna: kedlis simaRle aiReba furclis zomebis mixedviT: 500, 510, 600, 670, 700, 710, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 11200, 1250, 1400, 1420, 1500 mm da Semdeg 3800 mm-mde 10 mm-is jeradi.

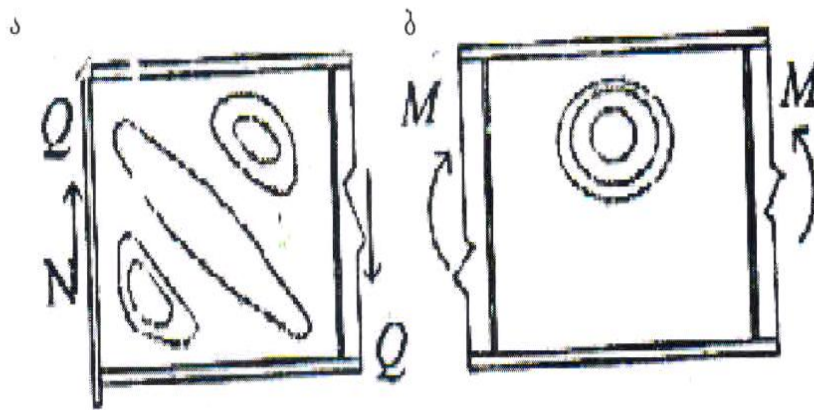
2.2 moqnilkedliani (Txelkedliani) koWebis muSaobis

Taviseburebebi

gadavdivarT koWebze moqnili kedliT. pirvelad, aseTi koWebi gamoyenebuli iyo safreni aparatebis karkasis konstruqciebSi, sadac kedlis simsubuqisaTvis gamoyeneboda ara foladi, aramed mkvrivi qsovili (brezenti da sxva). aseT koWebSi brtyeli kedeli datvirTvis dasawyis stadiaSi ki kargavs adgilobriv mdgradobas. datvirTvebis moxsnis Semdeg kedlis es deformaciebi qrebian. es aris moqnili kedlis Tviseba. mSeneblobaSi aseTi koWebis gamoyeneba iwyeba XX saukunis 70-ian wlebidan. aseT koWebSi, kedlis moqnilobis $\lambda_w = \frac{h_w}{t_w}$ Semcirebas 2...3-jer, mivyavarT foladis xarjis Semcirebamde 25...35%-iT da foladis masis koncentraciasTan sartylebSi, rac momgebiania Runvaze muSaobis pirobebSi. Txelkedliani koWebis gamoyeneba mizanSewonilia statikuri droebiT datvirTvebis moqmedebis dros, radgan maTi muSaoba cvladi moZravi da dinamikuri datvirTvebis moqmedebis dros jer kidev arasakmarisadaa Seswavlili [20,33].

pirvel stadiaSi muSaobisas koWis moqnili kedeli rCeba brtyeli, rogorc Cveulebriv koWebSi. magram, xangrZlivobis mixedviT, es stadia aris xanmokle da mTavrdeba kedlis mdgradobis dakargviT, e.i. muSaobis kritikul stadiaSi gadasvliT (meore stadia). meore stadiaSi ukve damokidebuleba Zabvebsa da deformaciebs Soris ar aris wrfivi.

kedelze viTardeba amoburculi zonebi nakecebis warmoqmniT, romelTa daWimva iwvevs koWis sartylebis adgilobriv Runvas, agreTve ganivi sixistis wiboebis kumSvas da sayrdeni sixitis wiboebis Runvas kedlis sibrtyeSi (nax. 5).



nax. 5 kedlis mdgradobis dakargvis formebi: a – sufTa Zvris dros, b – sufTa Runvis dros.

meore stadiis damTavrebisas Zabvebi aRweven denadobis zRvars (σ_y) an kedlis calkeul wertilebSi, an sartylebSi (an oriveSi erTdroulad).

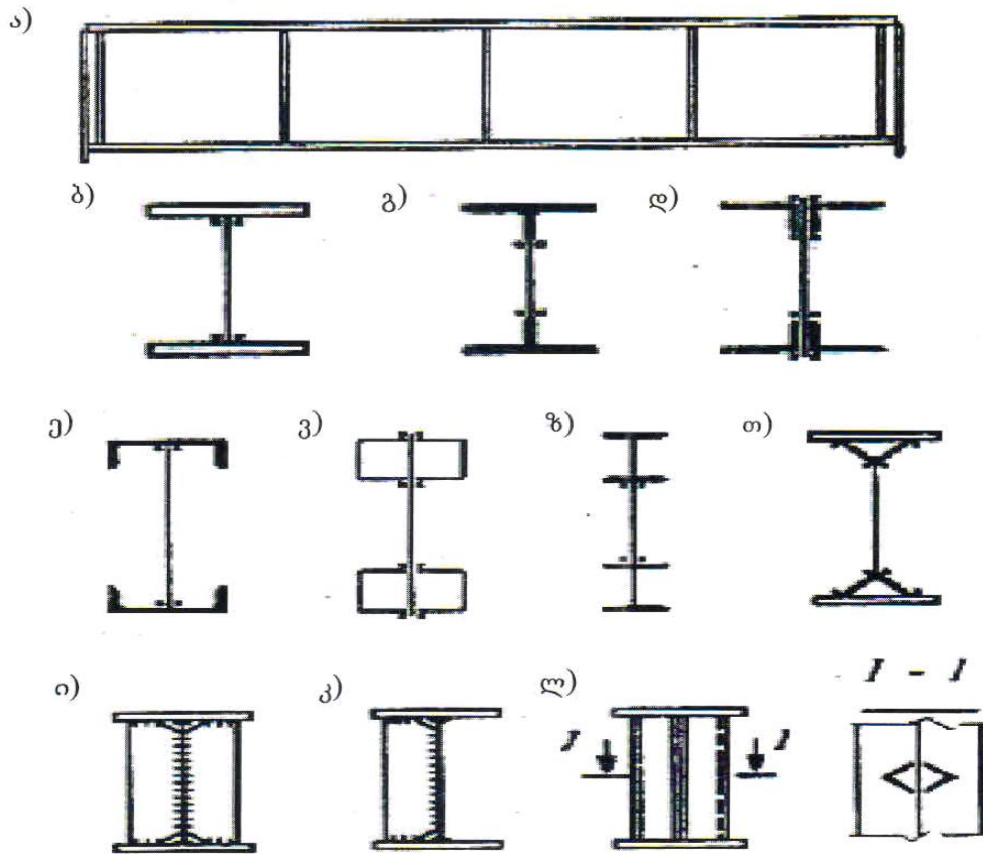
mesame stadiaSi viTardebian plastikuri deformaciebi kedelSi da sartylebSi. izrdeba koWis CaRunva. stadiis bolos CaRunvis intensivoba swrafad matulobs da koWis malis monakveTebSi warmoqmneba plastikuri meqanizmi e.i. koWi gadadis zRvrul mdgomareobaSi mniSvnelovani narCeni deformaciebis gamovleniT. Semdeg, datvirTvis umniSvnelo zrdiTac ki, koWi kargavs amtanunarianobas, rac gamoixateba SekumSul-gaRunuli sartylis adgilobrivi mdgomareobis dakargviT. an sartylis mdgradobis dakargviT kedlis sibrtyeSi, romelzedac moqmedebs mkumSavi Zala da mRunavi momenti. am dros ar aris gamoricxuli saerTo mdgradobis dakargvac.

amrigad, Txelkedliani koWebis muSaobis Taviseburebebis Seswavlis Semdeg aucilebeli gaxda damuSavebuliyo adekvaturi rekomendaciebi maTi konstruqciuli gadawyvetebisa. es ki migvaniSnebs, rom aseTi koWebis gamoyeneba SesaZlebelia: ganivi sixistis wiboebis gamoyenebiT, romlebic miduRebulia kedelze – ormxrivad da erTmxrivad (nax.6 i,k); sixistis wiboebi ar uerTdeba kedels (nax. 6, l) ganivi sixistis wiboebis gareSe. es ukanaskneli gamoiyeneba iSviaTad. ufro metad gamoiyeneba koWebi sixistis wiboebiT, romelTa daniSnulebaa, rogorc Cveulebriv koWebSi, miiRon adgilobrivi datvirTvebi meorexarixovani koWebisagan da Seamciron monakveTis sigrZe a (nax.6 a) garda amisa, Txelkedlian koWebSi maT aqvT gansakuTrebuli daniSnuleba, romelsac gansazRvravs kedlis muSaoba kritikul (meore) stadiaSi.

Txelkedlian koWebSi sartylebi kedlis daWimulobis gamo muSaoben ara marto kumSvaze და გაჭიმვაზე, aramed Runvazec. amitom, mizanSewonilia sartylis ganivi kveTebi iyos iseTi, romelTac eqnebaT Runvisa da grexvis mimarT didi sixiste. teqnologiuri TvalsazrisiT, ufro misaRebia, sartyeli ganxorcieldes furclovani foladisagan (nax. 6 b) da farTo Tarobiani tesebrisagan (nax. 6 g). didi datvirTvebis SemTxvevaSi SeiZleba gamoyenebuli iqnas gaglinuli an datvirfuli Svelerebi (nax. 6 e, v), an farToTarobiani ortesebri koWebi (nax. 6 z). damzadebis Sromatevadobis mixedviT, sadac didia SeerTebis moculoba (nax. 6 d,v,T), aseTi koWebi naklebad efeqturia, vidre danarCenebi.

statikuri sqemis mixedviT Txelkedliani koWebi SeiZleba iyos Wrili da uWri, xolo moxazulobiT – mudmivi an cvladi simarliT (orqanobiani an erTqanobiani).

Txelkedliani koWis muSaobis Taviseburebebis analizi gvaZlevs saSualebas SeviswavloT misi kedlis moqceva, rogorc Txeli firfitisa. pirveli mimarTuleba, maTi daZabul-deformirebuli mdgomareobis kvlevisa, efuZneba drekadobis arawrfiv Teorias, magram koWebis daproeqtების პრაქტიკული ამოცანების ამოხსნა eyrdnoba kveTis (koWis monakveTis) zRvruli mdgomareobის SedarebiT martivi modelebis Sedgenas. am mimarTulebis arsebobis SesaZlebloba eyrdnoba mravali eqsperimentis analizis Sedegebs [20,21].



nax. 6 koWebi moqnili kedliT: a – saerTo xedi, b – koWebis ganivi kveTebi sartylis sxvadasxva tipebiT; i, k – koWebi kedelze miduRebuli sixistis wiboebiT; l – koWebi kedelze miumagrebeli sixistis wiboebiT

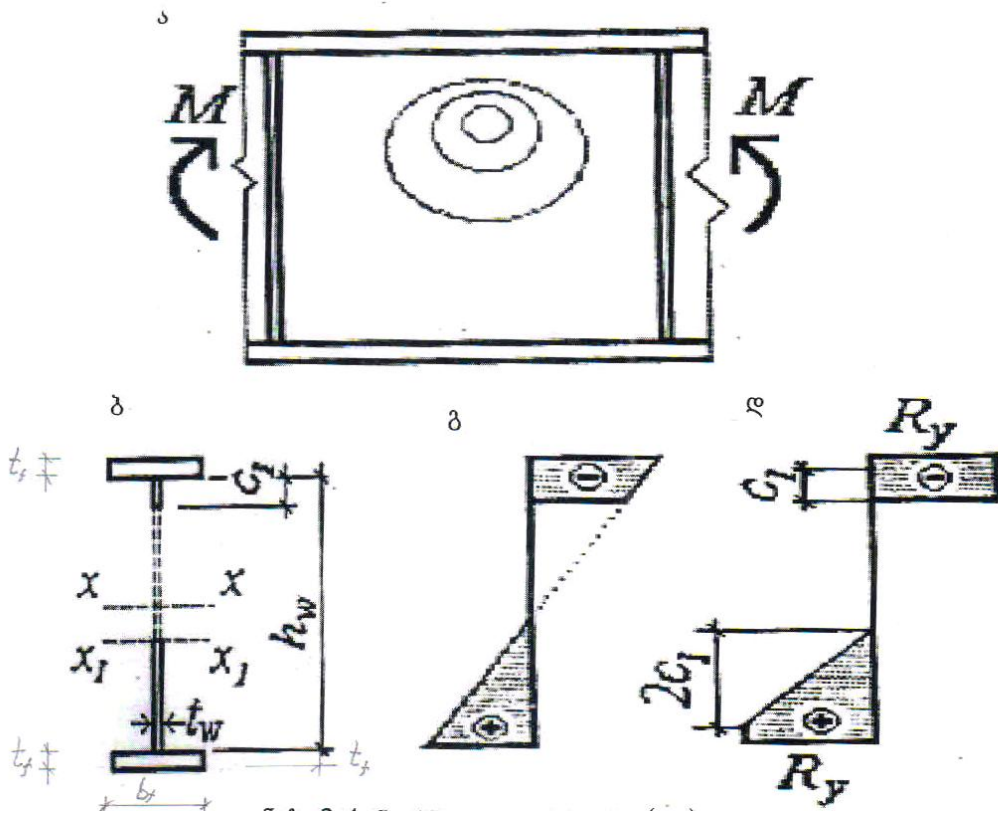
ganvixiloT koWis monakveTi im pirobebSi, romelic axlosaa sufTa Runvis pirobebTan, roca ganivi Zala ar arsebobs an sididiT umniSvneloa (nax. 7).

moqnili kedlis amoburculi nawili (nax. 7 a) praqtikulad gamoTiSulia muSaobidan ukve deformirebis drekad stadiaSi da normaluri Zabvebis epiura kveTSi axlosaa nax. 7 g-ze naCveneb epiurasTan. zRvrul mdgomareobaSi Zabvebi sartylebSi aRweven denadobis zRvars σ_y . am dros koWis SekumSuli nawili (kedlis nawili), romelic uSualod uerTdeba sartyels, efeqturad erTveba

muSaobaSi da Zabvebis (σ_x) epiura SekumSul zonaSi uaxlovdeba sworkuTxeds (nax. 7

d). gamartivebul saangariSo modelSi σ_y -is mniSvnelobis nacvlad Segvyavs masalis saangariSo winaRoba, denadobis zRvaris mixedviT R_y , rogorc maqsimaluri SesaZlo

Zabva da normaluri Zabvebis epiura saangariSo kveTSi miiRebs saxes, rogorc es naCvenebia nax. 7 d-ze.



nax. 7 normaluri Zabvebi (σ_x) epiurebi sufTa Runvis dros: a – koWis monakveTi; b – saangariSo kveTi; g – epiura (σ_x) drekad kritikul stadiaSi (meore stadia); d - epiura σ_x (saangariSo) zRvrul mdgomareobaSi.

normaluri Zabvebis Sesaxeb informacia savsebiT sakmarisia, raTa ganisazRvros koWis ganivkveTSi zRvruli mRunavi

momentebi. Tu kedlis SekumSuli zonisaTvis, isegj rogorc aracentralurad SekumSuli elementebisaTvis aviRebT, rom

$$C_1 = 0,85t_w \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad (2)$$

მაშინ არ იყნება რტული CavweroT zRvruli momentis saerTo formula sufTa Runvis SemTxvevaSi, რომელიც მიიღება კოვის სართლები და კედლის მერ:

$$M_u = R_y \cdot t_w \cdot h_w^2 \left[A_f / (t_w h_w) + 0,85 \left(1 - 1 / \bar{\lambda}_w \right) / \bar{\lambda}_w \right] \quad (3)$$

სადაც

R_y – მასალის საანგარიშო წინაღობა;

E – მასალის დრეკადობის მოდული;

t_w – კედლის სისქე;

h_w – კედლის სიმაღლე;

$\bar{\lambda}_w$ – არის კედლის პრობიტი მოკნილობა;

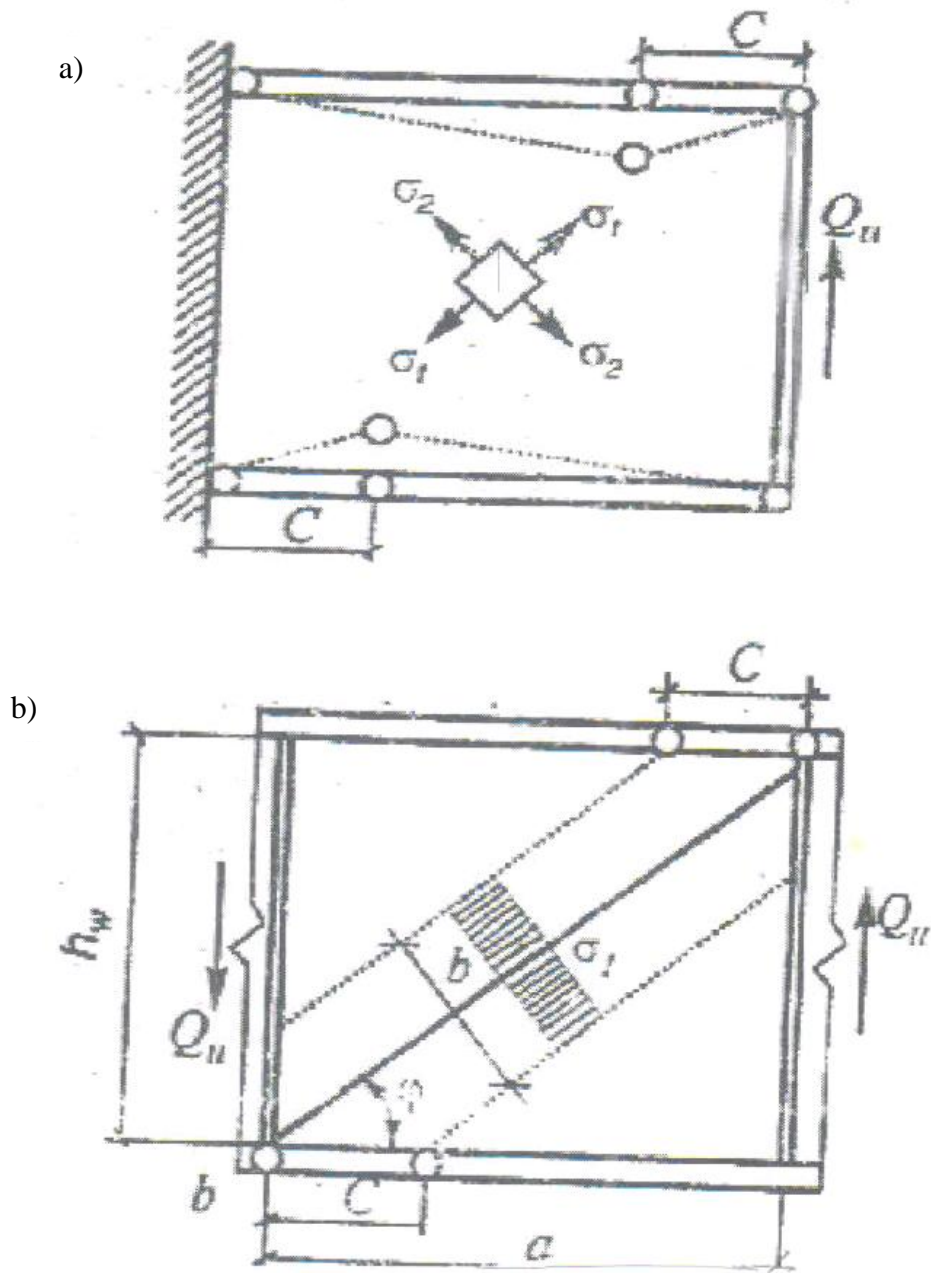
A_f – კოვის განივკვეთის ფართობი.

სუფთა ჯვრის SemTxvevaSi კოვის მალის ნაწილი zRvruli wonasworoba myardeba სართელი პლასტიკური სახსრის და კედლის პლასტიკური ზღის წარმოშობის შემდეგ (ნახ. 8).

პლასტიკური სახსრები წარმოქმნიან სართლებს განივ სისტის ვიბრაციას, ასევე კოვის ანგარიშის ნაწილი კუთხიდან რაჩა C მანჯილე. ეს მანჯილი არ უნდა ანგარიშობდეს კოვის ნაწილის სიგრძის ნახევარს (ნახ. 8).

zRvruli განივი ჯალა უფრო მეტია მნიშვნელოვან, ვიდრე ბრტყელი კედლის მდგრადობის დაკარგვის შესაბამისი კრიტიკული ჯალა Q_{cr} და კრიტიკული სტადიაში ის არის Q_{cr} და Q_d -ს ჯამი, სადაც Q_d -არის გრძივი ჯალის პროექცია ბ პლასტიკური ზღის ვერტიკალურ რეზზე. აქვე ანგარიშსწავლია, რომ ჯაბები σ_2 მხებ ჯაბებთან ერთად აწონასწორებენ ჯალებს Q_{cr} და მისი მნიშვნელობა აიღება ტოლი:

$$Q_{cr} = \tau_{cr} \cdot t_w \cdot h_w \quad (4)$$



ნახ. 8 კოვის მონაკვეთის საანგარიშო მოდელი სფტა ჯვრის დროს; a – პლასტიკური მექანიზმის სქემა, b – ჯალვის განსაზღვრისათვის კედლის დიაგონალურ პლასტიკურ ზოლსი.

როგორც ნახ. 8-ბ-დან ვხედავთ

$$Q_d = \sigma_1 \cdot t_w b \sin \varphi, \quad (5)$$

xolo, roca $b = 2c \cdot \sin \varphi$, maSin

$$Q_d = 2\sigma_1 \cdot t_w c \sin^2 \varphi \quad (6)$$

zRvruli gamWimavi Zabvis (σ_i) mniSvneloba mxeb ZabvasTan (τ_{cr}) erTad, kedlis platikur diagonalur zolSi SeiZleba Caiweros Semdegnairad:

$$\sigma_i = R_y \left(1 - \frac{\sqrt{3}\tau_{cr}}{R_y} \right) \quad (7)$$

$$\text{sadac } \tau_{cr} = 10,3(1 + 0,76/\mu^2)R_s / \bar{\lambda}_{ef}^2$$

$$\bar{\lambda}_{ef} = (d/t_w) \sqrt{R_y / E} \quad (8)$$

aq d – koWis fragmentis mokle gverdi (h_w an a)

μ – koWis fragmentis didi gverdis fardoba mokle gverdTan;

C parametrs gansazRvraven tolobiT $C=b \cdot a$; b -s sazRvraven Semdegi damokidebulebebiT:

$$\text{roca } a \leq 0,03 \quad b = 0,05 + 5a \geq 0,15$$

$$\text{roca } 0,03 < a \leq 0,1 \quad b = 0,11 + 3a \geq 0,40$$

$$\text{aq } a = 8W_{\min} (h_w^2 + a^2) / (t_w h_w^2 a^2), \text{ xolo } W_{\min} - \text{koWis tesebri kveTis, romelic}$$

Sedgenilia sartyelisa da masTan mierTebuli kedlis nawilisagan siganiT $0,5t_w \sqrt{E/R_y}$, umciresi winaRobis momenti.

zRvruli ganivi Zala koWis saangariSo fragmentSi SeiZleba ganisazRvros formuliT:

$$Q_u = R_s t_w h_w \left[\tau_{cr} / R_s + 3,3(1 - \tau_{cr} / R_s) \beta \mu / (1 + \mu^2) \right] \quad (9)$$

koWis fragmenti, romelic erTdroulad ganicdis Runvasa da Zvras (moqnili kedeli gaZlierebulia mxolod ganivi sixistis wiboebiT), simtkiceze SeiZleba Semowmdes formuliT:

$$(M / M_u)^4 + (Q / Q_u)^4 \leq 1 \quad (10)$$

sadac: M da Q mRunavi momenti da ganivi Zala, romelic moqmedebs gansaxilveli fragmentis SuaSi;

M_u da Q_u zRvruli mRunavi momenti da ganivi Zala gamoTvili formulebi (1) da (6).

R_S masalis saangariSo winaRoba Wraze, Zvraze.

Tavdapirvelad aucilebelia simtkiceze Semowmdes koWis is fragmentebi, romlebSic moqmedeben maqsimaluri mRunavi momentebi da ganivi Zalebi, agreTve is fragmentebi, sadac arseboben M da Q -s arasasurveli Tanawyoba. Tu rTulia zemoArniSnulis ganxorcieleba, maSin mizanSewonilia Semowmdes yvela saeWvo fragmenti. Tu damuSavdeba algoriTmebi da programebi, maSin ukeTesia Semowmdes simtkiceze yvela fragmenti.

2.3 mdgradobaze Semowmeba

aucilebelia Semowmdes mdgradobaze SekumSuli ganivi sixistis wiboebi Zalvebze Q_d (6) da N , romelic ganisazRvrebis formuliT:

$$N = 3,3R_S t_w h_w (1 - \tau_{cr} / R_S) \beta \mu (1 + \mu^2) \geq F \quad (11)$$

sadac F – koWis sixistis wiboze moqmedi Seyursuli Zalaa.

wibos saangariSo sigrZes iReben tols

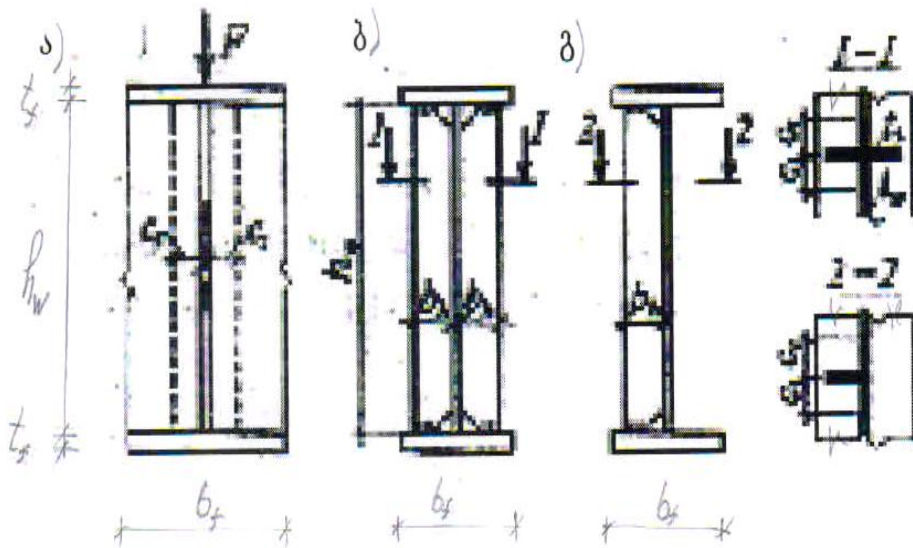
$$l_{ef.y} = h_w (1 - \beta) \geq 0,7h_w \quad (12)$$

aseTi pirobiTi Reros saangariSo sigrZe kveTSi CarTulia, garda sixistis wiboebisa, kedlis fragmenti siganiT.

$$C_1 = 0,65t_w \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad (13)$$

ormxriwi wibos siganed (b_n) iReben $b_a \geq \left(\frac{h_w}{30} + 40\right)$ mm-s, xolo erTmxriwi wiboebisaTvis $b_h \geq \left(\frac{h_w}{24} + 50\right)$ mm-s. sixistis wibos sisqe aiReba

$$t_n \geq 2b_n \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad (14)$$



max. 9. ganivi sixistis wiboebis angariSisaTvis: a – koWis fragmenti, b – kveTi ormxriwi wiboTi, g – kveTi erTmxriwi wiboTi.

sayrdeni sixistis wiboebisaTvis ar SeiZleba ar gaviTvaliswinoT kedlis plastikuri zolis daWimviT warmoSobili Runva, romelmac SeiZleba gamoiwvios sixistis wibos mdgradobis dakargva kedlis sibrtyeSi. am SemTxvevaSi

sakmaod efeqturia konstruqciuli RonisZiebebis gatareba: aranaklebi wibos siganisa da ara umetes $1,3t_w \sqrt{W/R_y}$ manZilze sayrdeni sixistis wibodan damatebiT awyoben ormxriv sixistis wiboebis. am SemTxvevaSi sayrden sixistis wibos warmoadgenen ortesebri, romelic Sedgenilia tæŕsis sayrdeni wibosagan, damatebiTi ormxriwi ganivi sixistis

wiboebisagan da maT Soris koWis kedlis nawilisagan. aseTi kveTis amaRlebul sixistes Runvaze uzrunvelyofs SekumSul-gaRunuli pirobiTi sayrdeni dgaris mdgradoba.

koWebi sixistis wiboebis gareSe SeiZleba gamoviyenoT zogierTi SezRudvebis gaTvaliswinebiT. ase magaliTad, datvirTvebi unda iyos Tanabradganawilebuli da zustad (mkacrad) modebuli koWis kedlis centralur sibrtyeze, agreTve kedlis moqniloba SezRudulia zRvrebSi $7 \leq \bar{\lambda}_w \leq 10$. am SemTxvevaSi koWis simtkices amowmeben formuliT:

$$\frac{M}{M_u} \leq 1 \quad (15)$$

sadac

$$M_u = R_s t_w h_w^2 \left[A_f / (t_w h_w) + 1,4 \left(1 - 1 / \bar{\lambda}_w \right) / \bar{\lambda}_w \right] \delta \quad (16)$$

aq yvela aRniSvna igivea, rogorc (1) formulaSi

$\delta = [1 - 5,6 A_f h_w / (A_w \cdot l)]$ - koWis mzdunarianoðos Semamcirebeli koeficienti, romelic iTvaliswinebs ganivi Zalis gavlenas

$$0,025 \leq (A_f h_w) / (A_w \cdot l) \leq 0,1 \quad (17)$$

moqnilkeliani koWis saerTo mdgomareobis uzrunvelyofis piroba igivea, rogorc Cveulebriv koWebSi. saerTo mdgradobis Semowmeba ar aris saWiro Tu SekumSuli sartylis Camagrebul wertilebs Soris manZili akmayofilebs pirobas

$$l_{ef.y} \leq 0,21 b_f \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad (18)$$

SekumSuli sartylis adgilobrivi mdgradoba uzrunvelyofilia Tu arsebobs piroba

$$b_f \leq 0,76 t_f \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad (19)$$

Tu koWis zeda satyelze, ganivi sixistis wiboebis Soris ubnebze an koWebze sixistis wiboebis gareSe, moqmedeben Seyursuli Zalebi, aucilebelia moqnili kedlis simtkiceze Semowmeba adgilobriv Zabvebze:

$$\sigma_{ioc} = F / (t_W \cdot l_{ef}) \leq 0,75 R_y \cdot \gamma_c \quad (20)$$

γ_c – aris muSaobis piroebis koeficineti.

sadac l_{ef} – kedelze datvirTvebis ganawilebis pirobiTi saangariSo sigrZes, romelic dadgenilia normebiT, rogorc koWebisaTvis Cveulebrivi kedliT.

meore jgufis zRvruli mdgomareobiT angariSi swarmoebis koWis amaRlebuli deformaciulobis gaTvaliswinebiT (roca $\bar{\lambda}_w = 6 \div 13$ -s CaRunva, Cveulebriv koWebTan SedarebiT izrdeba 13%-iT). koWis ganivi kveTis inerciis momenti mcirdeba α koeficientis SemotaniT

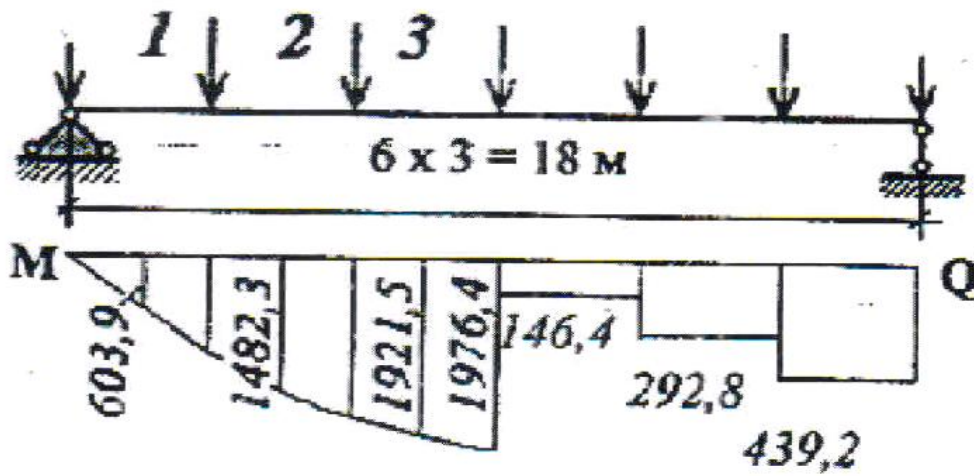
$$\alpha = 1,2 - 0,33 \bar{\lambda}_w \quad (21)$$

literaturaSi [1,2,3] Catarebulia Txelkedliani koWis gaangariSeba, Cveulebrivi SeduRebiT Sedgenili ortesebri koWis piroebis analogiurad. kerZod, dasmulia amocana: gaangariSdes svetebze Tavisuflad dayrdnobili samrewvelo Senobis koWi moqnili kedliT (Txelkedliani koWi). SeirCes ganivi kveTi da ganisazRvros misi elementis zomebi Semdegi monacemebis

mixedviT – koWis mali 18 m; klimaturi raioni – II₄; Tovlis datvirTvis mixedviT – III raioni. saangariSo grZivi datvirTvebi: mudmivi datvirTva (wibovani foladis filebi damaTbobelTan erTad) – 26 kn/m; droebiTi (Tovlis datvirTva mTel malze) – 22,8 kn/m; jamuri – 48,8 kn/m ($q_n=39$ kn/m). mRunavi momentebis M da grZivi Zalebis Q epiurebi naCenebia nax. 10-ze.

aRebulia SeduRebiT Sedgenili ortesebri ganivi kveTis koWi paraleluri sartyelebiT.

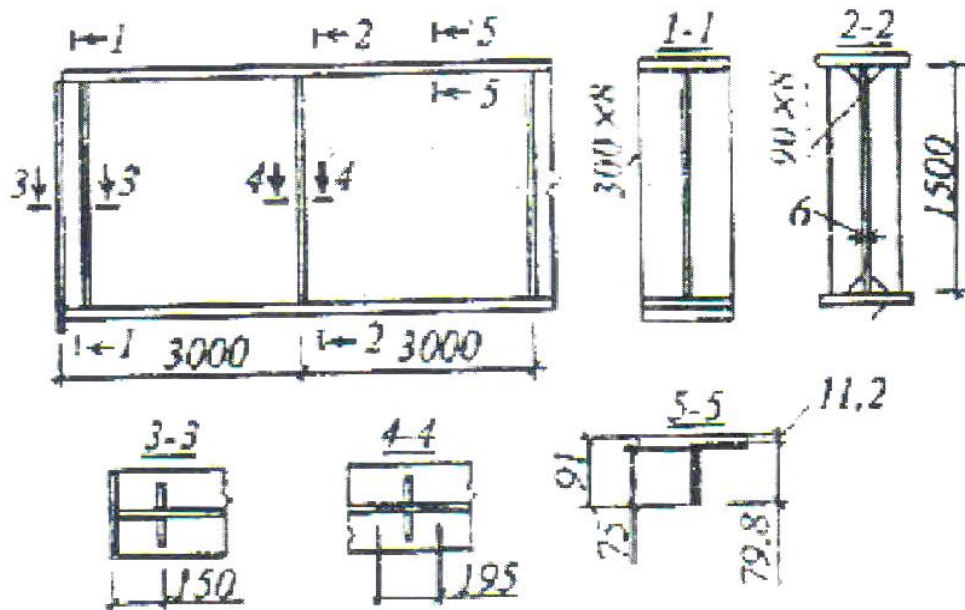
sartyelebisaTvis gamoiyeneba foladis furclebi. vniSnavT foladis markas kedlisaTvis da sartylisaTvis – 09Г2С-6 rac Seesabameba normebs moTxovnebs:



nax. 10. koWis saangariSo sqema da epiurebi M daQ

$R_{yw}=33,5 \text{ kn/sm}^2$ furcelisaTvis sisqiT 4...11-mde; $R_{y\neq}=31,5 \text{ kn/sm}^2$ sartylis furcelebisaTvis sisqiT 20 mm-mde. ganivi sixistis wiboebisaTvis viRebT mciredanaxSirbadovan foladis furclebs – BCт3пс6-1 $R_y=23 \text{ kn/sm}^2$ furclebisaTvis sisqiT 4...10 mm-mde. koWis zRvruli fardobiTi CaRunva $\left[\frac{f}{l} = \frac{1}{250} \right]$.

Txelkedliani koWis gaangariSebis Semdeg miRebuli ganivi kveTis sqema da elementebis zomebi konstruqciul gadawyvetasTan erTad naCvenebia nax. 11-ze.



nax. 11 koWi moqnili kedliT

maSasadame, miRebulia koWis ganivi kveTi:

kedeli – 1500X6 mm, sartylebi – 300X16 mm, Sualeduri sixistis wiboebi – 90X8 mm; sayrdeni sixistis wibo – 300X8 mm. foladis xarji koWze (SeduRebis nakerebis wonis gareSe): kedeli – 1272 kg, sartylebi – 1356 kg, wiboebi – 170 kg. mTlianad foladis xarji 18 m-ian koWze – 2798 kg.

amrigad, koWi moqnili kedliT msubuqia Cveulebriv SeduRebiT Sedgenil ortesebr koWTan SedarebiT:

$$\frac{(3222 - 2798) \cdot 100}{3222} = 13\% \text{ -iT.}$$

Tavi 3

3.1 koWebi gofirebuli kedliT

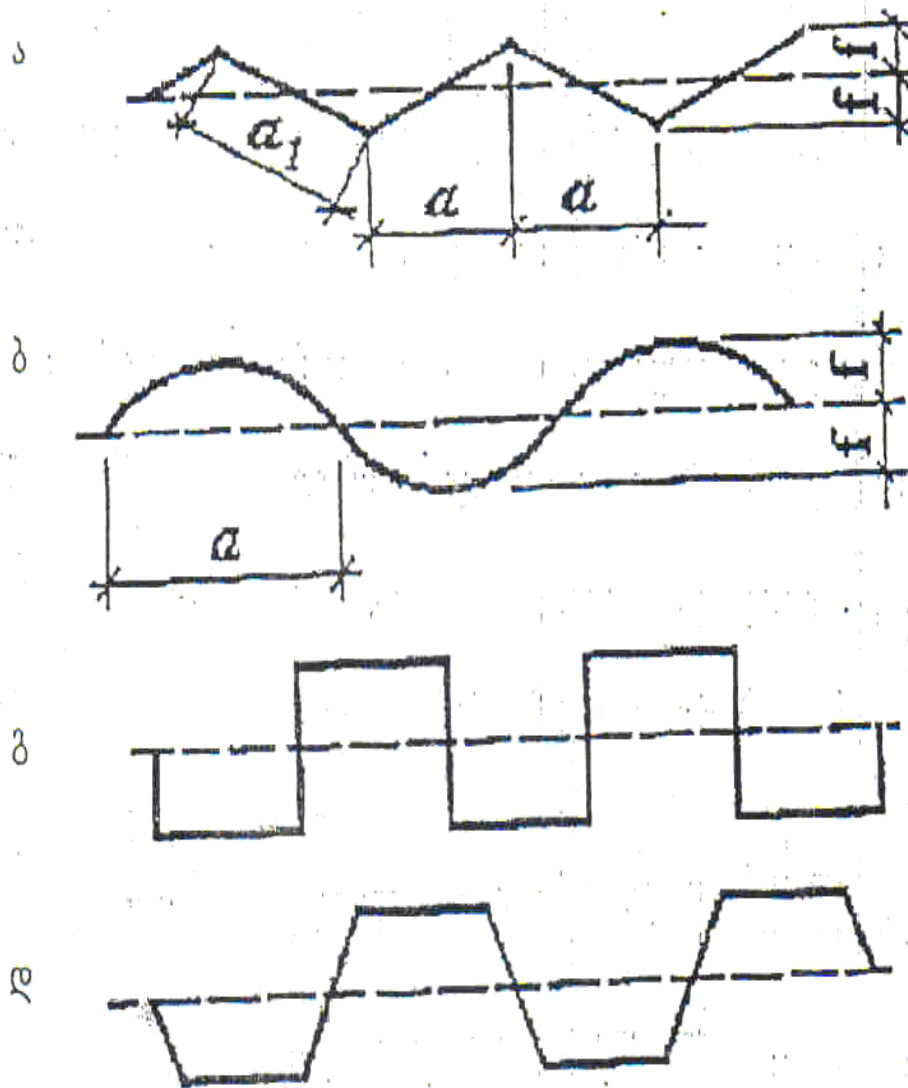
koWebSi masalis xarjis Semcirebis erT-erTi saSualeba aris maTi kedlebis gofireba. Cveulebriv moqnilkedlian koWebSi kedlis sisqe ganisazRvrebA ara simtkicis pirobiT, aramed adgilobrivi mdgradobis moTxovnis mixedviT. am situacias amsubuqebS ganivi sixitis wiboebis mowyoba, romelic saSualebas iZleva Semcirdes kedlis sisqe da

erTdroulad amaRldes kedlis sixiste grexvaze, radgan wiboebi asruleben diafragmebis rols da uzrunvelyofen ganivi kveTis konturis ucvelobas. jer kidev XX saukunis 30-ian wlebSi gaCnda idea koWebis kedlis gofrirebisa, romelic kidev ufro efeqturad daakmayofilebda sasurvel moTxovnebs. gofrirebuli kedlis moqniloba SeiZleba gaizardos 300...600-mde. aRsaniSnavia rodesac furceli rac ufro Txelia, miT ufro advilia misi gofireba.

gofirebuli kedlis sisqes iReben 2...8 mm-mde. es sakmaod Txeli furcelia, romelic uzrunvelyofs mTeli rigi upiratesobebis miRwevas moqnilkedlian koWebTan SedarebiT. gofirebuli koWebis kedlis damzadebis dros warmoiqmneba damatebiTi teqnologiuri operaciebi-gofireba. rac ramdenadme zrdis Sromis danaxarjebis. agreTve, rTuldeba kedlis sartyeITan SeduReba. magram, kedlis sisqis da ganivi sixistis wiboebis raodenobis SemicrebiT miiReba, saboloo jamSi, Sromis danaxarjebis 15...20%-iT Semicreba.

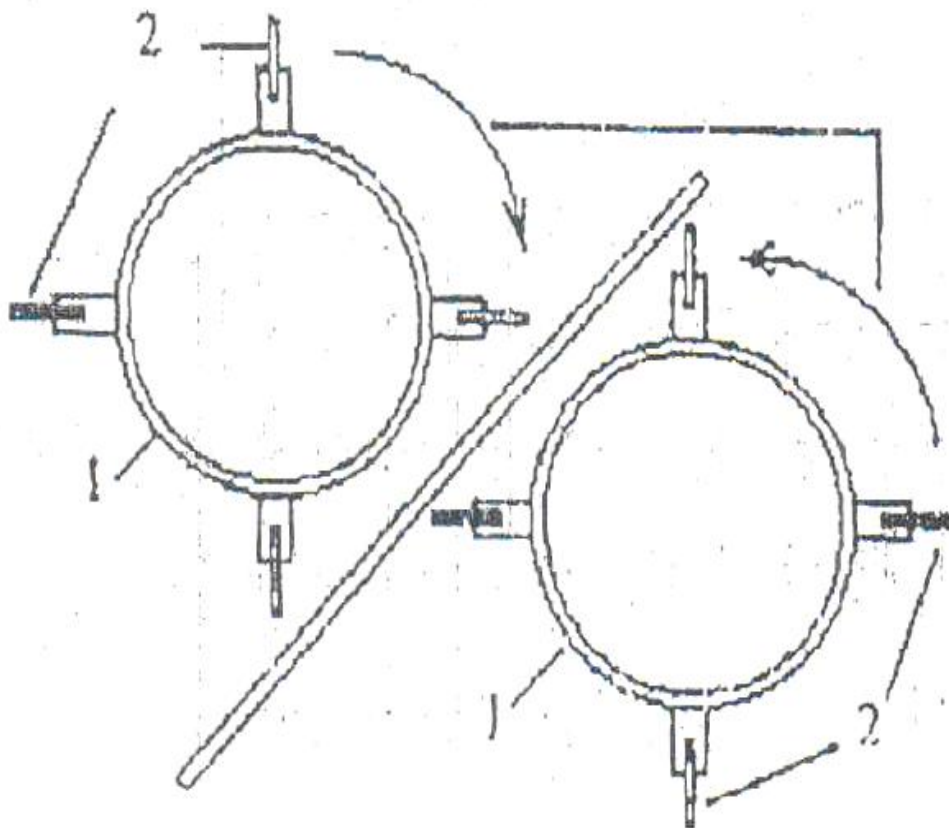
damzadebis Sromatevadobil da foladis xarjis mixedviT, koWebi gofirebuli kedliT ufro efeqturni arian, vidre koWebi moqnili kedliT. es miiRweva sixitis wiboebis raodenobis SemicrebiT, agreTve grexvis mimarT amaRlebuli sixistiT da kedlis SedarebiT maRali adgilobrivi mdgradobiT.

gofirebul kedliani koWis konstruqciuli sqemis SerCevisas mxedvelobaSi miiReba damzadebis teqnologiuri moTxovnebi. SedarebiT martivi da damzadebis mixedviT teqnologiuria kedlebi samkuTxa gofirebiT (nax. 12 a); kedlebi talRovani gofirebiT ufro mdgradni arian (nax. 12 b). praqtikaSi agreTve gamzadebuli profilirebuli furclebis gamoyenebis magaliTebi (nax. 12 g,d).



nax. 12 koWebSi gamoyenebuli kedlis gofrebi: a) samkuTxa, b) talRovani; g,d) Sesabamisad sworkuTxa da trapeciuli, miRebuli gamzadebuli profilirebuli furclebisagan gofrirebul kedliani koWebi mzaddeba liTonis konstruqciebis qarxnebsi, romlebic aRWurvilni arian

specialuri wnexebiT gofrirebisaTvis da stendebiT sartyelTan SeerTebis SeduRebis nakeris gansaxorcieblad.



nax. 13 danadgaris sqema kedlis samkuTxa gofris misaRebad: 1 – lilvebi; 2 – mosaxsneli firfitebi

Txeli furclebi TavSdeba or lilvs Soris, romlebic brunaven erTmaneTis mimarT. lilvis zedapirze damagrebulia specialuri mowyobiloba, romelSic Caismeba saWiro zomis mosaxsneli firfita. lilvebis brunvis dros es firfitebi axorcieleben Txeli brtyeli furclis gadaRunvas. firfitebis sxvadasxva zomebi gvaZleven saSualebas vawarmooT gofirebis parametrebis varireba.

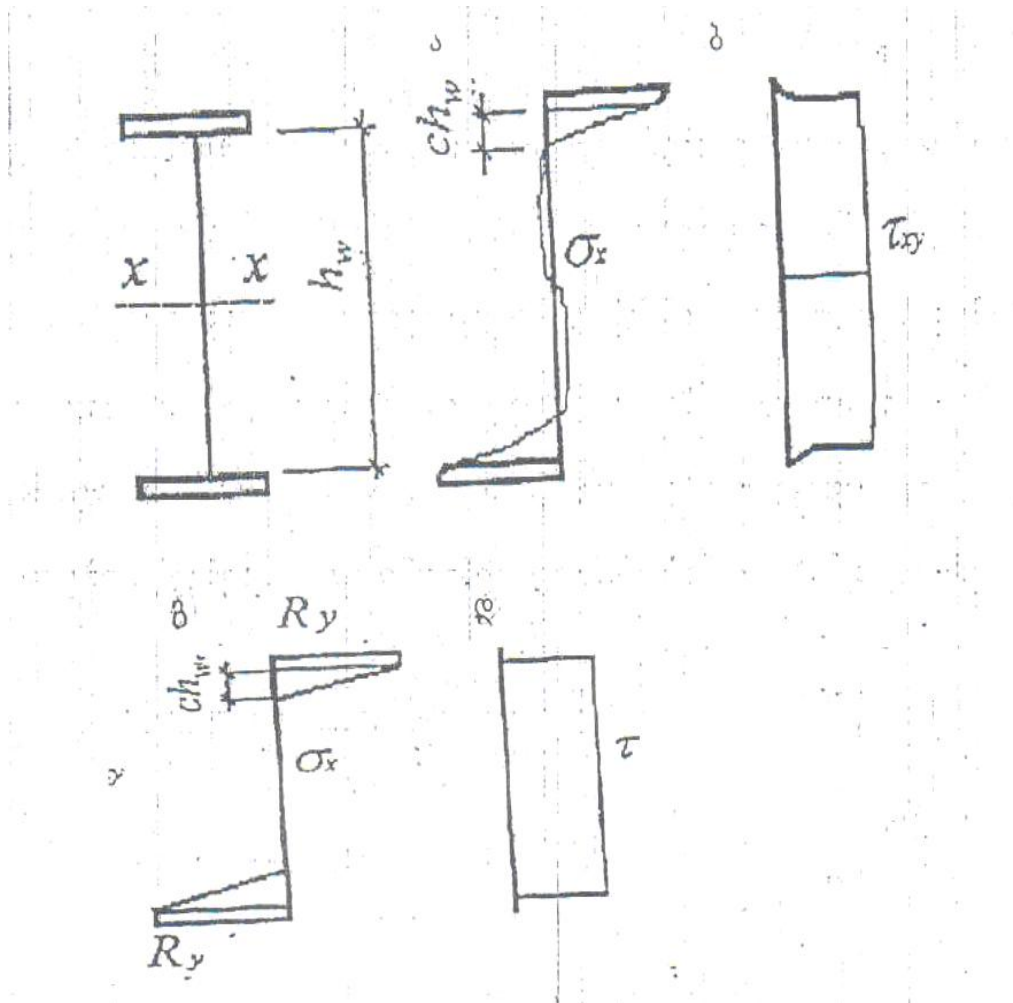
talRovani gofrebi miiReba furclebis gadawnexviT or matricas Soris aq gofris parametrebis varireba garTulebulia, vinaidan saWiroa arsebobdes sxvadasxva matricebis didi raodenoba.

koWebi gofirebuli kedliT ufro xangrZlivad muSaoben drekad stadiaSi, vidre koWebi igive sisqis moqnili kedliT. gofirebulkedliani koWis sartyelebic muSaoben ukeTes pirobebSi, radgan isini ar ganicdian Runvas kedlis sibrtyeSi. gofirebulkedliani

koWebis deformaciuloba 15...20%-iT dabilia, vidre Txelkedliani (moqnili kedliT) koWis, igive parametrebiT.

3.2. gofirebulikedliani koWebis muSaobis Taviseburebani

koWis kedlis da sartylis daZabuli mdgomareba xasiaTdeba Semdegi TaviseburebebiT: normaluri Zabvebi σ_x viTardebian kedelSi sartyelTan axlos da misi sidide swrafad ecema praqtikulad nulamde (nax. 14 a), xolo Zabvebi vrceldeba mTel simaRleze TiTqmis Tanabrad (nax. 14,b). gofrebi sartylebs, xisti SeerTebis gamo, gadascemen Zalvebs, romlebic iwveven satyelSi cvladi sididis da mimarTulebis mRunav momentebS kedlis sibrtyeSi. gofirebul kedliani koWis zRvruli mdgomareoba, rogorc wesi, dgeba Seyursuli Zalebis moqmedebis adgilebSi, kedlis adgilobrivi mdgradobis dakargviT. amis Semdeg kargavs mdgradobas sartylis kedelis sibrtyeSi, ise, rogorc Txelkedlian koWebSi. didi sixistis mqone gofirebulkedlian koWebSi zRvruli mdgomareoba (meore jgufis zRvruli mdgomareoba) iwyeba sakmaod didi narCeni deformaciebis ganviTarebis gamo. gofirebulkedliani koWebis normaluri Zabvebis saangariSo epiurebi naCvenebia nax. 14 g,d-ze.



ნახ. 14 ზაბვის ეპიურები კოWebSi გოფრებულ კედლიT: ა) ნორმალური ზაბვის ეკსპერიმენტალური ეპიურა; ბ) მხები ზაბვის ეკსპერიმენტალური ეპიურა. გ,დ – ზაბვის საანგარიშო ეპიურები.

გოფრებულკედლიანი კოWis zRvrული მდგომარეობა, დგება სეურსული ზაღვის მოყმედების ადგილებსი, კედლის ადგილობრივი მდგრადობის დაკარგვით. გოფრის ტვისეებს განსაზღვრავს კედლის ფურცლის სისქე და გოფრების გომეტრიული პარამეტრები – ტალრის სიგრჯე a და ტალრის სიმაღლე f . გაანგარიშებასი xსირად გამოიყენება ფარდობითი პარამეტრები $\frac{a}{h_w}$, $\frac{f}{a}$ და $\frac{f}{t_w}$ კედლის ადგილობრივი მდგრადობა სეიზლება გაიკარდოს ტუ ვერტიკალური გოფრების ნაცვლად გამოიყენებT დარღვივების გოფრებს. დარღვივის კუთხე ზედა სართელთან ღოლია $45^\circ \dots 50^\circ$ -ის. მაგრამ, ასეთმა კედლებმა, დამზადების სიტულის გამო, პრაქტიკაში გამოიყენება ვერ ხეშვება.

koWebi gofirebuli kedliT proeqtirdeba Cveulebriv ortisebri ganivi kveTiT. sartylebi foladis furclebisaa. maT ar moeTxovebaT maRali sixiste Runvaze da grexvaze, rogorc Txelkedlian koWebSi. sartylis furclis sigane SeiZleba iyos didi, magram misi Semcireba sayrdenisaken SeiZleba mRunavi momentis epiuris Sesabamisad, rac gvaZlevs masalis ekonomias.

gofirebulkedliani koWebis gamoyenebis sfero gacilebiT farToa, vidre koWebis moqnili kedliT. isini gamoiyenebian amweqveSa koWebSi da yvela im SemTxvevaSi, rodesac koWebs moeTxovebaT maRali sixiste grexvaze.

3.3. gaangariSebis Taviseburebani

normatiul literaturaSi jer ar arsebobs rekomendaciebi gofirebulkedliani koWebis gaangariSebis Sesaxeb. arsebobs mxolod sakmaod saimedo sainJinro meTodika.

ganvixiloT gofirebulkedliani koWebis gaangariSebis sakiTxebi. gofirebuli kedlis sartyelTan SeerTebis zonaSi normaluri Zabvebis (σ_x) epiura igivea, rac normaluri Zabvebis epiura (σ_x) Txelkedliani koWebis SekumSul zonaSi (kedlis sartyelTan SeerTebis ubanze), magram kedlis SekumSuli efeqturi zona SedarebiT naklebia, rodesac misi moqniloba tolia 300...500-mde im SemTxvevaSi, rodesac Runvaze muSaobs mxolod sartyelebi. amrigad, simtkicis piroba koWis Runvaze muSaobisas SeiZleba Caiweros Semdegnairad:

$$\sigma = \frac{M}{h} \cdot A_f \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (22)$$

sadac h – aris koWis sartylebs Soris manZili;

M – aris mRunavi momenti;

A_f – aris sartylebis ganivi kveTis farTi;

R_y – aris masalis saangariSo winaRoba gaWimvaze;

γ_c – aris elementis muSaobis pirobebis koeficienti.

kedlis simtkice Wraze ganisazRvreba formuliT:

$$\tau = \frac{Q}{t_w \cdot h_w} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (23)$$

sadac Q – aris ganivi Zala;

R_s – aris masalis saangariSo winaRoba Wraze.

aq winaswar gaTvaliswinebulia mxebi Zabvebis Tanabari ganawileba kedelSi da sartylebis monawileoba koWis muSaobaSi Zvraze.

kedlis simtkice, sartyelze Seyursuli F Zalis moqmedebis dros, ganisazRvreba cnobili formuliT, ise rogorc Cveulebriv koWebSi:

$$\sigma_{ioc} = \frac{F}{t_w \cdot l_{ef}} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (24)$$

sadac l_{ef} - Tanabrad ganawilebuli datvirTvis pirobiTi sigrZe, romelic aiReba pirveli miaxloebiTi, rogorc Cveulebrivi koWebisaTvis, magram gofrirebuli kedlis SemTxvevaSi is SeiZleba nawilobriv gaizardos.

gofrirebulkedliani koWebis sixisteze gaangariSebis dros aucilebelia gaviTvaliswinoT Zvris deformaciebis gavlena. CaRunva koWis malis SuaSi ganisazRvreba moris formuliT:

$$f = \int_1 \frac{M_1 \cdot M_p \cdot d_x}{E \mathfrak{I}_f} + \int_1 \frac{Q_1 \cdot Q_p \cdot d_x}{GA_w} \quad (25)$$

sadac M_1, Q_1, M_p, Q_p – mRunavi momentebi da ganivi Zalebi erTeuli Zalebisa da datvirTvebisagan Sesabamisad gamowveuli;

\mathfrak{I}_f - koWis sartylebis inerciis momentebi;

A_f – koWis ganivi kveTis farTi.

am formulidan gamomdinare ganivi Zalebi 5...15%-mde zrdis koWis CaRunvebs (1/15 ... 1/10)l simaRlis SemTxvevaSi. ufro didi simaRlis SemTxvevaSi is izrdeba 20%-mde.

3.4. gofrirebulkedliani koWebis gaangariSeba mdgradobaze

gansakuTrebuli TaviseburebebiT xasiaTdeba gofirebulkedliani koWebis gaangariSeba kedlis adgilobriv mdgradobaze. kedeli kargavs mdgradobas gofris erT naxevertalRaze an ramdenime gofris farglebSi. am ukanasknels xSirad uwodeben `saerTo` mdgomareobis dakargvas.

gofris mdgradobis piroba ganisazRvrebam gamosaxulebiT:

$$\left(\frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{c\tau} \cdot l_{oc}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{c\tau} \cdot l_{oc}}\right)^2 \leq \gamma_c^2 \quad (26)$$

sadac σ_{oc} – normaluri Zabvebi gofris gaswvri, gamowveuli ganivi Zalebisagan:

$$\sigma_{croc} = 1,8 \left(\frac{h_w}{K \cdot a}\right)^2 R_y / \bar{\lambda}_w^2 \quad (27)$$

kerZod, kedlisaTvis sinusoidaluri profilit

$$\tau_{crlc} = 12,9 \left(\frac{h_w}{K \cdot a}\right)^2 R_y / \bar{\lambda}_w^2 \quad (28)$$

sadac K talRis sigrZis (S) fardoba naxevertalRis sigrZesTan a . Tu mocemulis fardoba

$\frac{f}{a}$ -Tan, maSin $k = 1 + \left[\frac{\pi \cdot f}{2a}\right]^2$ roca $\frac{f}{a} = \frac{1}{6} \dots \frac{1}{3}$ -s, maSin $k = 1,05 \dots 1,25$ -s Sesabamisad.

mdgradobis pirobis formula saSualebas iZleva ganisazRvros gofris naxevertalRis sigrZe a .

rodesac $\sigma_{ioc} = 0$ da $\gamma_c = 1$ -s gveqneba

$$a \leq 12,9 h_w R_S / K_r \cdot \bar{\lambda}_w^2 \quad (29)$$

gofirebuli kedlis mdgradobis Zvraze amowmeben pirobiT:

$$\frac{\tau}{\tau_{cr}} \leq \gamma_c \quad (30)$$

sadac $\tau_{cr} = \frac{K_r \cdot R_s}{\lambda_w^2}$ - kritikuli Zabvas gofirebuli firfitaTvis Zvraze; K_r –

koeficienti, romelic damokidebulia parametrebze $\frac{f}{a}$ da $\frac{f}{t_w}$.

gofirebulkedlian firfitaSi da igive sisqis brtyel firfitaSi warmoqmnili kritikuli Zabvebis Sedareba gvaZlevs saSualebas visaubroT gofirebulis upiratesobaze. kerZod, roca $\frac{f}{t_w} = 5$, maSin kritikuli Zabva gofirebul firfitaSi 2,8...2,9-er metia da $\frac{f}{t_w} = 15$ -is SemTxvevaSi is izrdeba 13-mde.

kedlis samkuTxa gofris SemTxvevaSi, rodesac misi oTxive gverdi pirobiTad saxsrovnadaa Camagrebuli, kritikuli mxebi Zabvebi Caiwereba Semdegnairad:

$$\tau_{crloc} = 8,3 \left(1 + \frac{0,76}{\mu^2} \right) \frac{R_s}{\lambda_w^2} \cdot \mu^2 \quad (31)$$

sadac $\mu = \frac{h_w}{a_1} a_1$ – forfitis mokle gverdi.

aq unda avRniSnoT, rom firfitis mokle gverdiT Camagreba SedarebiT sqel sartyelTan TiTqmis xistia, amitom am adgilebSi kritikuli Zabvebi 10...15%-iT izrdeba.

gofris wibos mdgradobas amowmeben (16) formuliT, romelSic $\sigma_{cr,loc}$ aris kritikuli Zabvebi firfitaSi, rodesac koWis sartyelze, am kveTis gaswvri, moqmedebs adgilobrivi ganivi datvirTva.

kedelSi samkuTxa gofriT kritikuli Zabvebis Sesafaseblad SeiZleba gamoyenebuli iqnas usasrulo sigrZis Tavisuflad dayrdnobili firfitis analogia, romelic gamagrebulia ganivi sixistis wiboebiT. aq aRsanisnavia, rom wyvili wiboebis sixiste Runvaze, kedlis sibrtiyidan, SeiZleba miRebuli iqnas toli gofris sixistis. mdgradobis pirobaSi (17) SeaqvT kritikuli mxebi Zabvebi τ_{cr} romelsac gansazRvraven koeficientis (19) gamoyenebiT:

$$K_r = 8,3 \left\{ 1 + 0,112 \left[5,5 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 - 0,6 \right] \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{a_1}{a} \right) \left(\frac{f}{t_w} \right)^2}{7 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 - 5}} \right\} \quad (32)$$

im SemTxvevisaTvis, rodesac fesqveSa gamosaxuleba naklebia erTze. K_r -s mniSvnelobebi ganisazRvreba $\frac{a_1}{a}$, $\frac{h_w}{a}$, $\frac{f}{t_w}$ parametrebze damokidebulebebiT.

imis gamo, rom gofris mdgradobis dakargvam SeiZleba gamoiwvios kedlis saerTo mdgradobis dakargva, gofris zoma

aRebuli unda iqnes garkveuli maragiT, magaliTad $\sigma_{crloc} \geq 1,1\tau_{cr}$ pirobidan gamomdinare.

gofrirebulkedliani koWebis SekumSuli sartyelebi muSaoben ukeTes pirobebSi, vidre Cveulebrivi koWis sartyelebi. agreTve, sartylis Camagrebis ufro maRali xarixsis gamo, warmoqmneba ufro didi kritikuli Zabvebi.

talRovani gofrirebis SemTxvevebSi unda vixelmZRvaneloT Semdegi rekomendaciebiT $\frac{b_f}{t_f}$ zRvruli fardobis SerCevis dros:

$$(0,5b_f + f)/t_f \leq 0,95 \sqrt{K_u \frac{E}{R_v}}, \quad (33)$$

da ganivi Runvis zonaSi

$$0,5b_f/t_f \leq 0,82 \sqrt{K_n \frac{E}{R_y}},$$

$$\text{სადაც } K_u = 0,0645[(b_f + 2f)/a]^2 + 0,427;$$

$$K_n = (b_f/4a)^2 + 0,456. \quad (34)$$

Tu koWSi, brtyeli kedliT, sartylis adgilobrivi mdgradobis pirobas aqvs saxe

$$0,5b_f/t_f \leq 0,5 \sqrt{\frac{E}{R_y}}, \quad (35)$$

maSin koWebSi, talRovani kedliT, sufTa Runvis zonaSi piroba miiRebs saxes

$$(0,5b_f + f) / t_f \leq 0,665 \sqrt{\frac{E}{R_y}}, \quad (36)$$

rodesac $(b_f + 2f) / a = 1$ xolo ganivi Runvis zonaSi is Caiwereba Semdegnairad:

$$\frac{0,5b_f}{t_1} \leq 0,6 \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad (\text{roca } \frac{b_f}{a} = 1) \quad (37)$$

gofrirebulkedliani koWis sasargeblod sxvaoba, miRebul pirobebSi, Seadgens daaxloebiTY 20%-s.

zemoTaRniSnulis naTelsayofad arsebul literaturaSi [2] gaangariSebulia gofrirebulkedliani koWi igive pirobebiT, rogorc es iyo Txelkedliani koWis SemTxvevaSi. kerZod, dasmulia amocana: ganisazRvros gofrirebuli koWis yvela saWiro parametri Semdegi monacemebiT – koWis ganivi kveTi aris ortesebri mudmivi simaRlis. koWis mali – 18 m, saangariSo grZivi mudmivi datvirTva – 26 kn/m, Tovlis (droebiTi) – 22,8 kn/m, jamuri – 48,8 kn/m ($q_n=39$ kn/m) klimaturi raioni – II₄, Tovlis – III raioni, M da Q-s epiurebi naCvnebioa nax. 2.7-ze.

koWis kedeli ganxorcielebulia vertikaluri samkuTxa gofriT. masalis ekonomiiis mizniT gaTvaliswinebulia sartylis siganis Semcirdeba sayrdenebisaken koWis 1/6 sigrZeze, e.i. $\frac{l}{6} = 3$ m. viRebT folads markiT 09Г2С-6 sartylebisaTvis da dabalnaxSirbadovan folads markiT C235 kedlisaTvis: $R_{yw}=21,5$ kn/sm² (roca $t=4...20$ mm); $R_{sw}=0,58R_{yw}=12,47$ kn/sm²; $R_{yf}=29$ kn/sm². gansazRvruli fardobiTi CaRunva $\left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{250}$.

gaangariSebiT miRebuli koWis ganivi kveTi: kedeli – 1200X4 mm, sartylebi – 340X18 mm, sixistis wiboebi koWis sayrdenze – 300X8 mm. Sualeduri ganivi sixistis wiboebi ar aris gaTvaliswinebuli.

Sefasebuli masalis xarji koWze: kedeli – 726 kg, sartylebi – 1729 kg, sayrdeni sixistis wiboebi – 91 kg. mTlianad – 2546 kg.

Cveulebriv koWTan SedarebiT masalis ekonomia Seadgens

$$\frac{(3222 - 2546) \cdot 100}{3222} = 21\% -s$$

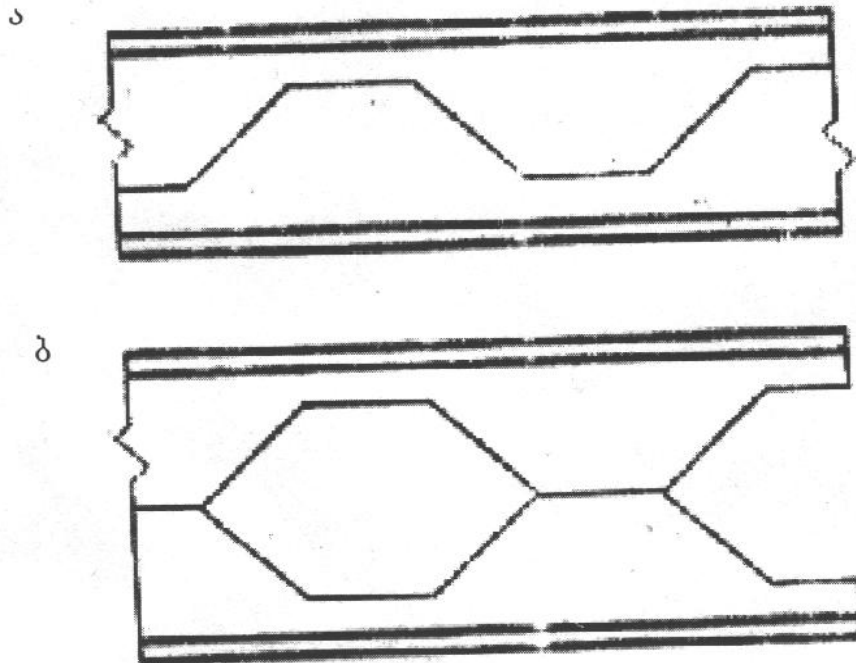
koWTan moqnili kedliT (Txelkedlian koWTan) SedarebiT masalis ekonomia
Seadgens

$$\frac{(2798 - 2546) \cdot 100}{2798} = 9\% -s.$$

Tavi 4

4.1. perforirebul kedliani koWebi

Runvaze momuSave elemnetebSi foladis efeqturi gamoyenebis amaRlebisaken miswarfebam inJinrebi miiyvana originalur idemade, romelic mdgomareobs SemdegSi: gaglinuli ortesebris (an Sveleris) kedeli iWreba Tanabari (regularuli) bijiT texili xazis analogiurad. Wra xdeba airiT an mZlavri wnexebiT. Semdeg, gaWrili koWis ori naxevari gamoSverili nawilebiT erTdeba SeduRebiT (nax. 15)



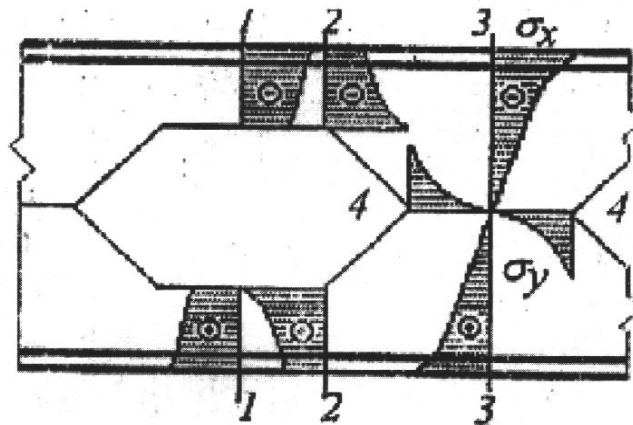
nax.15^o koWi perforirebuli kedliT: a _ kedlis Wris sqema, b _ gaWrili koWi misi ori nawilis SeduRebiT SeerTebis Semdeg

saboloo Sedegi am ideisa mdgomareobs SemdegSi: 1. izrdeba koWis simaRle; 2. masala gadanawildeba ganivkveTsi da koncebtrirdeba sartylebTan axlos; 3. mniSvnelovnad izrdeba kveTis geometriuli maxasiaTeblebi – inerciis momenti da winaRobis momenti, rac dadebiTi movlenaa masalis efeqturi gamoyenebisa. Sedegad miviReT koWis originaluri konstruqciuli forma-koWi xvretebiani (sarkmelebiani) kedliT. konstruqciuli formis aseTi gadawyveta daaxloebiT erTnaxevarjer zrdis koWis simaRles da kveTis winaRobis moments, xolo kveTis inerciis momenti izrdeba TiTqmis orjer. aseT koWebSi, kedlis centralur zonaSi, naklebad gamoyenebuli nawili (kedlis masalis 35...40%) amovardnilia muSaobidan, rac koWebis umetesi nawilisaTvis ar warmoadgens saSiSroebas.

perforirebul kedlian koWebSi masalis xarji 20...30%-iT naklebia, vidre Cveulebriv gaglinul koWebSi, amavdroulad ecema Rirebuleba 10...18%-iT. mocemuli gaglinuli ortesebri profilis Wraze da Semdeg ori naxebris SeduRebiT SeerTebis dros Sromis damatebiTi danaxarjebi ar aris didi. perforirebul kedliani koWebi damzadebis Sromatevadobis mixedviT 25...35%-iT ufro efeqtirebi arian, vidre Cveulebrivi SeduRebiT Sedgenili ortesebri koWebi. es efeqturoba miiReba SeduRebis moculobis SemicirebiT da damuSavebis operaciebis naklebi SromatevadobiT.

4.2. muSaobis Taviseburebani

xvretebi kedelSi cvlian koWis ganivi kveTis daZabuli mdgomareobis suraTs. Tu normaluri Zabvebis ganawileba xvretis Suis mimaroulebion axlosaa wrfesTan (nax.15^b k.v.1-1.), mravalkuTxa xvretis kuTxis zonaSi normaluri Zabvebis (σ_x) epiura aris mrudwiruli (nax.15 k.v.2-2.), rac gamowveulia Zabvebis koncentraciiT.



nax.15^b nominaluri Zabvebis epiurebi koWis kveTsi

normaluri Zabvebis (σ_x) epiuris nawilobrivi arawrfivoba SeiCneva kedlis mTlian ubnebe, xvretebs Soris ubanze (nax. 15 k.v. 3-3). koWis ori naxebris SeerTebis adgilze (nax. 15 k.v. 4-4) Tavs iCenen normaluri Zabvebis σ_x . yvelaferi es miuTiTebis imaze, rom mravalkuTxa (am SemTxvevaSi eqvskuTxa) xvretis garSemo aris Zabvebis koncentracia. umetes SemTxvevaSi masalis plastikurobis maragi sakmarisia imisaTvis, rom Zabvebis koncentraciam koWis mZidunarianobaze ar iqonios mniSvnelovani gavlena. magram, amave dros mxedvelobaSi unda viqonioT, rom cikluri an dartyimiTi zemoqmedebisas, gansakuTrebiT dabali temperaturebis dros, xvretis kuTxebsi ar warmoiSvas bzarebi.

xvretebs Soris sartylis tesebri ubnis muSaobaSi SeimCneva Taviseburebani. isini imyofebian ganivi Zalebis moqmedebis qveS, romlebic warmoSoben damatebiT

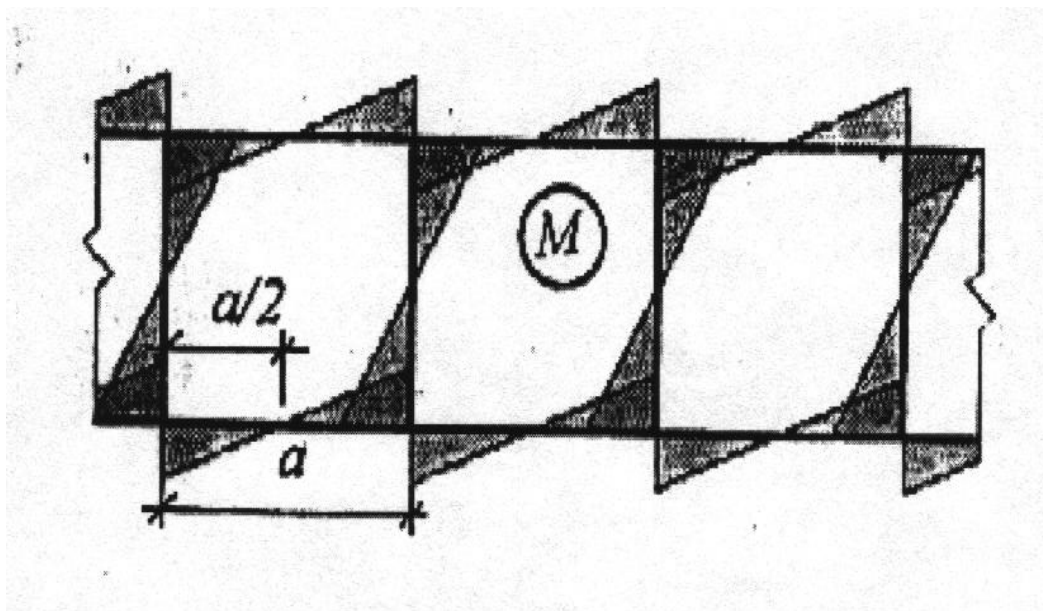
CaRunvebs. sartylebIs zRvruli mdgomareoba xasiaTdeba plastikuri deformaciebis mniSvnelovani ganviTarebiT. tesebri formis xvrelebs Soris ubani ZiriTadad muSaobbs Zvraze da misi amtanunarianoba, rogorc wesi, ganisazRvrebA mdgradobiT. zRvruli mdgomareobis dros mdradoba SeiZleba dakargos erT-erTi tesebri sartylis kedelma, radgan is am dros aRmoCndeba SekumSuli an SekumSul-gaRunuli.

arsebobs perforirebul kedliani koWebis gaangariSebisadmi ramdenime midgoma, dawyebuli gaangariSebis martivi sainJinro modelebidan dreakad stadiaSi, Zabvebis koncentraciis gaTvaliswinebis gareSe, damTavrebuli dreakadi gaangariSebis garTulebul modelebamde, sasruli elementebis meTodze dayrdnobiT.

praqtikaSi, ufro xSirad, gamoiyeneba SedarebiT martivi inJinruli gaangariSebis sqemebi. am midgomas davuTmobT Cvenc met yuradRebas.

perforirebuli koWi ganixileba, rogorc regularuli uiribno sistema, romlis ZiriTadi elementebia horizontaluri

(sartylis tesebri nawilebi) da vertikaluri (kedlis nawili xvretebs Soris) ელემენტები. vertikaluri elementi ganixileba rogorc pirobiTi Rero, romelTa sigrZis SuaSi mRunavi momenti tolia nulს (nax. 16).



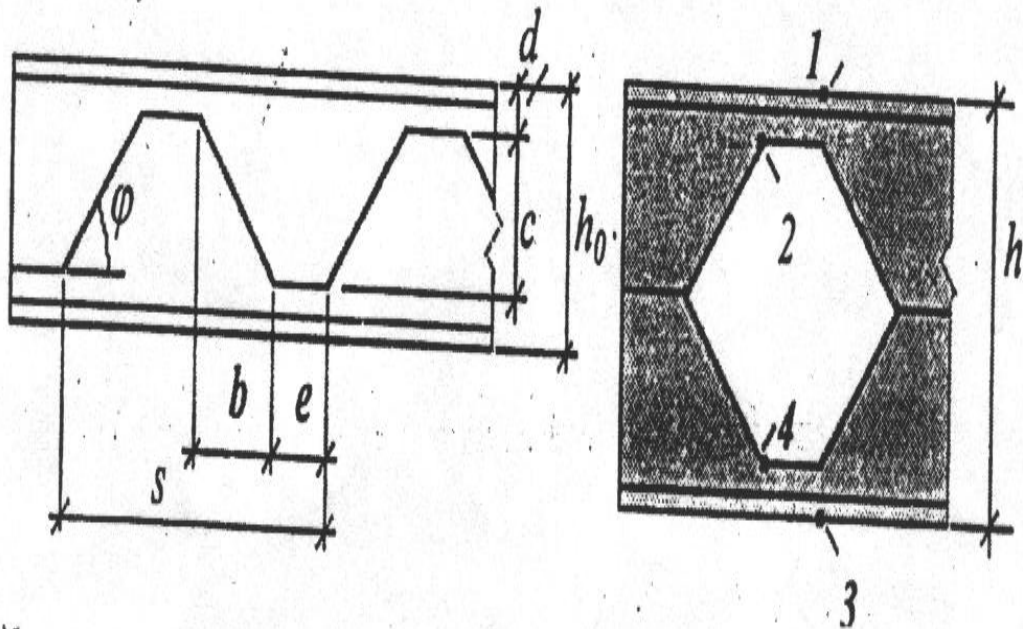
nax. 16 koWis saangariSo modeli

es modeli saSualebas gvaZlevs avagoT perforirebul kedliani koWis elementebis kveTebis gaangariSebis miaxloebiTi modeli.

gaangariSebisaTvis dadgenilia koWis zomebis ZiriTadi oanafardobebi, romlebic ganisazRvreba kedlis Wris geometriiT da SeiZleba Cawerili iqnen Semdegi saxiT (nax. 17):

$$h = h_0 + c; S = 2(b + c);$$

$$b = \frac{c}{tgj}; tgj = \frac{c}{b}; d = \frac{h_0 - c}{2} \quad (38)$$



nax. 17 zomebis aRniSvna da kveTis maxasiaTebeli wertilebi

perforirebuli kedliani koWis gaangariSebisa aucileblad gasaTvaliswinebelia is, rom sartylebSi koWis saerTo Runvis Sedegad normaluri Zabvebis garda warmoiSobian Zabvebi ganivi Zalebisagan (nax. 17). maqsimaluri Zabvebi warmoiSogbian im kveTebSi, romlebic gadian xvretebis kuTxeebze. sartylis tesebris sigrZes iReben e-s tols.

uSveben, rom ganivi Zala koWis simetriul kveTSi Tanabrad iyofa sartylebs Soris. am SemTxvevaSi, Zvris Zalebisagan warmoSobili mRunavi momentebi tesebri sartylis kveTSi ganisazvRvreba gamosaxulebiT:

$$M_f = \left(\frac{Q}{2}\right) \left(\frac{e}{2}\right) = Q \frac{e}{4} \quad (39)$$

zograd SemTxvevaSi (asimetriuli kveTebi) simtkiceze Semowmeba normalur kveTebSi, rodesac tesebr sartyelSi erTdroulad moqmedeben grZivi Zalebi N, mRunavi momentebi M

da ganivi Zalebi Q (wertilebisaTvis 1 da 2 zeda sartyelSi) SeiZleba Catardes formulebiT:

$$\sigma_1 = \frac{M_{y1}}{I_{x0}} + Q_1 \cdot \frac{e}{(2W_{f1max})} \pm N \cdot \frac{A_{f1}}{A} \leq R_{y1} \cdot \gamma_c \quad (40)$$

$$\sigma_2 = \frac{M_{y2}}{I_{x0}} + Q_1 \cdot \frac{e}{(2W_{f1max})} \pm N \cdot \frac{A_{f1}}{A} \leq R_{u1} \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_u}$$

qveda sartyelSi, 3 da 4 wertilebisaTvis, formulebi miiReben saxes:

$$\sigma_3 = \frac{M_{y3}}{I_{x0}} + Q_2 \cdot \frac{e}{(2W_{f2max})} \pm N \cdot \frac{A_{f2}}{A} \leq R_{y2} \cdot \gamma_c \quad (41)$$

$$\sigma_4 = \frac{M_{y4}}{I_{x0}} + Q_2 \cdot \frac{e}{(2W_{f2max})} \pm N \cdot \frac{A_{f2}}{A} \leq R_{u2} \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_u}$$

sadac: y_i – kveTis centraluri RerZidan TiToeuli wertilis dacileba Sesabamisad; I_{x0} – kveTis inerciis momenti naxvretze Q_1 da Q_2 – Sesabamisad ganivi Zalebi zeda da qveda tesebr sartyelSi, romlebic aiReba kveTis simarleebis proporciulad, magaliTad, $Q_1 = Q \frac{d_1}{(d_1+d_2)}$ da d_2 – zeda da qveda tesebrebis kveTebis simarleebi .

W_{f1} , W_{f2} , A_{f1} A_{f2} – winaRobis modebtebi da kveTebis farTobebia zeda (f_1) da (f_2) tesebri sartyelbisaTvis.

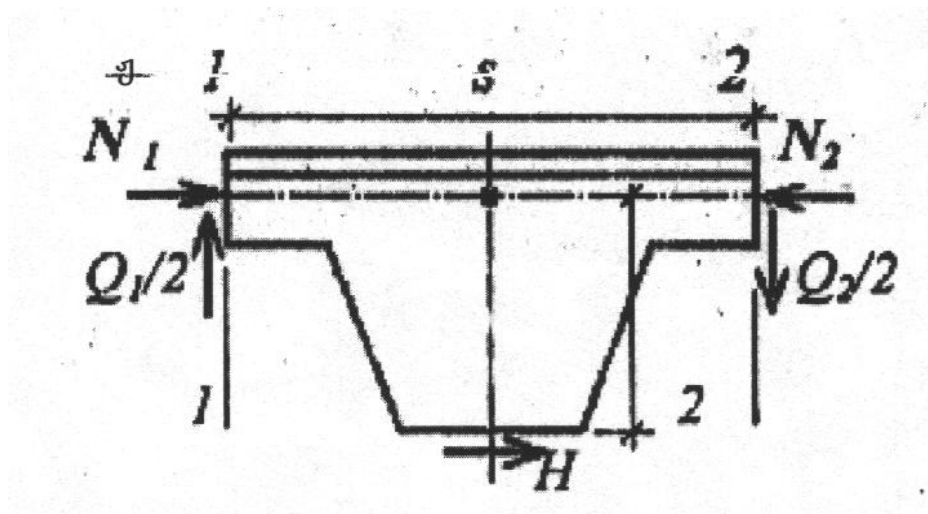
xvretis kuTxis wertilebSi 2 da 4 (nax. 17) simtkices amowmeben saangariSo winaRobis R_u da koeficient γ_u – saSualebiT, raTa Tavidan iqnes acilebuli rRveva, radgan am wertilebSi ufro metia Zabvebis koncentracia. unda aRiniSnos, rom

Sesazlebelia sxvadasxva formebis gamoyeneba koWis zeda (1) da qveda (2) naxevebisavis.

amave dros unda arinisnos, rom grZivi Zalvebi koWebSi, rogorc wesi, Sedarebit mcirea (an saertod ar arseboben: $N=0$) da Sesabamisad angariSebi martivdeba.

4.3. koWis or naxevars Soris horizontaluri Zvra

gamovyoT koWis zeda nawilSi bijis toli nawili (nax. 18) da ganvixiloT misi wonasworoba rogorc uiribno sistemisa (nax. 18).



nax. 18 Zvris Zalebis gansazRvrisavis koWis zeda nawilSi

davuSvat, rom sartylebSi gvaqvs mxolod grZivi da ganivi Zalvebi (momentebi tesebr sartyelTan aris nulis toli). simartivisavis aq miRebulia koWis simetriuli kveTi. uiribno sistemis saangariSo sqema yvelaze axlosaa am SemTxvevasTan. maSin, SeiZleba damokidebulebebi Zvris Zalasa (H) da Siga Zalvebs Soris, kveTebSi 1-1 da 2-2, Caiweros Semdegi saxiT:

$$\sum X = 0; H = N_2 - N_1 = \frac{(M_1 - M_2)}{f}; \quad (42)$$

$$\sum M = 0; H = \frac{s(Q_2 - Q_1)}{2f_0} = \frac{sQ_{cp}}{f}; \quad (43)$$

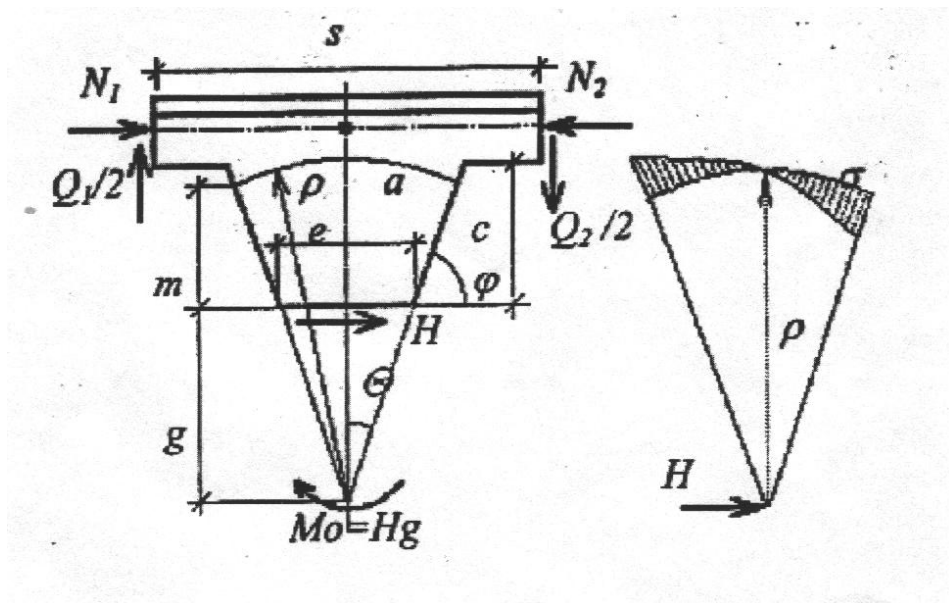
sadac: Q_{cp} – ganivi Zalis saSualo mniSvnelobaa fragmentis farglebSi.

ufro metad datvirTulia fragmenti koWis sayrdenTan, amitom misi simtkicis Semowmeba SeiZleba moxdes formuliT:

$$\tau = S \cdot \frac{Q_3}{(t_w \cdot ef)} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (44)$$

sadac: Q_3 _ ganivi Zalis saSualo mniSvnelobaa koWis pirveli fragmentis Sua kveTsi (manZilze $S_1+S-0,5e$); S_1 _ manZili sayrdenis RerZidan pirveli xvretis dasawyisamde); t_w _ koWis kedlis sisqea.

ganvixiloT, ufro detalurad, koWis fragmentis daZabuli mdgomareobis suraTi Zvris Zalebisagan, rogorc uiribno sistemis elementi, fragmenti muSaobs ara marto Zvraze, aramed Runvazec. ganvixiloT fragmenti Semdegi saxiT



nax. 19 fragmentis daZabuli mdgomareobis analizisaTvis

Runvaze momuSave saangariSo kveTad aviRoT radialuri kveTi P radiusiT, romlis sigrZec ganisazRvreba normaluri Zabvebis maqsimumis pirobidan.

damokidebuleba Zvris Zalasa H da mRunav momets M_p Soris, fragmentis radialur kveTsi, ganisazRvreba formuliT:

$$M_p = H(\rho - g) \quad (45)$$

maSin, normaluri Zabvebi saangariSo kveTsi iqneba

$$\sigma_{\rho} = \frac{M_p}{W_p} = \frac{H(\rho - g)}{W_p} \quad (46)$$

Tu mxedvelobaSi miviRebT geometriul damokidebulebebs:

$$g = \frac{e}{2tg\theta}; \rho = \frac{(m + g)}{\cos\theta} = \frac{m}{\cos\theta} + \frac{e}{2\sin\theta} \quad (47)$$

$$\alpha = 2\rho\theta$$

miviRebT saangariSo radialuri kveTisaTvis winaRobis momentis mniSvnelobas:

$$W_{\rho} = t_w \frac{a^2}{6} = \frac{2t_w \rho^2 \theta^2}{3} \quad (48)$$

am formulebis gamoyenebiT diapazoni ganisazRvrebA mniSvnelobiT, rac pasuxobs SedarebiT gavrcelbul konfiguraciebs profilebis Wrisa. maqsimaluri Zabvebi saangariSo kveTebSi gamoiTvleba formuliT:

$$\sigma_{\rho} = 3H \frac{\rho - g}{2t_w \rho^2 \theta^2} \quad (49)$$

romelic samarTlianია, rodesac $m = \frac{e(\cos\theta - \frac{1}{2})}{tg\theta} \leq c$

elementaruli gaangariSebiT dadgenilia, rom roca $\theta=45^\circ$, $m < c$, $e=4.83c$ xolo roca $\theta=30^\circ$, Tu $m < c$, $e=1.58c$

CavsvaT (m) zomis zRvruli mniSvneloba Zabvis formulaSi da miviRebT maqsimaluri Zabvebis mniSvnelobebs fragmentis ganapira boWkoebsi.

4.4 perforirebul kedelsi firfitis mdgradobis Sefaseba

firfitis mdgradobis Semowmeba warmoadgens sakmaod rTul amocanas. magram, aqve unda aRiniSnos, rom mdgradobis Semowmeba firfitis ganapira zonebSi SesaZlebelia SedarebiT martivi modeliT, Tu mdgradobis dakargvis forma cnobilia. Pperforirebul kedliani koWebisaTvis mdgradobis dakargvis xasiaTi cnobilia. firfita, mdgradobis dakargvis SemTxvevaSi, Semobrundeba propeleriviT, radgan Zvris Zalebis moqmedebis dros koWis erTi naxevari ikumSeba, meore ki iWimeba. am dros, SedarebiT didi Zabvebi warmoiqmnebian xvretis daxrili ubnebis napirebSi.

warmovidgoniT erT-erTi fragmentis muSaobis sqema, rogorc konsolis, romelic Camagrebulia tesebr sartyelTan da Tavisufal boloze modebulia Zalva H. mdgradobis SemowmebisaTvis pirobiTad miviRoT, rom xvretis daxrili ubnis bolo zoli ar aris dakavSirebuli trapeciuli gamonaSveris danarCen nawilTan (nax. 20). da muSaobs rogorc SekumSuli Rero Tavisufali sigrZiT es sigrZe tolia Wris daxrili gverdis. erTeuli sigrZis zolisaTvis, sisqiT inerciis radiusi tolia:

$$l_0 = \frac{c}{\sin 3\varphi} \quad r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{(1 \cdot t_w^3 / 12)}{1 \cdot t_w}} = 0,289t_w$$

(50)

amrigad, fragmentis SekumSuli zonis mdgradobis moaxloebiTi Semowmeba SeiZleba formuliT:

$$\sigma_\rho = \frac{3Htg\theta}{4t_w \cdot e \cdot \theta^2} \leq \varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c \quad (51)$$

sadac φ grZivi Runvis koeficientia, romelic ganisazRvreba moqnilobis mixedviT:

$$\lambda = \frac{l_0}{r} = \frac{C}{0,289t_w \sin \varphi} \quad (52)$$

es Semowmeba SeiZleba kidev gamartivdes Tu gaviTvaliswinebT Zvris Zalas (H) da mxeb Zabvebs Soris kavSirs RerZul kveTSi:

$$H = \tau \cdot e \cdot t_w \quad (53)$$

kritikuli mxebi BZabvebi, H-is CasmiT σ_ρ gamosaxulebaSi, ganisazRvreba formuliT:

$$\tau_{cr} = \frac{4\theta\sigma_{cr}}{3tg\theta} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (54)$$

amrigad, mxebi Zabvebis kavSiri, romelic Seesabameba kritikuli normaluri Zabvebis gamovlenis moments, ganisazRvreba xvretis gverdis daxris kuTxiT θ (an φ). profilis Wris sxvadasxva kuTxis SemTxvevaSi es kavSiri mocemulia cxrilSi [2].

imisaTvis, rom daculi iyos gamosaxuleba, roca ar aris gamoyenebuli xelovnuri gaZliereba, saWiroa gaizardos zoma e.

rodesac fardoba , an ar $\frac{h_{sf}}{t_w} \geq 2,5 \sqrt{\frac{E}{R_y}}$ aris daculi angariSiT

simtkicis piroba., normebiT gaTvaliswinebulia Seyursuli datvirTvebis moqmedebis adgilebSi moewyos sixitis wiboebi, rogorc Cveulebriv ortesebr koWebSi.

SekumSuli tesebri kveTis kedlis simaRle unda akmayofilebdes normebs [3] pirobebs: elementebisaTvis pirobiTi moqnilobiT $\lambda=0,8...4$ kedlis simaRlis fardoba sisqesTan, pirobisaTvis $1 \leq \frac{b_f}{h_{ef}} \leq 2$, ar unda aRematebodes mniSvnelobas:

$$\frac{h_{ef}}{t_w} = (0,4 + 0,07\bar{\lambda}) \left(1 + 0,25 \sqrt{2 - \frac{b_f}{h_{ef}}} \right) \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad (55)$$

sadac: h_{ef} kedlis saangariSo simaRlea; b_f tesebri Taros sigane; $\bar{\lambda}$ tesebri TaroebisaTvis aiReba 1,4-is toli.

perforirebulkedliani koWis saerTo mdgradobis Semowmeba ar gansxvavdeba Cveulebrivi koWebis saerTo mdgradobis Semowmebisagan. am dros, geometriuli maxasiaTaTebeli unda dadgindes xvrebiani kveTisaTvis. perforirebulkedliani koWis saerTo mdgradoba SeiZleba ar Semowmdes Tu daculi aris piroba:

$$\frac{l_{ef}}{b} \left[0,35 + 0,0032 \frac{b}{t_f} + \left(0,76 - 0,02 \frac{b}{t_f} \right) \frac{b}{h} \right] \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad (56)$$

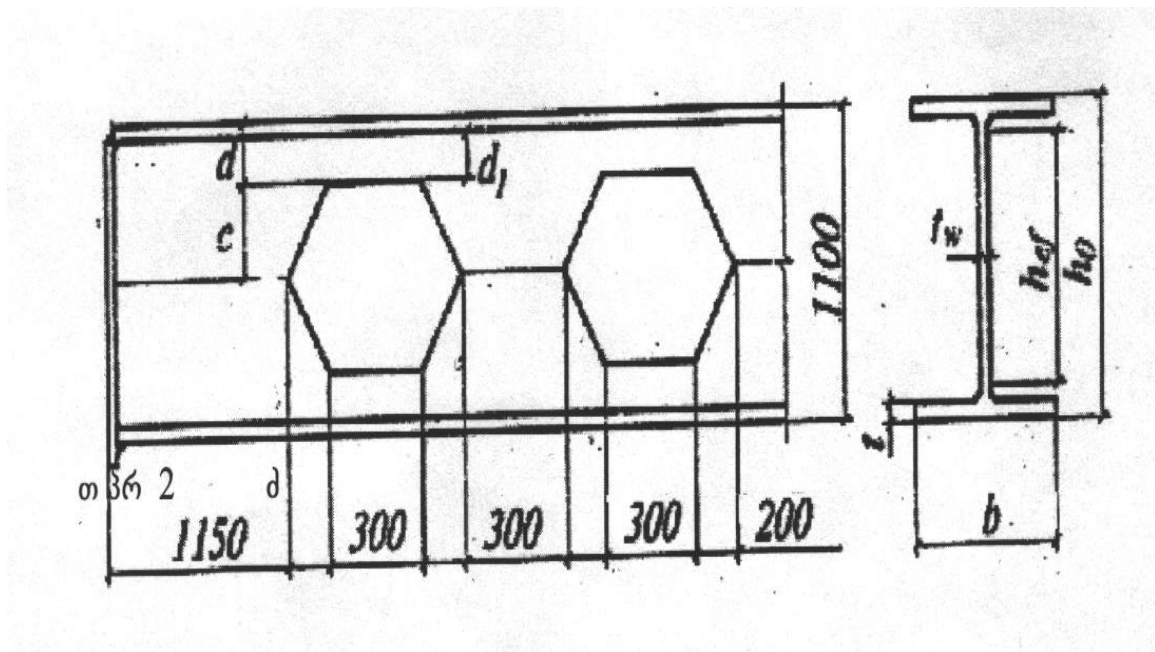
koWis CaRunvebis Semowmeba tardeba iseve, rogorc Cveulebriv koWebSi, magram xvrebebis Sesusteba kveTebis inerciis momentis gaTvaliswinebiT. am dros, rodesac fardoba $\frac{l}{h_{w,ef}} \geq 12$ –ze, inerciis momenti mravldeba koeficientze $\approx 0,95$, rac iZleva saSualebas, rom koWis CaRunva gaizardos nawilobriv. ($h_{w,ef}$ perforirebul kedliani koWis mTliani saangariSo simaRle).

zemoT aRniSnulis naTesayofad arsebul literaturaSi gaangariSebulia perforirebul kedliani koWi igive pirobebiT. mRunavi momentebis Mda ganivi Zalebis Q epiurebi naCvenebia nax. 15b ze. gadaangariSebelad aRebulia gaglinuli ortesebri, romlis Wris sqema da kveTis saxe gansazRvrulia. mocemuli kveTi simetriuli ortesebri formisaa: koWis masala $\approx 09\Gamma 2C$ markis foladi; sisqebisaTvis 20mm-mde $R_y=31\text{kn}/\text{sm}^2$, $R_s=19,1\text{kn}/\text{sm}^2$, $R_u=46,5\text{kn}/\text{sm}^2$, sisqebisaTvis 32mm-mde $R_y=29\text{kn}/\text{sm}^2$, sixistis

wiboebisaTvis aRebulia foladi C245. koWis zRvruli CaRunva $\left[\frac{f}{l} = \frac{1}{250}\right]$. datvirTvebi, klimaturi raonebi rCeba igive, rogorc wina magaliTSi.

angariSisaTvis sawyisi gaglinuli profilad aRebulia ortesebri #80 III I CTO ACЧM 20-93. profilis zomebia: h=800mm,

$h_0=783\text{mm}$, $b=300\text{mm}$; $t=17\text{mm}$; $t_w=13,5\text{mm}$; $r=28\text{mm}$; $A=209,71\text{sm}^2$; 1 grZivi metris wona 164,6kg. perforirebul kedliani koWis kveTis simaRle dadginda angariSiT da tolia: $h=110\text{sm}$ (nax. 20).



nax. 20 perforirebulkedliani koWis ZiriTado zomebi

SevafasoT masalis xarji 18m-iani perforirebulkedliani oeterebri koWebisaTvis: ZiriTadi koWis masa _ $164,6 \times 18 = 2963$ kg, wiboebi _ 160kg, mTliani masa _ 3123 kg.

amrigad:

1. perforirebulkedliani koWi aRmoCnda Cveulebriv ortesebr koWTan SedarebiT msubuqi

$$\frac{(3222-3123)100}{3222} 3,07\%-iT$$

2. Txelkedlian koWTan (moqnili kedliT) SedarebiT aRmoCnda mZime

$$\frac{(3123-2798)100}{3123} = 10,4\% - iT$$

3. gofirebulkedlian koWTan SedarebiT aRmoCnda mZime

$$\frac{(3123-2546)100}{3123} = 13,47\% - iT$$

saerTo SefasebiT perforirebul kedliani koWebi xasaiTdebian sxva zemoTganxilul koWebTan SedarebiT damzadebis naklebi SromatevadobiT da SedarebiT naklebi simaRliT, rac amcirebs Senobis samSeneblo simaRles, da aqedan gamomdinare mcirdeba saeqsplutacio danaxarjebi (gaTbobaze da sxva). es, ra Tqma unda dadebiTad axasaiTebis maT.

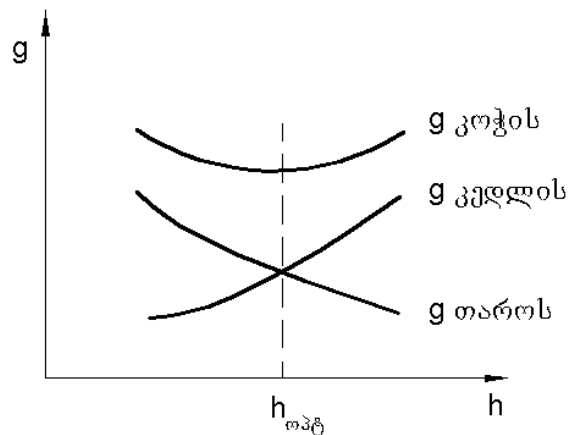
Tavi 5

5.1. Sedgenili SeduRebuli koWebis gaangariSeba zRvrul mdgomareobaTa meTodiT

koWis simaRle ganisazRvrebA ekonomikuri mosazrebebiT, koWis maqsimalurad dasaSvebi CazneqilobiT da rig SemTxvevebSi gadaxurvis konstruqciis samSeneblo simaRliT, anu wveris da gadaxurvis qveS Senobis wveris aRniSvnebis sxvaobiT. Cveulebriv, samSeneblo simaRle mocemulia teqnologiebis an arqiteqtorebis mier.

yvelaze meti simaRle h_{opt} . umravles SemTxvevaSi nakarnaxevia ekonomikuri mosazrebiT.

koWis masa Sedgeba misi sartyelis, kedlisa da konstruqciuli koeficientis mier gaTvaliswinebuli zogierTi konstruqciuli elementis masisagan. amasTan, koWis simaRlis zrdasTan erTad mcirdeba sartyelis masa, xolo kedlis masa izrdeba (nax. 21).



nax. 21 koWis masis kveTis simaRleze damokidebulebis grafiki

ramdenadac kedlisa da sartyelis masis fuqnciebi koWis simaRlis cvlilebiT icvleba araerTgvarovnad erTi matulobs, meore klebulobs (rogorc es Cans nax. 21), unda arsebobdes orive funqciis jamis yvelaze naklebi mniSvneloba, anu simaRlis, romlis drosac kedlisa da sartyelis jamuri wona iqneba naklebi. am simaRles ewodeba optimaluri h_{opt} . ramdenadac is gansazRvravs koWze

masalis yvelaze nakleb xarjs. koWis optimaluri simaRlis gansazRvra SeiZleba Semdegi saxiT.

1 metri sigrZis koWis sruli masa udris sartyelebisa da kedlis srul masas

$$g_{koW.} = g_{sart.} + g_{ked.} = 2 \frac{cM}{hR} \psi_{sart.} \rho + h t_{ked.} \psi_{ked.} \rho \quad (57)$$

sadac: c – momentis nawilia, romelic aRiqmeba koWis sartylebiT;

M – koWze moqmedi saangariSo momenti;

R – koWis masalis saangariSo winaRoba;

h – koWis simaRle;

$t_{ked.}$ – koWis kedlis sisqe;

$\psi_{sarty.}$ – sartyelTa konstruqciuli koeficienti (sartylis Teoriuli farTobidan namdvilze gadasvlis koeficienti),

$\psi_{ked.}$ – kedlis konstruqciuli koeficienti;

ρ - foladis moculobiTi wona.

koWis masis minimumis gansazRvrisas viRebT warmoebuls koWis masis gamosaxulebidan misis simaRlis mixedviT da mas vutolebT nuls:

$$\frac{dg_{ked.}}{dh} = - \frac{2cM}{h^2 R} \psi_{sart.} \rho + t_{ked.} \psi_{ked.} \rho = 0 \quad (58)$$

aqedan M/R Secvlisas, viRebT

$$h_{opt.} = \sqrt{2c \psi_{sart.} / \psi_{ked.} \sqrt{W / t_{ked.}}} = k \sqrt{W / t_{ked.}} \quad (59)$$

k koeficienti damokidebulia koWis konstruqciul gaformebase – sartyelebisa da kedlis konstruqciul elementebze, RiobebiT kveTis Sesustebis gamo es koeficientebi moqlonvili koWebisaTvis ufro metia, SeduRebulisaTvis – naklebi. es koeficienti sigrZeSi cvladi kveTis koWebSi ufro naklebia, vidre mudmivi kveTis koWebSi, ramdenadac is

warmoadgens saSualo koeficients, romelic ganekuTvneba koWis yvelaze daZabul kveTs. koeficientis sidided aviRoT SenaduRi koWebisaTvis 1,2...1,15 toli, moqlonvilisaTvis – 1,25...1,2.

moyvanili daskvna ar warmoadgens mkacrs, ramdenadac is ar iTvaliswinebs Tanafardobis cvlilebas kedlis sisqesa da simaRles Soris sxvadasxva simaRlis koWebSi, da maSasadame, koWis sartyelebsa da kedels Soris momentis ganawilebis c koeficientis cvlilebsac.

amasobaSi (1) formulidan cxadia, rom Tanafardoba koWis simaRlesa da kedlis sisqes Soris did gavlenas axdens kveTis ekonomiuobaze; amasTan, rac ufro Txelia kedeli, miT metia simaRle da xelsayrelia koWis kveTi.

k. k. muxanovma gamoiyena koWis optimaluri simaRlis kedlis mocemul moqnilobaze damokidebuleba

$$h_{opt.} = \sqrt[3]{3\lambda_{ked.} W / 2} \quad (60)$$

sadac $\lambda_{ked.} = h_{ked.} / t_{ked.}$ kedlis moqnilobaa.

rekomendebuli Sefardeba $h_{koW.}$ koWis simaRlis $t_{ked.}$ kedlis sisqesTan

cxrili 1

| | | | | | | |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $h_{ked.}$, m | 1 | 1,5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| $t_{ked.}$, mm | 8-10 | 10-12 | 12-14 | 16-18 | 20-22 | 22-24 |
| $h_{koW.} / t_{ked.}$ | 100-125 | 125-150 | 145-165 | 165-185 | 185-200 | 210-230 |

SeniSvna: maRali simtkicis foladis koWebisaTvis maxasiaTebeli umciresi mniSvnelobebi $h_{koW.} / t_{ked.}$ dros.

Tumca kedlis moqnilobis praqtikuli mniSvneloba Semoifargleba misi sixistis da simtkicis uzrunvelyofis aucileblobiT SexebiTi daZabvis moqmedebaze.

koWis miRebuli optimaluri simaRle warmoadgens yvelaze racionalurs, ramdenadac $h_{opt.}$ -gan simaRlis daSoreba gamoiwvevs koWze masalis gaxarjvis zrdas.

SeiZleba aRiniSnos, rom kedlis masa optimaluri simaRlis koWebSi udris koWis sartyelebis masas. koWis simaRlis arCevisas unda gvaxsovdes, rom koWis masis funqcia $h_{opt.}$ ganmsazRvrelis minimumis areSi icvleba naklebad, amitomac SesaZlebelia $h_{opt.}$ -sgan gadaxrebi. optimalurisagan namdvili simaRlis 20%-iT gadaxra iwvevs koWis masis cvlilebas daaxloebiT 4%-iT (nax. 21).

koWis yvelaze dabali rekomendirebuli simaRle h_{min} ganisazRvreba koWis sixistiT – misi zRvruli CaRunviT (meore zRvruli mdgomareoba).

koWis minimaluri simaRlis miReba SeiZleba CaRunvis formulidan. koWis sigRZeze Tanabrad ganawilebuli datvirTvisaTvis

$$f = 5(p^6 + g^6)t^4 / 384 EI, \quad (61)$$

sadac: p^6 da g^6 – droebiTi (saWiroebis SemTxvevaSi dinamikuri koeficientis gaTvaliswinebiT) da mudmivi normatiuli datvirTvebia koWis sigrZis erTeulze (gadatvirTvis koeficientis gareSe);

l – koWis sigrZe;

EI – koWis sixiste CaRunvaze.

Cazneqis formulaSi $M=(p^6+g^6)l^2/8$ CasmiT, viRebT: $f = 5Ml^2 / 48EI$. daZabulobaa p^6+g^6 datvirTvebisagan. amitom, am gamosaxulebebis CaRunvis meore mxriv, cnobilia, rom $M = W\sigma(p + g)$ da $I = W(h/2)$, sadac $\sigma_{(p+g)}$ koWis formulaSi Casmis Semdeg viRebT

$$f = 5\sigma_{(p+g)}l^2 / 24Eh \quad \text{an} \quad h = \frac{5}{24} \frac{\sigma_{(p+g)}l}{E} \left(\frac{l}{f} \right) \quad (62)$$

Zalebis moqmedebis damukideblobis kanoniT sargeblobisas viRebT daZabulobas normatiuli datvirTvebis moqmedebisagan.

$$\sigma_{(p+g)} = R \frac{p^6 + g^6}{\gamma_p p^6 + \gamma_g g^6}, \quad (63)$$

sadac R – koWis masalis saangariSo winaRobaa;

γ_p da γ_g – saimedobis Sesabamisi koeficientebi.

koWebis Cazneqilobis Tanafardoba maT siganesTan $[f/l]$ reglamentirebulia normebiT koWis daniSnulebis mixedviT. amis gamoyenebiT Tanabrad ganawilebul sigrZeze koWisaTvis viRebT,

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \frac{Rl}{E} \left[\frac{l}{f} \right] \frac{p^6 + g^6}{n_p p^6 + n_g g^6} \quad (64)$$

koWebisaTvis, romlebic iyeneben masalis drekad-plastikur muSaobas, minimaluri simaRle iqneba

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \frac{c_1 Rl}{E} \left[\frac{l}{f} \right] \frac{p^6 + g^6}{n_p p^6 + n_g g^6} \quad (65)$$

mocemul SemTxvevaSi masalis moqnili muSaobisaTvis gamoyvanili CaRunvis formulis gamoyeneba SesaZlebelia, ramdenadac CaRunva ganisazRvreba normatiuli datvirTvis moqmedebisagan, xolo koWis kveTi irCeva gaangariSebiTi datvirTvis

moqmedebisagan, amasTan koeficienti γ yovelTvis metia masalis drekad-platikuri muSaobis gaTvaliswinebis koeficientze (c_1) da maSasadame, koWis masala normaluri eqspluataciis dros yovelTvis muSaobs moqnilad.

koWis minimaluri simaRle uzrunvelyofs aucilebel sixistes masalis mzidi unaris sruli gamoyenebisas.

koWze datvirTvis sxva saxeebis dros h_{\min} . SeiZleba miaxloebiT ganisazRvros (24) formuliT.

(24) formulidan Cans, rom koWis saWiro simaRle izrdeba masalis simtkicis zrdasTan da dasaSvebi CaRunvis SemicirebasTan erTad.

Tu (24) formulis mixedviT miRebuli koWis simaRle raime mosazrebiT ar SeiZleba iqnes miRebuli, CaRunvis saWiro norma SeiZleba dakmayofildes mxolod masalis gaangariSebiTi winaRobis Semicirebisas, viRebT ra naklebad myar masalas an arasrulad viyenebT ra mis mzid unars.

koWis simaRlis arCeva. koWis simaRlis cvlilebis kanonzomierebebi gviCvenebs, rom yvelaze mizanSewonilia koWis simaRle aviRoT h_{opt} miaxloebad, rac gansazRvrulia ekonomikuri mosazrebebiT da aranakleb h_{\min} , romelic dadgenilia koWis dasaSvebi CaRunvis pirobidan gamomdinare. bunebrivia, rom yvela SemTxvevaSi koWis miRebuli simaRle fenilis sisqesTan jamSi ar unda aRematebodes gadaxurvis mocemul samSeneblo simaRles. koWis simaRle unda SevaTavsoT aseve sortamentze furclebis siganis zomebs. sasurvelia, rom simaRleSi kedeli Sesruldes erTi furclisagan araumetes 2000-2200 mm siganiT. Tu saWiroa meti simaRlis kedeli, unda gavarTuloT koWis konstrukcia kedlis grZivi pirapiris mowyobilobiT. yvela SemTxvevaSi, Sedgenili koWis simaRle konstrukciebis unifikaciis mizniT racionalurad unda aviRoT mrgval ricxvebSi, romelic 100 mm jeradia.

5.2. kedlis sisqe

koWis simaRlis Semdeg kedlis sisqe warmoadgens kveTis meore ZiriTad parametr, ramdenadac is Zlier gavlenas axdens Sedgenili koWis kveTis ekonomiuobaze.

kedlis yvelaze naklebi sisqis gansazRvrisaTvis misi muSaobis pirobebidan SexebiT daZabulobaze SeiZleba visargebloT n. g. Juravskis formuliT

$$\tau = QS / It_{\text{ked.}} < R_{\text{Wraze}} \cdot \gamma \quad (66)$$

sadac: Q – maqsimaluri ganivi Zala;

S – koWis naxevarkeTis statistikuri momenti neitralur RerZTan mimarTebaSi;

I – koWis kveTis inerciis momenti;

$t_{\text{ked.}}$ – koWis sisqe;

R_{Wraze} – kedlis masalis saangariSo winaRoba Wraze;

optimaluri kveTis koWSi, romlis sartyelis farTobi udris kedlis farTobs, Sida wyvilis mxari Seadgens $I/S \approx 0,85h$. am I/S Tanafardobis CasmiT n. g. Juravskis formulaSi da gardaqmnis meSveobiT viRebT:

$$t_{\text{ked.}} = QS / It_{\text{Wraze}} \approx 1,2Q / hR_{\text{Wraze}} \quad (67)$$

koWis torsze miduRebuli sayrdeni wibos meSveobiT Wrili SenaduRi koWis dayrnobisas SeiZleba CaiTvalos, rom koWis sayrden kveTze SexebiT daZabulobaze muSaobs mxolod kedeli, xolo sartyelebi jerac araa CarTuli koWis kveTis muSaobaSi. maSin Sida wyvilis mxari

$$\frac{I}{S} = \frac{t_{\text{ked.}} \cdot h^3}{12} \frac{8}{t_{\text{ked.}} \cdot h^2} = \frac{2}{3} h$$

am SemTxvevaSi kedlis sisqe

$$t_{\text{ked.}} = \frac{QS}{IR_{\text{Wraze}}} = \frac{3}{2} \frac{Q}{hR_{\text{Wraze}}} \quad (68)$$

simetriuli kveTis koWebSi, romlebic muSaobs plastikuri deformaciebis ganviTarebis gaTvaliswinebiT da ar aris datvirTuli adgilobrivi datvirTviT, $\sigma_{\text{adg.}}=0$; pirobebis $\tau \leq 0,9R_{\text{Wraze}}$; $A_{\text{sart.}} / t_{\text{ked.}} \geq 0,25$ da $2,2 < \lambda_{\text{ked.}} \leq 6$ Sesrulebisas saWiroa Semowmdes koWis amtanunarianoba kedlis SesaZlo danakargis gamo, romelic muSaobs plastikuri deformaciebis gaTvaliswinebiT, formulis mixedviT

$$M = R\gamma h_0^2 t_{\text{ked.}} \left(A_{\text{sarty.}} / A_{\text{ked.}} + \alpha \right) \quad (69)$$

2 m-ze maRali simaRlis koWebSi konstruqciuli formis es gamartiveba ekonomiad araa gamarTlebuli, ramdenadac kedlebi sakmaod sqeli xdeba, maRal koWebSi kedlis sisqe aris

naklebi da arwevs 1/200-1/250 simaRles, rac moiTxovs kedlis gamyarebas, romelsac SeuZlia misi simyaris uzrunvelyofa.

ამგვარად, კედლის სისქის განსაზღვრის ამოცანა ვარიანტულია, რომელიც გავლენას ახდენს კოეფიციენტის ეკონომიკობაზე და მოიტხოვს ზალიან ფრთხილ დამოკიდებულებას.

1-2 მ სიმაღლის კოეფიციენტის კედლის სისქის რაციონალური მნიშვნელობა შეიძლება განისაზღვროს ემპირიული ფორმულით

$$t_{\text{კედ.}} = 7 + 3h/1000 \text{ mm} \quad (70)$$

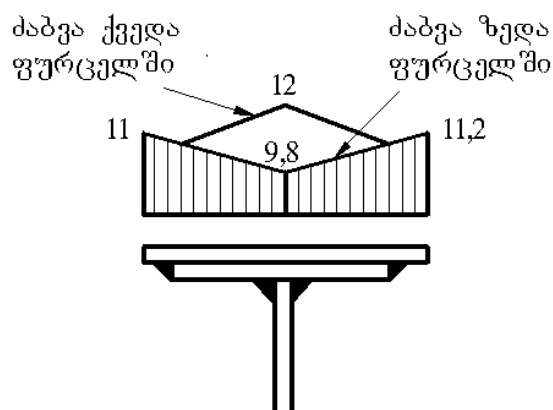
კედლის სისქე უნდა იყოს შეთავაზებული ფურცლოვანი ფოლადის გლინის არსებულ სისქესთან. ცველებრივ, კედლის მინიმალური სისქე არანაკლებ 8 მმ-ია და 12 მმ-მდე სისქის დროს 1 მმ ჯერადს იყენებენ, 12 მმ დროს კი, 2 მმ ჯერადს. თუ (22) ფორმულით მიჩვენებული კედლის სისქე განსხვავდება (27) და (26) ფორმულით მიჩვენებულსაგან 2 მმ და მეტით (22) ფორმულით უნდა გამოვსვით გამოთვლის პირობიდან განსაზღვრული კედლის სისქე და კვლევ გამოვიანგარიშოთ $t_{\text{opt.}}$.

5.3. სართლების ჰორიზონტალური ფურცლები

სედურებულ კოეფიციენტის სართლებს ცველებრივ იჩვენებენ უნივერსალური ფოლადის ცალკეული ფურცლებიდან. ორი ან მეტი სართელის დამზადება შენადურ კოეფიციენტის არარაციონალურია, რამდენადაც ცვენ ვზრდით ფურცლების მუშაობის არათანაბარშიერებას კედლიდან გარე ფურცლებსაკენ ზალის გადაცემის სიგრძის ზრდის გამო (ნახ. 22). ამასთან, მკვეთრად იზრდება შენადური ნაწილებების რიცხვი. გარდა ამისა, გარადუვალა ნაწილების უარყოფა მხოლოდ კიდებზე შესადურებულ ფურცლებს სორის.

შენადური კოეფიციენტის ჰორიზონტალური სართელის ფურცლის სისქედ ცველებრივ იჩვენებენ კედლის არამეტ 2-3 სისქეს, რამდენადაც სართელის ნაწილებსი, კედელთან სწელი სართელის ფურცლების სედურებისა ვიტარდება მნიშვნელოვანი სეკლების

გამომავალი დაზაბულობა. 30 მმ-ზე უფრო სწელი სართელის ფურცლების გამოყენება არარაციონალურია იმიტომაც, რომ სწელ ფურცლებს გააჩნიათ დენადობის ზრდის შემცირებული მნიშვნელობები და მასასადამე, გაანგარიშები თი უნარობა.



nax. 22 daZabulobis ganawileba SeduRebuli koWis paketis furclebSi

moqnil koWebsa da maRali simtkicis WanWikebze Semdgar koWebSi SenaduRisagan gansxvavebiT xSirad gamoiyeneba paketebi ori-sami horizontaluri furclisagan, ramdenadac mravalfurclian paketebSi, romelic gaWimulia mTels sigrZeze moqloniT an WanWikebiT, furclebi muSaobs sakmaod Serwmulad. calkeuli horizontaluri furclebis sisqes, samontaJo pirapiris konstruirebis moxerxebulobis pirobidan gamomdinare, Cveulebriv iReben sartyelis kuTxeebis sisqis tolad.

horizontaluri furclebis sigane Cveulebriv aris koWis 1/2--1/5 simaRlis toli, misi zogadi simtkicis uzrunvelyofis pirobidan gamomdinare.

konstruqciuli mosazrebebiT sartyelis sigane ar unda iyos 180 mm naklebi an h/10. moqloniani koWebisaTvis an WanWikebze. koWebisaTvis aseve sasurvelia, rom horizontaluri furclebi ramdenadme scdebodes sartyelis kuTxeebis gare sazRvrebs

$$b_{\text{por.fur.}} \geq t_{\text{ked.}} + 2b_{\text{kuT.}} + 10 \text{ mm} \quad (71)$$

horizontaluri furclebis yvelaze meti sigane ganisazRvreba maTi adgilobrivi simtkicis da muSaobis siTanabriT siganeze.

koWebSi Sekruli sartyelis Sverilis ganis b_{Sverili} . Tanafardoba $t_{\text{sar.}}$ mis sisqesTan ar unda aRematebodes:

moqnilad moqmed kveTSi

$$b_{\text{Sverili}} / t_{\text{sar.}} \leq 0.5 \sqrt{E/R} \quad (72)$$

plastikuri deformaciebis ganviTarebis gaTvaliswinebiT momuSave kveTSi

$$b_{\text{Sverili}} / t_{\text{sar.}} < 0.11 h_0 / t_{\text{ked.}}, \text{ magram araumetes } 0.5 \sqrt{E/R}, \quad (73)$$

sadac h_0 koWis gaangariSebiTi simaRlea; $t_{\text{ked.}}$ - koWis kedlis sisqe.

koWebis gaWimuli sartyelisTvis rekomendebuli araa sartyelis sigane aRematebodes sartyelis 30 sisqes, zolis siganeze daZabvis Tanabari ganawilebis pirobidan gamomdinare.

5.4. koWebis kveTis SerCeva

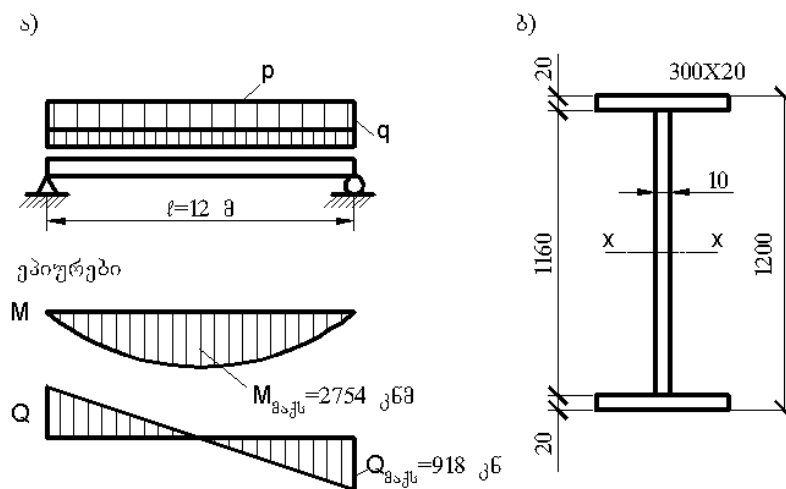
კვეთის SerCeva მდგომარეობის კოეფიციენტის და სართლის ზომის განსაზრვას, პრობემის ტექნოლოგიური მოცულობის, ეკონომიკური, სიმკვრივის, დამზადების მდგრადობის და ტექნოლოგიური გამომდინარე.

მაგალიტი 1. საპროექტო სანადგრო მშენებლის კოეფიციენტის SerCeva, რომლის CaRunvaa $f < (1/400)l$, ისევე $t \leq 20 \text{ mm}$, $R = 230$ $Mna = 23 \text{ kn/sm}^2$ და $R_{Waze} = 135$ $Mna = 13,5 \text{ kn/sm}^2$, ფენილის ღირებულება და ფენილის კოეფიციენტი $g_1 = 1,023 \text{ kn/m}^2$. კოეფიციენტის ღირებულება საორიენტაციოდ ვირებში მასზე დავრთვიან 1-2% ფარგლებში. გადურვის მაქსიმალური სეპარაციის სანადგრო სიგრძე 1,6 მ.

კოეფიციენტის გაანგარიშის სქემა მოყვანილია (ნახ. 23 ა) განსაზრვით კოეფიციენტის ნორმატიული და გაანგარიშის დავრთვები:

$$q^n = p^n + g^n = 1,02(20 + 1,023)6 = 128,6 \text{ kn/m} \quad (74)$$

$$q = n_p p^n + n_g g^n = 1,02(1,2 \cdot 20 + 1,05 \cdot 1,023)6 = 153 \text{ kn/m} \quad (75)$$



ნახ. 23. მაგალიტის დავრთვი 1.
საანგარიშო სქემა; ბ) კოეფიციენტის კვეთი

განსაზრვით საანგარიშო მონაკვეთის მომენტის მნიშვნელობის

$$M = ql^2/8 = 153 \cdot 12^2/8 = 2754 \text{ kn.m} = 275\,400 \text{ knsm} \quad (76)$$

განვიზარებთ

$$Q = ql/2 = 153 \cdot 12/2 = 918 \text{ kn} \quad (77)$$

mTavar koWs ganvsazRvrvavT plastikuri deformaciebis ganviTarebis gaTvaliswinebiT.

$W_{\text{net } o} = M_{\text{raqs}} / c_1 R \gamma$ formulis mixedviT ganvsazRvrvavT koWis winaRobis saWiro moments, Tavdapirvelad viRebT ra $c_1 = c = 1,1$:

$$W_{\text{saWro}} = M_{\text{raqs}} / c_1 R \gamma = 275 \cdot 400 / 1,1 \cdot 23 \cdot 1 = 10 \, 885 \, \text{sm}^3 \quad (78)$$

ganvsazRvrvavT koWis optimalur simaRles (3.1) formulis mixedviT, winaswar vaZlevT ra mas simaRles $h \approx (1/10)l \approx 1,2 \, \text{m}$ da (29) formuliT kedlis sisqis gaangariSebiT $t_{\text{ked.}} = 7 + 3 \cdot 1200 / 1000 = 10,6$. kedlis sisqed viRebT 10 mm.

$$h_{\text{opt.}} = k \sqrt{W / t_{\text{ked.}}} = 1,15 \sqrt{10 \, 885 / 1} = 120 \, \text{sm} \quad (79)$$

kedlis miRebuli sisqe da simaRle aris rekomendebuli mniSvnelobebis farglebSi.

minimalur simaRles ganvsazRvrvavT formuliT:

$$h_{\text{opt.}} = \frac{5}{24} \frac{c_1 R l}{E} \left[\frac{l}{f} \right] \frac{P^n + g^n}{n_p P^n + n_g g^n} = \frac{5 \cdot 1,1 \cdot 23 \cdot 1200 \cdot 400}{24 \cdot 2,06 \cdot 10^4} \cdot \frac{128,6}{153} = 103,2 \, \text{sm} \quad (80)$$

koWis samSeneblo simaRles ganvsazRvrvavT gadaxurvis da misi konstruqciis SesaZlo maqsimaluri simaRlidan gamomdinare.

$$h_{\text{koW}}^{\text{sanS}} = h_{\text{gad.}}^{\text{sanS}} - h_{\text{f en}} - t_{\text{f en}} = 160 - 30 - 0,8 = 129,2 \, \text{sm} \quad (81)$$

miRebuli simaRlis Sedarebisas viRebT koWis simaRles, romelic axlosaa optimalurTan

$$h = 120 \, \text{sm}$$

vamowmebT kedlis miRebul sisqes:

empiriuli formuliT

$$t_{\text{ked.}} = 7 + 3h / 1000 = 7 + 3 \cdot 1200 / 1000 = 10,6 \, \text{m} \quad (82)$$

formulis mixedviT, sayrdenze mxeb Zabvebze kedlis muSaobis pirobidan gamomdinare

$$t_{\text{ked.}} = \frac{3}{2} \frac{Q_{\text{raqs}}}{h_{\text{Waze}}} = \frac{3 \cdot 918}{2 \cdot 120 \cdot 13,5} = 0,85 \, , \quad (83)$$

sadac $R_{\text{Waze}} = 13,5 \, \text{kn} / \text{sm}^2$.

sixistis grZivi wiboebis gamoyenebisTvis formulis mixedviT

$$t_{\text{ked.}} = \left(h \sqrt{R/E} \right) / 5,5 = \left(120 \sqrt{23 / 2,06 \cdot 10^4} \right) / 5,5 = 0,73 \, \text{sm} \quad (84)$$

gaangariSebis gziT miRebuli kedlis sisqis miRebulTan (10 mm) Sedarebisas miVdivarT daskvnamde, rom is akmayofilebs simtkicis pirobas mxebi Zabvebis moqmedebaze da ar moiTxovs mis gamagrebas sixistis grZivi wiboTi adgilobrivi mdgradobis uzrulvelsayofad. horizontaluri sartyelis furclebis zomebs vRebulobT koWis saWiro mzidi unaridan gamomdinare. amisaTvis vangariSobT koWis kveTis inerciis saWiro moments

$$I = Wh/2 = 10885 \cdot 120/2 = 653100 \text{ sm}^4. \quad (85)$$

vpoulobT koWis kedlis inerciis moments, sartyelis sisqed 2 sm aRebisas:

$$h_{ked.} = h - 2t_{sart.} = 120 - 2 \cdot 2 = 116 \text{ sm} \quad (86)$$

$$I_{ked.} = t_{ked.} \cdot h_{ked.}^3 / 12 = 1 \cdot 116^3 / 12 = 130074 \text{ sm}^4.$$

inercciis momenti, romelic modis sartyelis furclebze

$$I_{sart.} = I - I_{ked.} = 653100 - 130074 = 523026 \text{ sm}^4. \quad (87)$$

koWis sartyelis furclebis inerciis momenti mis neutralur RerZTan mimarTebaSi $I_{sart.} \approx 2A_{Tar.} (h_0/2)^2$, sadac $A_{Tar.}$ sartyelis kveTis farTobia. sartyelis inerciis momenti sakuTar RerZTan mimarTebaSi, misi simciris gamo, ugulebelyofilia.

aqedan viRebT koWis sartyelis kveTis saWiro farTobs.

$$A_{Tar.} = 2I_{sart.} / h_0^2 = 2 \cdot 523026 / 118^2 = 75,12 \text{ sm}^2, \quad (88)$$

sadac $h_0 = h - t_{sart.} = 120 - 2 = 118 \text{ sm}$

380X20 mm universaluri foladis sartyeli, romlisTvisac $b_{sart.} / h = 380 / 1200 = 1/3,15$ aris rekomendebuli Tanafardobis farglebSi. vazustebT c plastikuri muSaobis gaTvaliswinebis adre miRebuli Tanafardobis Sedegidan gamomdinare

$$A_{Tar.} = b_{sart.} \cdot t_{sart.} = 38 \cdot 2 = 76 \text{ sm}^2; A_{ked.} = h_{ked.} \cdot t_{ked.} = 116 \cdot 1 = 116 \text{ sm}^2 \quad (89)$$

$$A_{Tar.} / A_{ked.} = 76 / 116 = 0,655.$$

danarTi 5 – is mixedviT $c = 1,104$, romelic praqtikulad Seesabameba mocemul $c = 1,1$.

vamowmebT sartyelTa miRebul siganes (kiduls) formulis mixedviT, adgilobrivi mdgradobidan gamomdinare:

$$\frac{b_{kid.}}{t_{sart.}} = \frac{38-1}{2 \cdot 2} = 9,25 < 0,11 \frac{h_0}{t_{ked.}} = 0,11 \frac{118}{1} = 12,98 < 0,5 \sqrt{E/R} = 14,96. \quad (90)$$

vamowmebT koWis mziid unars (3.7) formulis mixedviT, kedlis simyaridan gamomdinare koWis plastikuri deformaciebis areSi, maqsimaluri momentis moqmedebis momentSi, sadac Q da $\tau = 0$:

$$\bar{\lambda}_{ked.} = \frac{116}{1} \sqrt{\frac{23}{2,06 \cdot 10^4}} = 3,876 , \quad (91)$$

$$M_{max.} = 275\,400 < R\gamma h_{0sar\,t\,y.}^2 t_{ked.} \left(\frac{A_{Tgr.}}{A_{ked.}} + \alpha \right) = 23 \cdot 1 \cdot 118^2 \cdot 1(0,655 + 0,216) = 279\,003 \, kn \cdot sm \quad (92)$$

$$\text{sadac } \alpha = 0,24 - 0,15 \left(\tau / R_{Waze} \right)^2 - 8,5 \cdot 10^{-3} \left(\bar{\lambda}_{ked.} - 2,2 \right)^2 = 0,24 - 8,5 \cdot 10^{-3} (3,876 - 2,2)^2 = 0,216$$

koWis SerCeul kveTs vamowmebT simtkiceze. amisaTvis ganvsazRvraVT inerciis moments da koWis winaRobis moments

$$I = I_{ked.} + I_{sar\,t\,y.} = I_{ked.} + 2b_{sar\,t\,y.} t_{sar\,t\,y.} \left(h_{0sar\,t\,y.} / 2 \right)^2 = 130\,074 + 2 \cdot 38 \cdot 2 \frac{118^2}{2} = 659\,186 \, sm^4 ; (93)$$

$$W = \frac{I}{h/2} = \frac{659\,186 \cdot 2}{120} = 10\,986 \, sm^3 . \quad (94)$$

koWSi yvelaze meti normaluri daZabva $\sigma = M_{max.} / c_1 W_{max.} \leq R\gamma$ formuliT

$$\sigma = \frac{M_{max.}}{c_1 W} = \frac{275\,400}{1,1 \cdot 10\,986} = 22,79 \, kn/sm < R = 23 \, kn/sm^2 \quad (95)$$

koWis SerCeuli kveTi akmayofilebs simtkicis pirobas da ar gaaCnia 5% - ze meti daZabva. koWis CaRunvis Semowmeba saWiros araa, ramdenadac kveTis miRebuli simaRle metia minimalurze da reglamentirebuli CaRunva uzrunvelyofili iqneba.

5.5 amwqveSa konstruqciebi.

saerTo daxasiaTeba

amwqveSa konstruqciebi Sedgeba: amwqveSa koWisagan da samuxruWo koWisagan (svetebTan koWis mimagrebis detalebi, amwqveSa relsebi da relsis amwqveSa koWTan mimagrebis detalebi).

amwqveSa konstruqciebis mTavari mzidi elementia liTonis amwqveSa koWi, romelsac gadaecema amwedan vertikaluri datvirTvebi, xolo Semdeg datvirTvebi amwqveSa koWidan gadaecema svetebs.

relsebis ganlagebis mixedviT arsebobs amwqveSa koWebis ori saxe: amwqveSa koWebi zeda svliT da amwqveSa koWebi qveda svliT. pirvel SemTxvevaSi amwis relsebi ganlagebulia uSualod amwqveSa koWis zeda sartyelze, xolo meore SemTxvevaSi ki amwqveSa koWis qveda sartyelze. konstruqciuli gadawyvetis simartiviT ufro gavrclebulia amwqveSa koWebi zeda svliT.

amwqveSa konstruqciebi konstruqciuli sqemis mixedviT SeiZleba iyos, rogorc mTliankedliani, ise gangmirkedliani. amwqveSa koWebi zeda svliT ZiriTadad gegmardeba mTliakedliani.

amwqveSa koWebi konstruqciuli sqemiT SeiZleba agreTve iyos erTmaliani (Wrili) da mravalmaliani (uWri), xolo damzadebis mixedviT SeduRebuli, an moqlonuri.

samrewvelo saamqroebSi ZiriTadad gamoiyeneba Sedgenili SeduRebuli amwqveSa mTliankedliani koWebi ortesebri profilis, romlebsac SeuZliaT miiRon vertikaluri da horizontaluri datvirTvebi xidura amweebisagan.

xidura amweebi Sedgeba ori ZiriTadi nawilisagan: xidisa da tvirTamwe urikisagan. amwis xidi gadaadgildeba amwqveSa

koWze dalagebul relsebze samqros grZivi mimarTulebiT. xidze moTavsebulia tvirTamwevi urika, romelic gadaadgildeba xidis gaswvriv. masze damontaJebulia

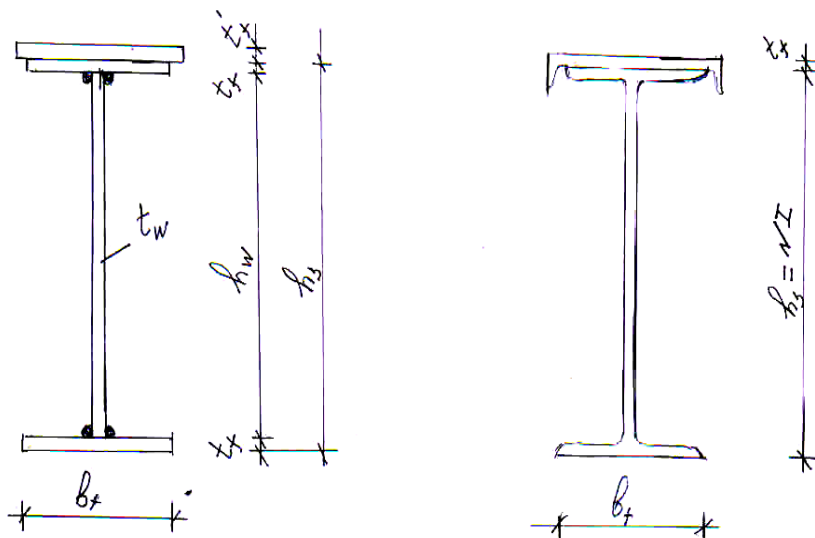
tvirTamwevi jalambari. xidisebri amwisa da tvirTamwevi urikis moZraobaTa kombinaciiT SeiZleba tvirTis gadaadgileba samqros nebismier wertilSi.

nax. 24-ze gamosaxulia Sedgenili SeduRebuli amwqveSa koWi, romelic Sedgeba gaZlierebuli zeda da qveda sartyelebisagan, agreTve Sveuli kedlisagan.

nax. 25-ze gamosaxulia gaglinuli amwqveSa koWebi zeda gaZlierebuli da qveda sartyelebiT.

amweebisaTvis, romlebic muSaoben mZime da zemZime reJimSi, agreTve didmaliani amweebisaTvis xdeba amwqveSa koWebis zeda sartylis gaZliereba.

amwqveSa koWis zeda sartylis sibrtyeSi vamontaJebT samuxruWo koWebis horizontaluri damuxruWebis Zalis misaRebad da Sesabamisad samuxruWo koWi aZlierebs amwqveSa koWis zeda sartyels. agreTve is gamoiyeneba moednis saxiT saliangado relsisa da saerTod momsaxurebisaTvis.



nax. 24 Sedgenili koWi

nax. 25 gaglinuli koWi

5.6. amwqveSa koWebis gaangariSeba

Sedgenili amwqveSa koWis gaangariSebis dros amwqveSa koWis ganivkveTis SerCevisas viTvaliswinebT rogorc Sveuli, aseve Tarazuli datvirTvebis zemoqmedebas. Sveul datvirTvaze muSaobs koWis mTeli ganivkveTi. Tarazuli Zalebis zemoqmedebis dros ki viTvalisiwinebT marto sartylis muSaobas, romelzedac modebulad iTvleba ganivi

da grZivi damixruWebis Zalebi. ganivi damuxruWebis Zalebi modebulia xidisebri amwis relsis doneze.

amwqveSa koWis ganivkveTis SerCeva SeiZleba maqsimaluri vertikaluri Zalisagan gamowveuli Zalvebis mixedviT. misi gaangariSeba xdeba udidesi mRunavi momentis sidideze. SenaduR koWebSi sartylis nakerebis sigrZeebi unda iyos mTliani.

amwqveSa koWze moqmedebs amwes Sveuli datvirTvebi: P_a – amwes borblis dawola, damuxrWebis Tarazuli Zalebi - T – ganivi damixruWebis Zala urukis damuxruWebiT. Sveuli datvirTvebi amwqveSa koWidan gadaecema svetebs reaqsiebis saxiT.

ganivi damuxruWebis Zalebi borblebidan gadaecema Runvaze Tarazul sibrtyeSi. amis gamo zeda sartyels akeTeben metad ganiers, an zeda sartylis sibrtyeSi akeTeben samuxruWo koWs, romelsac erTdroulad iyeneben baqanis mosawyobad momsaxure personalis Tavisufali moZraobisaTvis. ganivi damuxruWebis Zala koWis saSualebiT gadaecema svets, xolo svetidan Sveul kavSirebs.

amwqveSa koWze Zalis zemoqmedebis sidide damokidebulia amwis tvirTamweobaze, malze da amwes muSaobis reJimze. amwes muSaobis reJims gansazRvavs misi muSaobis intensivoba da gadadgilebis siCqare. muSaobis reJimis mixedviT ansxvaveben msubuq, saSualo da mZime reJimiT momuSave amweebs.

amwes muSaobis xasiaTs ganapirobebs saamqros teqnologiuri procesi. TiToeuli amwis maxasiaTebeli mocemulia muSaobis standartSi. xidisebri amwebisaTvis borblebis maqsimalur dawolas P_{maqs} . Amwis borblebs Soris manZilsa da sxva monacemebs Rebuloben standartebis, an amwes malisa da tvirTamweobis mixedviT.

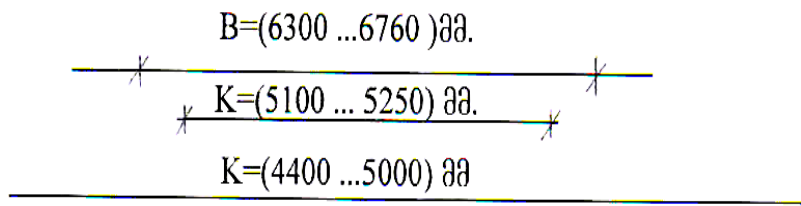
saangariSo mniSvnelobebi vertikaluri da horizontaluri Zalebisa, romlebic gadaecemian amwqveSa koWs gamoiTvleba Semdegi formuliT:

$$\begin{aligned} P_{vfr} &= K_{iby} \gamma_c n_{ite} P_{vfr}^y \\ T_{vfr} &= \gamma_c n_{ite} T_{vfr}^y \end{aligned} \quad (96)$$

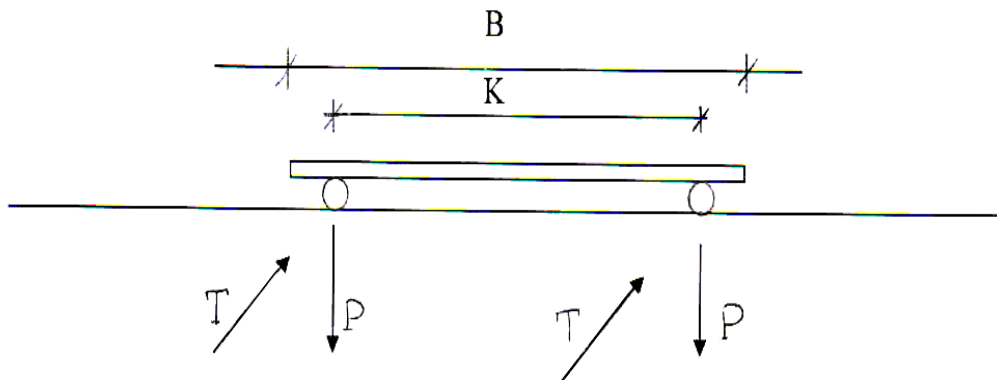
sadac: K_{din} aris dinamiurobis koeficienti;

$K_{din}=1,0$ – msubuqi da saSualo muSaobis reJimebis amweebisaTvis;

$K_{din}=1,1$ – mZime muSaobis reJimis amweebisaTvis.



ს)

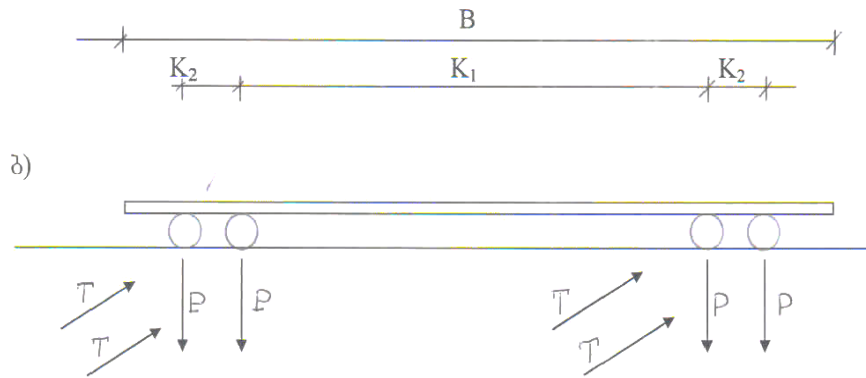


nax. 26 დავრტვები, რომლებიც გადაეცემა ამოწმვესა კოვს ამოწმვეს დავრტვებისაგან

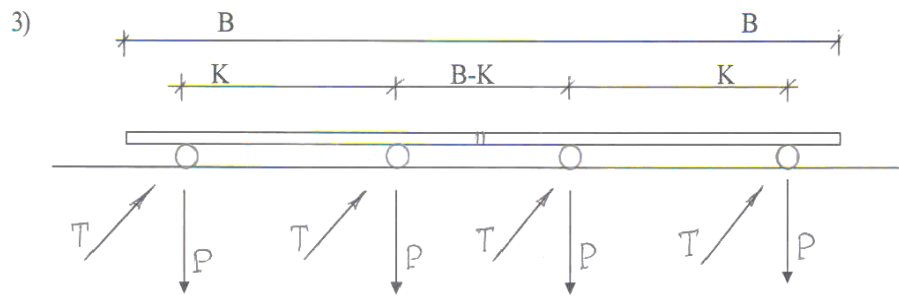
(nax. 26a) ოტხობრბლიანი ხიდურა ამოწმვეს, ამოწმვეს ტვირთამოწმობა $Q=100 \dots 500$ კნ.

ამოწმვესა კოვს ანგარიში იმეობა ორი დავრტვებული (უკიდურად მიახლოებული) ამოწმვეს შემტხვევაში.

სქემებზე ნაცვენებია ამოწმვეს გაბარტული ზომები, რომლებსაც ვირებტ შესაბამისი ცხრლებიდან ამოწმვეს მალის და ტვირთამოწმობის მიხედვით.



max. 27 rvaborbliani xidura amweebisaTvis amweebis tvirTamweoba $Q=(800 \dots 1250)$ kn.



max. 28 ori dawyvilebuli amwisaTvis

n_{Ses} – aris Sesabamisobis koeficienti;

$n_{Ses}=0,85$ – msubuqi da saSualo muSaobis reJimebis amweebisaTvis;

$n_{Ses}=0,95$ – mZime muSaobis reJimis amweebisaTvis;

$n_{Ses}=1,0$ – erTi amwisaTvis;

$\gamma_c=1,2$ - saimedoobis koeficientia;

P_{maq} – maqsimaluri normatiuli datvirTva, romelic aiReba Sesabamisi cxrilidan.

normatiuli ganivi horizontaluri Zala gamowveuli tvirTamwevi urikis damuxruWebidan, romelic gadaecema xidura amwes borblebidan, gamoiTvleba formuliT:

$$T = \frac{f(Q + Q_{eh})n'_1/n_1}{n_1} \quad (97)$$

sadac

f – aris xaxunis koeficienti urikis damuxruWebis dros;

$f=0,1$ – amweebisaTvis moqnili sakidiT;

$f=0,2$ – amweebisaTvis xisti sakidiT;

Q – aris amwis tvirTamweoba;

G – tvirTamwevi urikis wona.

amweebis rogorc wesi aqvT oTxborbliani urikebi ori samuxruWo borbliT, roca

$$n'_{ur}/n_{ur}=0,5 \text{ da } f=0,1$$

amweebisaTvis moqnili sakidiT normatiuli ganivi horizontaluri Zalis mniSvneloba gamoiTvleba Semdegi formuliT:

$$T_{vfr}^y = \frac{0,5(Q + G_{eh})}{n_f^1} \quad (98)$$

sadac:

$n'_a=2$ amweebisaTvis tvirTamweobiT $Q=50...500$ kn;

$n'_a=4$ amweebisaTvis tvirTamweobiT $Q=800...1250$ kn;

$n'_a=8$ amweebisaTvis tvirTamweobiT $Q=1600...3200$ kn.

mZime da gansakuTrebiT mZime muSaobis pirobebis amweebisaTvis normatiuli ganivi horizontaluri Zala gamoTvleba formuliT:

$$T_{maq}^n=0,1 P_{maq}^n \quad (99)$$

grZivi damuxruWebis Zala amwqveSa koWis gaangariSebis dros koWze maTi mcire gavlenis gamo mxedvelobaSi ar miiReba.

am Zalebs mxedvelobaSi Rebuloben mxolod svetebs Soris kavSirebis gaangariSebis dros.

amwqveSa koWebs angariSoben Sveul da Tarazul sibrtyeSi ZalTa moqmedebiT, orive zemoqmedebis Sedegebis SejamebiT. mRunavi momenti da ganivi Zala ganisazRvreba maTi araxelsayreli ganlagebiT. ori da meti amwes moqmedebis SemTxvevaSi araxelsayreli ganlagebiT. ori da meti amwes moqmedebis SemTxvevaSi saamqroSi, angariSSi Rebuloben erTmaneTTan ukiduresad miaxloebul amwes. amweebis zRvruli miaxloeba miiReba amweTa gabaritis mixedviT. radgan amweebis maqsimaluri mRunavi momentisa da ganivi Zalebis gansazRvris dros amweebi ganvalagoT araxelsayrel gansazRvrul mdgomareobaSi. Wril amwqveSa koWebSi maqsimaluri mRunavi momentebisa gansazRvrisaTvis amweebi ise unda ganvalagoT, rom koWis malis SuaSi moqmedebdes Tanabrad moqmedi tolqmedi Zalva (vinkleris wesi).

maqsimaluri ganivi Zalis Q_{maq} gansazRvris dros Wril koWSi amwes erTi borblis maqsimaluri datvirTva moqmedebdes uSualod sayrdenze, danarCenebi ki Sesabamisad zomebis mixedviT.

saangariSo mniSvnelobebi mRunavi momentebisa da ganivi Zalebisa gamowveuli vertikaluri Zalebis moqmedebisas amwqveSa konstruqciebis sakuTari wonis gaTvaliswinebiT da Sesazlo droebiTi datvirTvebis moqmedebisas samuxruWo koWze, SeiZleba gamovTvaloT Semdegi formuliT:

$$M = \alpha_1 M_{maq}$$

$$Q = \alpha_1 Q_{maq} \quad (100)$$

sadac: $\alpha_1=1,03$ – amwqveSa koWebisaTvis maliT $L=6,0m$;

$\alpha_1=1,05$ – amwqveSa koWebisaTvis maliT $L=12,0m$;

$\alpha_1=1,08$ – amwqveSa koWebisaTvis maliT $L=18,0m$;

nax. 28 a, da b-ze gamosaxulia maqsimaluri mRunavi momentisa da ganivi Zalis gansazRvra amqveSa koWisaTvis.

5.7. Sedgenili SeduRebuli amwqveSa koWis angariSi

saWiroa gaviangariSoT Sedgenili SeduRebuli amwqveSa koWi Semdegi monacemebis mixedviT

amwqveSakoWis malia – $L=12.0$ m

malSi moqmedebis ori amwe saSualo muSaobis reJimis amwes tvirTamweobiT - $Q=150/30$ kn;

Senobis malia – $L=24.0$ m;

amwes malia – $L_{amw.}=22.5$ m;

amwqveSa koWis masalaa foladi C38/23 – Bcr3cn5

5.8. datvirTvebis gansazRvra

amoviRoT specialuri cxrilebidan monacemebi amwes tvirTamweobis mixedviT. Cvens SemTxvevaSi, roca amwes tvirTamweoba $Q=150/30$ kn; cx. 3 danarTi 1; amoviRoT monacemebi gaangariSebisaTvis:

$P_{\text{maqs.}}=190$ kn; $G_{\text{ur.}}=70.0$ kn urikis wona

amwes relsi Kp-70ГОCT 4121-76

reلسis simaRle – $h=120$ mm

reلسis sigane – $b=120$ mm

kveTis farTi – $A_f=67.3$ sm²

inerciis momenti – $I_x=1081.99$ sm⁴

$$I_y=327.16 \text{ sm}^4$$

1gz. metris wona - $q=52.7$ kg

horizontaluri ganivi damuxruWebis Zala gamoiTvleba formuliT

$$T=n \times n_{\text{SeT}} \times T_{\text{maq.}}^n = 1,2 \times 0,85 \times 5,5 = 5,6 \text{ kn} \quad (101)$$

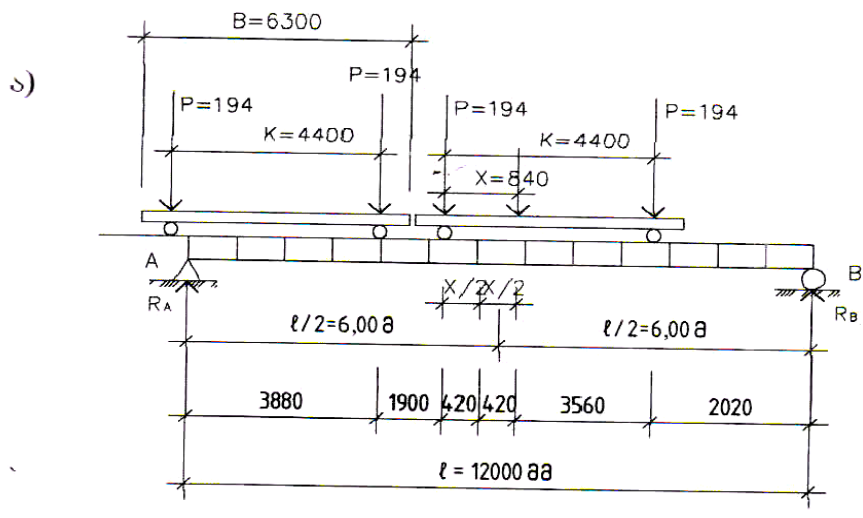
sadac

$$T_{\text{maq.}}^n = 0,05 \times (150 + 70) / 5,5 \text{ kn}$$

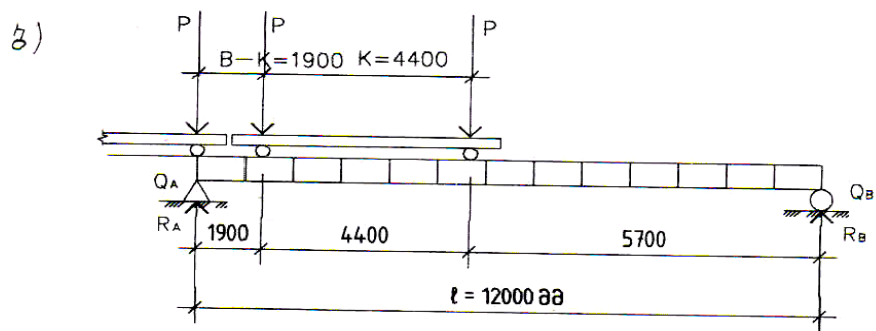
5.9. saangariSo Zalvebis gansazRvra

maqsimaluri mRunavi momentebisa da ganivi Zalebis gansazRvrisaTvis saWiroa amweebi davayenoT yvelaze araxelsayrel mdgomareobaSi (nax. a da b).

Tanabradmoqmedi Zalis $R=3P$ koWis malis SuaSi modebisaTvis ganvsazRvroT X maZili.



ნახ. 29a მაქსიმალური მღუნავი მომენტის განსაზღვრა



ნახ. 29ბ მაქსიმალური განივი ძალის განსაზღვრა.

გამოვთვალოთ ამხვე ვერტიკალური დატვირთვა ფორმული:

$$P = K_{\text{დინ}} \times n \times n_{\text{მეტ}} \times P_{\text{მაქ}} = 1 \times 1.2 \times 0.85 \times 190 = 194 \text{ კნ}; \quad (102)$$

$$(103)$$

$$X=P[K-(B-K)]/3P=194[4.4-(6.3-4.4)]/3 \times 194=84 \text{ სმ};$$

სადაც $B=6300$ მმ – ამწეს სიგანე;

$K=4400$ მმ – ამწეს ბაზა.

განვსაზღვროთ საყრდენი რეაქციები R_A და R_B ;

$$R_A=(194/12)(8.32+6.42+2.02)=271 \text{ კნ}; \quad (104)$$

$$R_B=3P-R_A=3 \times 194-271=311 \text{ კნ}; \quad (105)$$

მაქსიმალური უდიდესი მღუნავი მომენტი ტოლია

$$M_{აჲ}=271 \times 5.58-194 \times 1.90=1152 \text{ კნ.მ}; \quad (106)$$

საანგარიშო მომენტი სამუსრუტო კოჭის საკუთარი წონის

გათვალისწინებით

$$M=α_1 \times M_{აჲ}=1.05 \times 1152=1210 \text{ კნ.მ}; \quad (107)$$

საანგარიშო მღუნავი მომენტი გამოწვეული პორიზონტალური ძალებისაგან

გამოვთვალოთ ფორმულით;

$$M_{ღაჲ}=M_{აჲ} \times (T\delta/P\delta)=1152 \times 5.5/190=33.3 \text{ კნ.მ}; \quad (108)$$

მაქსიმალური საანგარიშო ვერტიკალური განივი ძალის მნიშვნელობა

გამოვთვალოთ შემდეგი ფორმულით:

$$Q_A=α_1 \times Q_{აჲ}=1.05(194/12)(12+10.1+5.7)=472 \text{ კნ}; \quad (109)$$

მაქსიმალური საანგარიშო პორიზონტალური განივი ძალა;

$$Q_{გან}=Q_{აჲ}(T\delta/P\delta)=472 \times 1.05(5.5/190)=13 \text{ კნ}; \quad (110)$$

5.10. koWis ganivkveTis SerCeva

განვსაზღვროთ კოჭის მინიმალური სიმაღლე სიხისტის პირობიდან
ზღვრულ ფარდობით ჩაღუნვამდე $1/f=1/600$

$$h_{\text{მინ}}=(1 \times n_0/4800)(1/n_0)=1200 \times 600/4800 \times (1/1.2)=125 \text{ სმ}; \quad (111)$$

სადაც $n_0=M/M_0=1.2$

კოჭის საჭირო წინაღობის მომენტი:

$$W_{\text{საჭ}}=M/m \times (R-2)=121000/1 \times (21-2)=6370 \text{ სმ}^3 \quad (112)$$

სადაც $m=1$ – მუშაობის პირობების კოეფიციენტი.

(R-2) – არის მასალის საანგარიშო წინაღობა, შემცირებული წინაღობა
სამუხრუჭო ძალის გათვალისწინებით. წინასწარ კედლის სისქეს

განვსაზღვრავთ ფორმულით:

$$t_{\text{კედ}}=7+3 \times h_{\text{კედ}}/1000=7+3 \times 1250/1000=10.75 \text{ მმ}; \quad (113)$$

მივიღოთ $t_{\text{კედ}}=10.0$ მმ;

კოჭის ოპტიმალური სიმაღლე ტოლია:

$$h_{\text{ოპტ}}=1.15 \times (W_{\text{საჭ}}/t_{\text{კედ}})^{1/2}=1.15 \times (6370/10)^{1/2}=92 \text{ სმ}; \quad (114)$$

მივიღოთ კოჭის კედლის სიმაღლე $h_{\text{კედ}}=120$ სმ; შევამოწმოთ კოჭის კედლის
სისქე სიმტკიცეზე, ჭრაზე.

$$t_{\text{კედ}}=(3/2) \times Q/R_{\text{ჭრ}} \times h_{\text{კედ}}=3 \times 472/2 \times 13 \times 120=0.47 < 1.0 \text{ სმ}; \quad (115)$$

განვსაზღვროთ სარტყლების კვეთის საჭირო ფართი:

$$2A_{\text{სარტ}}=(3/2) \times W_{\text{საჭ}}/h_{\text{კედ}}=3 \times 637/2 \times 120=79.6 \text{ სმ}^2; \quad (116)$$

მივიღოთ კოჭის სიმეტრიული კვეთი;

$$\text{კედელი } _ (1200 \times 10) \text{ მმ: } _ A_{\text{კედ}}=120.0 \text{ სმ}^2 \quad (117)$$

miviRoT zeda da qveda sartyelebis erTnairi ganivkveTi:

sartyeli – (300X14) mm – $A_{sarty.} = t_{sarty.} \times b_{sarty.} = t_f \times b_f = 30 \times 14 = 42.0 \text{ sm}^2$

samuxruWo koWis ganivkveTi -16 $A = 18.1 \text{ sm}^2$;

horizontaluri furceli – $t_{furc.} = 6 \text{ mm}$

5.11. amwqveSa koWis simtkiceze Semowmeba

ganvsazRvroT koWis geometriuli maxasiTeblebi:

ganvsazRvroT momenti (X-X) – RerZis mimarT:

$$I_x = (1 \times 120^3 / 12) + 2 \times 1.4 \times 30(60 + 0.7)^2 = 454000 \text{ sm}^4; \quad (118)$$

simetriuli kveTis winaRobis momenti:

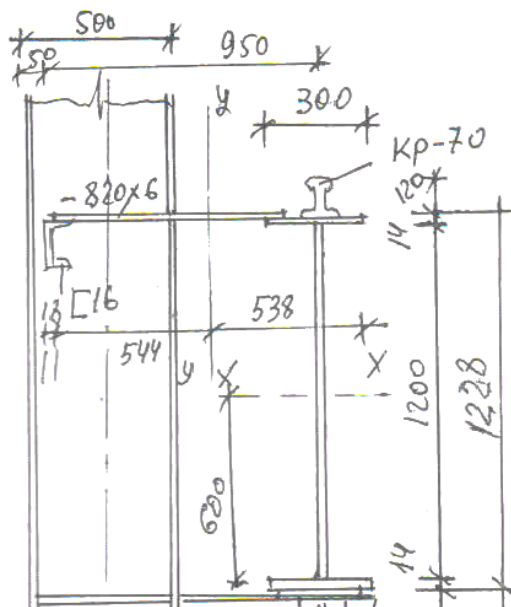
$$W_x = 2 \times I_x / h = 2 \times 454000 / (120 + 2.14) = 7400 \text{ sm}^3; \quad (119)$$

naxevarkveTis statistikuri momenti:

$$S_x = 1.4 \times 30(60 + 0.7) + 60(60 / 2) = 4350 \text{ sm}^3; \quad (120)$$

ganvsazRvroT samuxruWo koWis geometriuli maxasiaTeblebi, koWis zeda srtyeli, furcli da damWeri Sveleri – #16; manZili amwqveSa koWis RerZidan kveTis simZimis centramde (RerZi Y-Y):

$$S_y = S_y / \sum A = (18.1 \times 93.2 \times 0.6 \times 5) \times 2 / 18.1 + 82 \times 0.6 + 36 \times 1.4 = 38.8 \text{ sm} \quad (121)$$



nax. 30 amwqveSa koWis ganivkveTis komponireba

kveTis inerciis momenti:

$$I_y = 63.7 + 18.1 \times 54.4^2 + 0.6 \times 82^3 / 12 + 0.6 \times 82 \times 13.2^2 + 1.4 \times 30 / 12 + 1.4 \times 30 \times 38.8^2 = 156083 \text{ sm}^4; \quad (122)$$

winaRobis momenti amwqveSa koWis zeda sartyelze:

$$W_y = 156083 / (38.8 + 15) = 2900 \text{ sm}^3; \quad (123)$$

normalur Zabvaze Semowmeba zeda sartylisaTvis xdeba formuliT:

$$\sigma_y = M / W_x + M_T / W_y = 121000 / 7400 + 3330 / 2900 = 17.4 \text{ kn/sm}^2 < R_y = 21.0 \times 1.1 \text{ kn/sm}^2 = 23.1 \text{ kn/sm}^2 \quad (124)$$

SevamowmoT ganivkveTi mxeb Zabvebze:

$$\tau = Q \times S_x / I_x \times t_f = 472 \times 4350 / 397000 = 4.55 \text{ kn/sm}^2 < R_s = 13 \text{ kn/sm}^2 \quad (125)$$

$$f / I = M \delta \times I / 10 \times E \times I_x = 100100 \times 1200 / 10 \times 2.1 \times 10^2 \times 10^2 \times 454000 = 1 / 795 < I / n_0 = 1 / 600 \quad (126)$$

sadac $M \delta \approx M / 12 = 121000 / 1.2 = 100100 \text{ kn.sm}$;

drekadobis moduli $E = 2.1 \times 10^4 \text{ kn/sm}^2$

e.i. amwqveSa koWis sixistis piroba dakmayofilebulia.

5.12. koWis sartyelebis adgilobriv mdgradobaze Semowmeba

roca fardoba sartylis siganisa da sartylis sisqis Seadgens - $b_f = t_f = 30 / 1.4 = 21.4 < 30$, da gvaqvs foladi C38/23, maSin sartyelebis adgilobrivi mdgradoba uzrunvelyofilia.

5.13 koWis kedlis adgilobriv mdgradobaze Semowmeba

ganvsazRvroT fardoba $h_{ked} / t_{ked} = h_{bf} / t_w = 12 / 1 = 12 > 80$

amitom kedlis adgilobriv mdgradobaze Semowmeba aucilebelia, agreTve saWiroa sixistis wiboebis dayeneba. davniSnoT sixistis wiboebis Soris manZili: $a = 2000 \text{ mm}$, radgan $h_{bf} / t_w > 100$, amitom

$$2 \times h_{bf} = 2 \times 1200 = 2400 \text{ mm} \quad (127)$$

davniSnoT sixistis wiboebis ganivkveTi konstruqciuli mosazrebiT.

5.14. koWis Semowmeba sixisteze

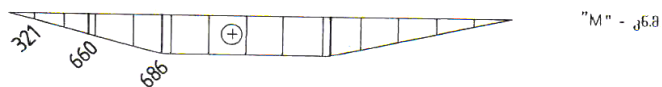
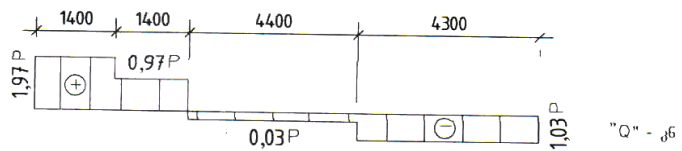
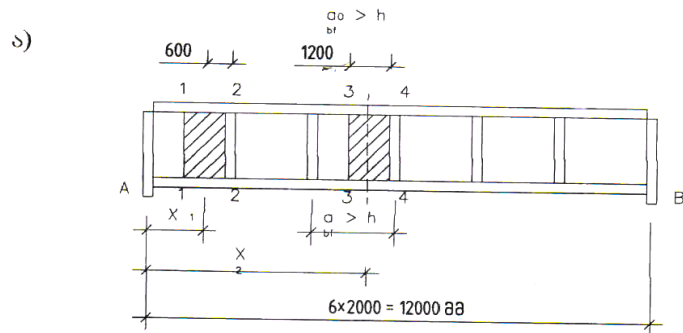
ganvsazRvroT fardobiTi CaRunva koWSi gamowveuli vertikali normatiuli datvirTvebisagan:

$$f/l \approx M^\sigma \cdot l / 10 \cdot EI_x = 100100 \cdot 1200 / 10 \cdot 2.1 \cdot 10^4 \cdot 454000 = \frac{1}{795} < \frac{1}{600} \quad (128)$$

sadac $M^\sigma \approx M / 1.2 = 1200 / 1.2 = 100100 \text{ kn.sm}$;

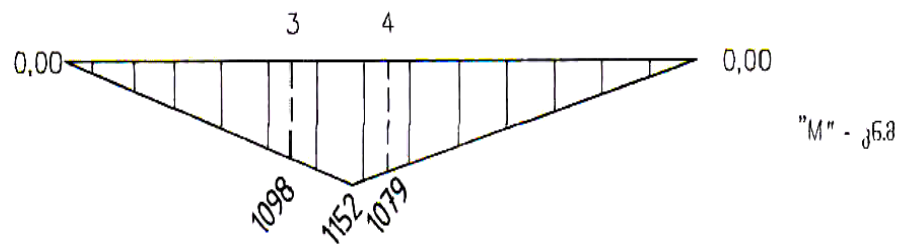
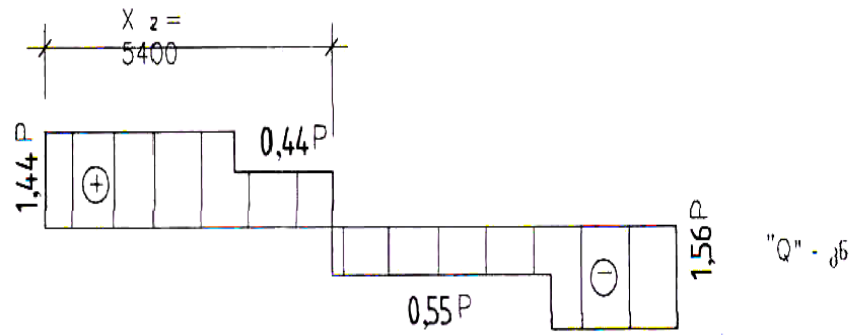
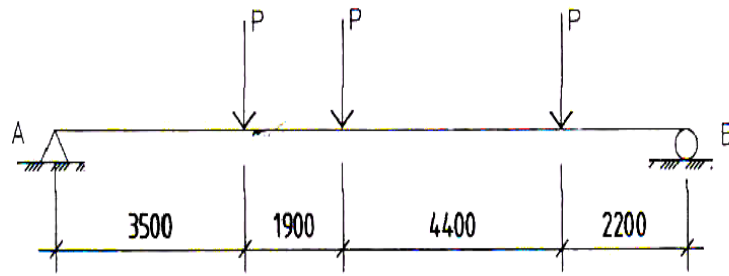
drekadobis moduli $E = 2.1 \cdot 10^4 \text{ kn/sm}^2$

e.i. amwqveSa koWis sixistis piroba dakmayofilebulia.



nax. 31 Zalvebis gansazRvra nakveTurSi

3)



max. 32 Zalvebis gansazRvra malis SuaSi

$$\text{წიბოს სიგანე } b_{\text{წ}} \geq h_{\text{წ}} \times /30 + 40 = 1200/30 + 40 = 80 \text{ მმ;} \quad (129)$$

$$\text{მივიღოთ } b_{\text{წ}} = 90 \text{ მმ;}$$

$$\text{წიბოს სისქე } - t_{\text{წ}} \geq b_{\text{წ}}/15 = 90/15 = 6 \text{ მმ, მივიღოთ } - t_{\text{წ}} = 6 \text{ მმ;}$$

კოჭის კედლის ადგილობრივ მდგრადობაზე შემოწმებისათვის ვირჩევთ ორ საანგარიშო მონაკვეთს: პირველს საყრდენთან, სადაც მაქსიმალური მხები დაბეჭდვა, ხოლო მეორეს ვირჩევთ მალის შუაში, სადაც მაქსიმალური normalurii დაბეჭდვა, რადგან საყრდენ მონაკვეთში (ნაკვეთურში) – ნაკვეთურის სიგრძე $a = 2000 \text{ მმ} = 2.0 \text{ მ}$ აჭარბებს მის სიმაღლეს $h_{\text{წ}} = 1.2 \text{ მ}$, ამიტომ დაბეჭდვს შევამოწმებთ $0.5 \times h_{\text{წ}} = 0.5 \times 120 = 60 \text{ სმ}$ ნაპირიდან მანძილზე.

გამოეთვალათ X_1 და X_2

$$X_1 = 2000 - 600 = 1400 \text{ მმ} = 1.4 \text{ მ;} \quad (130)$$

$$X_2 = 6000 - 600 = 5400 \text{ მმ} = 5.4 \text{ მ;}$$

შევამოწმოთ კედლის ადგილობრივი მდგრადობა პირველ ნაკვეთში.

გამოეთვალათ საყრდენი რეაქცია:

$$Q_A = (4.3 + 8.7 + 10.6) \times P / 12 = 1.97P = 1.97 \times 194 = 382 \text{ კნ;} \quad (131)$$

საშუალო მნიშვნელობები მღუნავი მომენტისა და განივი ძალისა მანძილზე

$X_1 = 1.4 \text{ მ}$ საყრდენიდან შეადგენენ: კვეთი 1-1

$$M_1 = 1.05 \times Q_A \times 0.8 = 1.05 \times 382 \times 0.8 = 321 \text{ კნ.მ;} \quad (132)$$

$$Q_1 = 1.05 \times Q_A = 1.05 \times 382 = 401 \text{ კნ.}$$

ნაკვეთურის შუაში, როცა $X_1 = 1.4 \text{ მ}$;

$$M_{X_1} = 1.05 \times 382 \times 1.4 = 560 \text{ კნ.მ;} \quad (133)$$

$$Q_{X_1} = 1.05 \times (Q_A - P) = 1.05 \times (382 - 194) = 197 \text{ კნ;}$$

kveTi (2-2)-Si

$$M_2 = 1.05 \times (382 \times 2 - 194 \times 0.6) = 686 \text{ kn}\cdot\text{m} \quad (134)$$

mRunavi momentisa da ganivi Zalis saSualo mniSvneloba saangariSo nakveTurSi:

$$M_{\text{saS}} = (M_1 + M_{x_1} + M_2) / 3 = (321 + 560 + 686) / 3 = 522 \text{ kn}\cdot\text{m}; \quad (135)$$

$$Q_{\text{saS}} = (Q_1 + Q_2) / 2 = (401 + 197) / 2 = 300 \text{ kn}; \quad (136)$$

ganvsazRvroT Zabva kedelSi nakveTurSi roca $x_1=1.4 \text{ m}$;

$$\sigma = (M_{\text{saS}} / I_x) \times y_c = (52200 / 454000) \times 60 = 6.95 \text{ kn}/\text{sm}^2; \quad (137)$$

$$\text{sadac } y_c = 0.5 \times h_{bf} = 0.5 \times 120 = 60 \text{ sm};$$

mxebi Zabva

$$\tau = Q_{\text{saS}} / b_{bf} \times t_w = 300 / 120 \times 1 = 2.5 \text{ kn}/\text{sm}^2; \quad (138)$$

adgilobrivi Zabva xidura amwes borblis qveS

$$\sigma_{\text{adg}} = n_1 \times P_1 / t_w \times z = 1.1 \times 228 / 33.4 = 7.5 \text{ kn}/\text{sm}^2; \quad (139)$$

sadac $n_1=1.1$ – kedlis mdgradobaze Semowmebisas.

$$P_1 = 1.2 \times 190 = 228 \text{ kn} \quad (140)$$

$$Z = c \times (I / t_w) \times 1 / 3 = 3.25 \times (1089 / 1) \times 1 / 3 = 33.4 \text{ sm}; \quad (141)$$

I_1 – aris jami inerciis momentebisa koWis zeda sartyelis da savali relsisa KP70

$$I_1 = (30 \times 1.4^2 / 12) + 1082 = 1089 \text{ sm}^4; \quad (142)$$

ganvsazRvroT kritikuli Zabva koWis kedlisaTvis, roca fardoba

$$a / h_{bf} = 2 / 1.2 = 1.67 > 0.8 \quad (143)$$

$$\delta_{\text{adg}} / \delta = 7.5 / 6.95 = 1.09 \quad (144)$$

da kedlis

$$a = c \times b_f / h_{bf} = 2 \times (30 / 120) \times (1.4 / 1)^3 = 1.38 \quad (145)$$

roca $a = 1.38a / h_{bf} = 1.67$ cxrilidan viRebT zRvrul mniSvnelobas $[\sigma_{\text{adg}}/\sigma]=0.517$,

romelic naklebia $\sigma_{\text{adg}}/\sigma=1.09$.

normalur kritikul Zabvas gamovTvlit formuliT:

$$\delta_o = k_2 \times (100 \times t_w / h_o) \times 100 = 13.8(100 \times 1/120)^2 \times 100 = 96 \text{ kn/sm}^2; \quad (146)$$

sadac $k_2=13.8$ cxr. , roca $a / h_{bf} = 1.67$

mxebi kritikuli Zabva

$$\tau_o = (1.25 + 0.95/m^2) \times t_w / d)^2 \times 100 = (1.25 + 0.95/1.67^2)(100 \times 1/120)^2 \times 100 = 11.1 \text{ kn/sm}^2; \quad (147)$$

sadac $a / h_{bf} = 1.20$

gamovTvaloT krtikuli Zabva gamowveuli adgilobrivi amwes borblis moqmedebis qveS, roca $a / h_{bf} = 2 / 1.2 = 1.67 < 2$

$$\sigma_{mo} = k_1 \times (100 \times t_w / a)^2 \times 100 = 7.87(100 \times 1/200)^2 \times 100 = 19.7 \text{ kn/sm}^2;$$

sadac $k_1=7.87$ cxr. 28, roca $a=1.38$ da $a / h_{bf} = 1.67$

SevamowmoT amweqveSa koWis kedeli mdgradobaze

$$\left(\left(\sigma / \sigma_0 + \sigma_{adg} / \sigma_{m0} \right)^2 + (r / r_0)^2 \times 1/2 \right) \leq 0.9 \quad (148)$$

$$\left((69.2/96 + 7.5/19.7)^2 + (2.5/11.1)^2 \right) \times 1/2 = 0.51 \leq 0.9$$

e.i. kedlis mdgradoba sayrden nakveTurSi dakamyofilebulia. SevamowmoT kedlis mdgradoba Sua nakveTurSi. moTavsebulia sayrdenidan $X_2=5.4$ m manZilze. gamovTvaloT sayrdeni reacqiebi da avagoT mRunavi momentisa da ganivi Zalis epiurebi:

$$Q_A = (P/12)(2.2 + 6.6 + 8.5) = 1.44P = 1.44 \times 194 = 280 \text{ kn} \quad (149)$$

(3-3) kveTSi Q tolia

$$Q_3 = Q_A - P = 1.44 \times P - P = 0.44P \quad (150)$$

(4-4) kveTSi ganivi Zala tolia:

$$Q_{x2} = Q_4 = Q_A - 2P = 1.44P - 2P = 0.56P \quad (151)$$

ganivi Zalis saSualo mniSvneloba tolia

$$Q_{saS.} = Q_3 + Q_4 / 2 \cdot 1.05 = [(0.44 \cdot p + (-0.56 \cdot p))] / 1/2 \cdot 1.05 = -12.2 \text{ kn}$$

$$M_3 = Q_A \times 4.8 - P \times 1.3 = 280 \times 4.8 - 194 \times 1.3 = 1098 \text{ kn}\cdot\text{m} \quad (152)$$

$$M_{x2} = Q_A \times 5.4 - P \times 1.9 = 280 \times 5.4 - 194 \times 1.9 = 1152 \text{ kn}\cdot\text{m}$$

$$M_4 = Q_A \times 6 - P \times 2.5 - P \times 0.6 = 280 \times 6 - 194 \times 2.5 - 194 \times 0.6 = 1079 \text{ kn}$$

mRunavi momentis saSualo mniSvneloba tolia:

$$M_{saS} = 1.05 \times (M_2 + M_{x2} + M_4) / 3 = 1.05 \times (1098 + 1152 + 1079) / 3 = 1165 \text{ kn}\cdot\text{m} \quad (153)$$

ganvsazRvroT kedelSi Zabvebi,Sua nakveTurSi normaluri Zabva.

$$\delta = (M_{x2} / I_x) \times y_c = 116500 \times 60 / 454000 = 15.4 \text{ kn/sm}^2; \quad (154)$$

$$\tau = Q_{x2} / h_{bf} \times t_w = 12.2 / 120 \times 1 = 0.1 \text{ kn/sm}^2; \quad (155)$$

adgilobrivi Zabva sayrden kvanZTan

$$\sigma_m = 7.5 \text{ kn/sm}^2; \quad (156)$$

gamovTvaloT kritikuli Zabva amwqveSa koWis kedlisaTvis Sua nakveTurSi:

$$a / h_{bf} = 2000 / 1200 = 1.67 > 0.8 \quad a=1.38, \quad \sigma_m / \sigma = 7.5 / 15 = 0.487 \quad (157)$$

naklebia $\sigma_m / \sigma = 0.517$ cxr. 29 СНИП roca $a=1.38$ da $a / h_{bf} = 1.67$, maSin kritikuli

Zabva gamoiTvleba formuliT:

$$\sigma_0 = k_0 (100 \times t_w / h_{bf})^2 \times 100 = 6.77 \times 100 (100 \times 1 / 120)^2 = 59.7 \text{ kn/sm}^2; \quad (158)$$

sadac $k_0=6.77$ interpolaciiT cx. 26 СНИП roca $a=1.38$.

gamovTvaloT mxebi krtikuli Zabva formuliT

$$\tau = (1.25 + 0.95 / m^2) (100 \times t_w / d)^2 \times 100 = (1.25 + 0.95 / 1.67^2) (100 \times 1 / 120)^2 \times 100 = 11.1 \text{ kn/sm}^2 \quad (159)$$

sadac $a / h_{bf} = 1200 \text{ mm}=1.2\text{sm}$;

kritikuli Zabva gamowveuli amwes borblisagan:

$$\sigma_{m0} = k_1 (100 \times t_w / a_0)^2 = 3.3 (100 \times 1 / 100)^2 \times 100 = 33.9 \text{ kn/sm}^2 \quad (160)$$

SevamowmoT Sua nakveTuris mdgomareoba Semdegi formuliT: roca σ_m - ar udris 0-s.

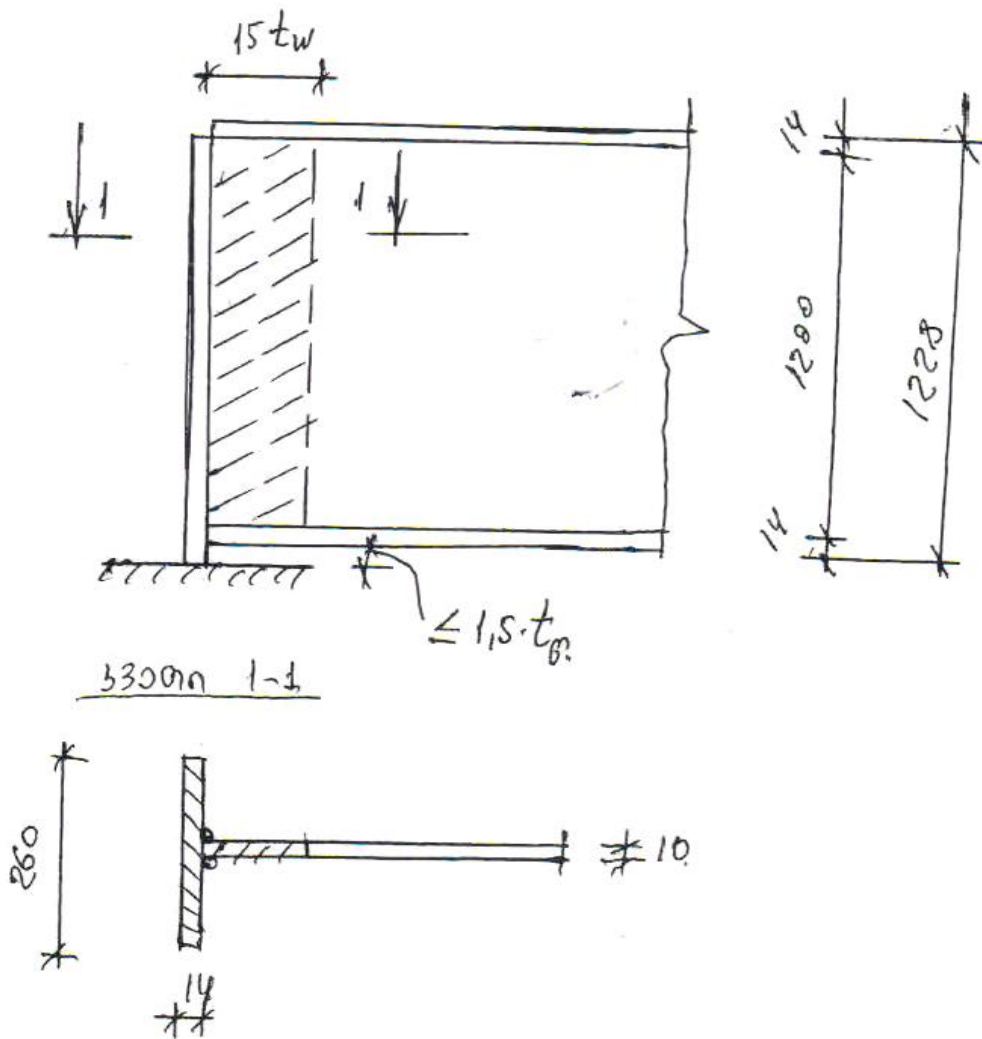
$$\left((\sigma / \sigma_0 + \sigma_m / \sigma_{m0})^2 + (\tau / \tau_0)^2 \times 1/2 \right) = \left((15.4 / 47.2 + 7.5 / 33 - 4)^2 + (0.1 / 11.1)^2 \right) \times 1/2 = 0.55 < 0.9 \quad (161)$$

e.i. awqveSa koWis kedlis mdgradoba Sua nakveTurSi damakmayofilebelia.

5.15. sayrdeni wibos angariSi

koWis sayrdeni wibo eyrdnoba svets torsis furclis saSualebiT. konstruqciuli mosazrebiT viRebT sayrdeni wibos ganivkveTs (260X14) mm; wibos Telvis farTi tolia – $A_{Tel.}=26 \times 1.4=36.4 \text{ sm}^2$. SevamowmoT Zabva Telvis dros sayrden wiboSi:

$$\sigma_{Tel.} = Q / A = (472 / 36.4) = 13 \text{ kn/sm}^2 \quad (162)$$



nax. 33 sayrdeni wibos pirobiTi dgari

SevamowmoT pirobiTi sayrdeni wibos mdgomareoba. amisaTvis winaswar ganvsazRvroT saangariSo ganivkveTis farTi

$$A_{\text{red}} = 26 \times 1.4 + 15 \times t_w^2 = 36.4 + 15 = 51.4 \text{ sm}^2 \quad (163)$$

inerciis momenti

$$I_x = 1.4 \times 26^3 / 12 = 2080 \text{ sm}^4 \quad (164)$$

inerciis radiusi

$$I_i = (I_x / A_{\text{red}}) \times 1/2 = (2080 / 51.4) \times 1/2 = 6.34 \text{ sm} \quad (165)$$

sayrdeni wibos moqniloba

$$\lambda_x = h_{bf} / I_x = 120 / 6.34 = 19 \quad (166)$$

Sesabamisi $\varphi=0.972$ sadac φ - aris grZivi Runvis koeficienti. SevamowmoT sayrdeni wibo mdgradobaze:

$$\tau = Q / \varphi \times A_{\text{ked.}} = 472 / 0.972 \times 51.4 = 9.5 \text{ kn/sm}^2 < R_x \gamma_c = 21 \times 1.1 = 23.1 \text{ kn/sm}^2 \quad (167)$$

e.i. sayrdeni wibos mdgradoba uzrunvelyofilia. gamovTvaloT amwqveSa koWis wona.

$$C_{a.k.} = V \cdot \gamma_{1,2} \text{ sadac } \gamma = 7850 \text{ kn/m}^3 \quad (168)$$

$\psi=1,2$ samSeneblo koeficienti.

$$V = V_{\text{ked.}} + 2V_{\text{sart.}} = 0,01 \cdot 1,2 \cdot 12 + 2 \cdot 0,014 \cdot 0,3 \cdot 12 = 0,144 + 0,1008 = 0,2448 \text{ m}^3 \quad (169)$$

maSin amwqveSa kowis wona

$$G_{a.k.} = 0,2448 \cdot 7850 \cdot 1,2 = 2306 \text{ kg} = 23,06 \text{ kn} \quad (170)$$

5.16. Senobis avariul reJimSi eqspluataciis dros, liTonis Sedgenili ortesebri gofirebuli kedliT ganxorciebuli koWis konstruqciuli Taviseburebani

ekonomikis efeqturad ganviTareba, rac Tanamedrove pirobebSi saqarTvelos winaSe arsebuli bunebrivi, politikuri da teqnogenuri safrTxeebisa da gamowvevebis fonze mimdinareobs, erTmniSvnelovnad ganisazRvreba qveynis kritikuli infrastruqturis SesaZlo sagangebo situaciebidan dacvis xarisxiT. Tavisi arsiT, kritikuli infrasuqturis

dacva warmoadgens mzadyofnis zomebis usafrTxoebasTan dakavSirebiT gasaRebas. igi qveynis usafrToebis qvakuTxedia.

saqarTveloSi, kritikuli infrasqtruturis dacva warmoadgens saxelmwifos umTavres amocanas, romelic moiTxovs xelisuflebis, biznesmenebis koordinirebul Tanamoqmedebis mxridan aqtiur mxadaWeras.

kritikuli infrastruqturis dacva gulisxmobs, SesaZlo sagangebo situaciebSi mosaxleobis sicocxlis uzrunvelyofis mizniT, qveynis kritikuli infrasqtruturis calkeuli obieqtების sagangebo situaciebSi stabiluri obieqtების SenarCunebis uzrunvelyofas da sagangebo situaciebis Sedegebis aRmofxvrisaTvis pirobebis Seqmna samSeneblo konstruqciebis dagegmarebisas damproeqteblebisaTvis umniSvnelovanesi sazrunavia.

samrewvelo da samoqalaqo Senoba-nagebobebis daproeqtების dros iTvaliswineben gansakuTrebul datvirTvebsa da zemoqmedebes, romlebic Tavismxriv SesaZlebelia gamowveuli iyos rogorc bunebrivi aseve teqnogenuri xasiaTis sagangebo situaciebisa da maTi damazianeбели zemoqmedebisagan. maTi datvirTva SeTanwyobaSi, Semadgenlobisa da intensivobis xarixsis gaTvaliswineba ZiriTadad damokidebulia obieqtis

strategiul mniSvnelobaze. iseTi saSiSi obieqtებისaTvis, rogoricaa, qimiuri qarxnebi, navTobproduqtების saTavsoebi, kaSxlebi da sxva iTvaliswineben aseve, Senoba nageobebenze da mis Semadgenel calkeul mzid elementebze sawarmoo procesebis avariulad ganviTarebis Sedegad gamowveul datvirTvebs.

saxifaTo samrewvelo obieqtებიდან gansakuTrebuli adgili uWiravT, iseT Senobebis, romlebic usafrTxoebisaTvis erT-erTi ZiriTadi sakiTxi aris eqstremaluri bunebrivi da teqnogenuri zemoqmedebis gaTvaliswineba. romlebsac, rogorc wesi, iwveven miwisZvrebi, qarbuqi, cunami, eqstremaluri klimaturi pirobebi, Zlieri Tovli, masStaburi xanZrebi da sxva. xolo, teqnogenuri zemoqmedeba ki SeiZleba iyos rogorc Sida aseve, gare. proeqtებისas umTavres eqstremalur zemoqmedebas warmoadgens swored SesaZlo sagangebo situacebisagan gamowveuli damazianeбели faqtorebis zemoqmedeba. amitomac ekonomikis obieqtების daproeqtება datvirTvebis yvelaze cudi scenariT ganviTarebis gaTvaliswinebiT unda warmoebdes.

gansakuTrebuli mniSvneloba da specialuri daniSnulebis Senoba-nagebobaTa konstruqciebs angariSoben, saimedobis uzrunvelyofisa da amave dros, mzidi elementebis racionaluri zomebis dadgenis mizniT. am SemTxvevaSi, aucilebel pirobas warmoadgens maTdami wayenebuli saeqspluatacio moTxovnebis uzrunvelyofa, rogorc

normalur pirobebSi, ise avariebiT gamowveuli datvirTvebis zemoqmedebisas. rogorc cnobilia, samSeneblo konstruqciebis gaangariSeba warmoebs datvirTvaTa ZiriTad da gansakuTrebul Sexamebis saqmeTa safuZvelze.

datvirTvaTa gansakuTrebuli Sexamebis sqema moicavs mudmiv, droebiT xangrZliv da xanmokle, aseve gansakuTrebuli saxis datvirTvebs.

gansakuTrebuli datvirTvebia seismuri, avariebiTa da afeTqebebiT gamowveuli zemoqmedebebi, teqnologiuri procesis darRveviT an mowyobilobaTa mwyobridan gamosvlis Sedegad gamowveuli datvirTvebi da gruntis struqturis cvlilebebiT gamowveuli fuZis araTanabari deformaciebis zemoqmedeba. gansakuTrebuli datvirTvebTan erTad, ekonomikis obieqtების specificikidan gamomdinare, gaTvaliswinebuli unda iqnes sagangebo situaciebSi damaxasiaTebeli meqanikuri, Termuli, qimiuri da sxva saxis specialuri datvirTvebi.

specialur datvirTvebze, angariSoben rogorc kritikuli infrastruqturis obieqtებს, aseve sainJinro – teqnikuri kompleqsis calkeul elementებს. am SemTxvevaSi gaangariSebis mizans warmoadgens, SesaZlo sagangebo situaciis damazianeбели faqtorebiT gamowveul datvirTvebze, maTi Sedegebisa da dazianebadobis xarixsis Sefaseba. gansakuTrebul da specialur datvirTvebad, xSir SemTxvevaSi, ganixileba dartyimiTi talRis Warbi wnevis zemoqmedeba, romelic SeiZleba vrceldebodes rogorc haerSi da miwaze, aseve wyalSi, igi xasiaTdeba droSi wnevis cvlilebiT. misi ZiriTadi maxasiaTeblebia: maqsimaluri wneva, misi droSi cvlilebis funqcia da zemoqmedebis xangrZlivoba.

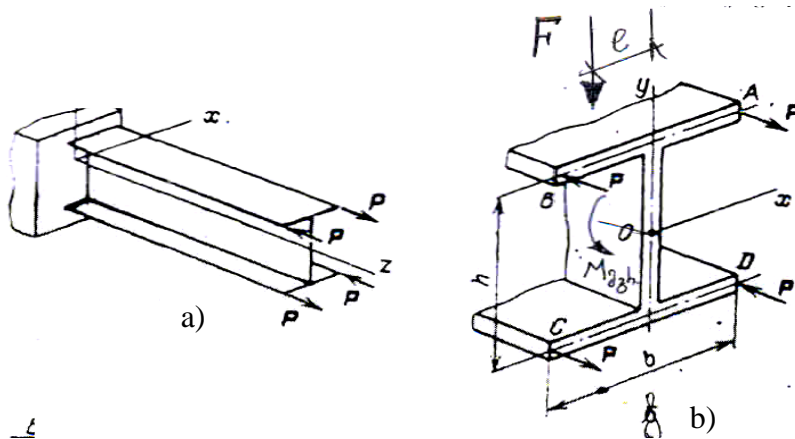
afeTqebis Sedegad warmoSobili talRa vrceldeba da zemoqmedebis nagebobebze dartyimiTi talRis saxiT. Tavisi bunebiT igi warmoadgens xanmokle dinamikur datvirTvas.

mowyobilobebis, konstruqciuli elementebis da maTi SeerTebebis medegoba, damokidebulia mowyobilobebis calkeuli elementebis saerTo mdgomareobaze. amitom, SesaZlo datvirTvebze angariSi aucilebelia vawarmooT yvelaze uaresi SemTxvevisaTvis, imis gaTvaliswinebiT, rom xanmokle mimarTulebiT avlendnen. es ki, Tavis mxriv damokidebulia feTqebadi obieqtის adgilze orientaciaze, mis irgvliv gaangariSebis xasiaTze, sayrdeni fuZis agebulebaze da sxva faqtorebze. xanmokle dinamikur datvirTvas SeiZleba aseve warmoadgendes amwqveSa koWze moZravi xidura amwis avariiT an urikis damuxruWebis efeqtის gadametebiT Seqmnil avariul reJimSi muSaobiT gamowveuli amwqveSa koWis mgrexavi momenti.

konstrukciis gaangariSeba, xanmokle dinamikuri datvirTvebis gaTvaliswinebiT, xorcieldeba gaangariSebis dinamiuri meTodebis gamoyenebiT. Tumca, proeqtirebis praqtikaSi, calkeuli mzidi konstrukciuli elementebis gaangariSebis mizniT, xSirad dinamikuri datvirTvis nacvlad sargebloben misi Sesabamisi eqivalenturi statistikuri meTodiT. am SemTxvevaSi sargebloben dinamikuri zemoqmedebis eqivalenturi statistikuri datvirTvebiT.

liTonis gofirebuli kedliT ganxorcielebuli Sedgenili koWis konstrukciuli gadawyveta, Senobis avariul reJimSi eqspluataciis dros, moicavs amtanunarianobis resurs, romelic misi ganivkveTis optimaluri sivrciT efeqturobiT ganisazRvreba.

liTonis gofirebuli kedliT ganxorcielebuli Sedgenili koWis ganivkveTis optimaluri sivrciT efeqturobas ganapirobebs koWis kedlis gofirebuli gavrcoba misi grZivi mimarTulebiT, rac saSualebas izleva gazrdil iqnes koWis ganivkveTis sufTa grexvaze inerciis momenti da seqtorialuri maxasiaTeblebi (seqtoraluri inerciis momenti, seqtoraluri winaRobis momenti, profilis ganivkveTis ganapira wertilis seqtoraluri farTi) maTi sivrciT gavrcobis anu kveTis ganivkveTis simetriis RerZidan kedlis farTis gataniT). ix. nax. 34, rac dakavSirebulia mTlianobaSi koWis grexvaze winaRobis zrdasTan.



ნახ. 34 ერთი ბოლით ხისტად გამაგრებული კოვის საანგარიშო სქემა გრეხვის დროს

თავი 6

6.1 ექსპერიმენტალური კვლევა

ექსპერიმენტული კვლევის საფუძველზე კატარა ლიტონის სედგენილი გოფრებულკედლიანი ორტეხბრი სედურებული კოვის შემოვლება სიმტკიცეზე და სიხისტეზე.

Catarebuli iqna eqsperimentaluri kvleva, romelic dafuznebuli iyo daasaxuli amocanebis gadasawyvetad. gamocda Catarda liTonis Sedgenili gofirebul kedliani ortesebri SeduRebuli liTonis koWze, romelic samSeneblo normevisa da wesebis mixedviT (СНП 2.03.84) iyo gaangariSebuli da konstruirebuli.

winaswari Teoriuli gamokvlebebiT SeirCa liTonis Sedgenili gofirebul kedliani ortesebri koWi, romlis SeduRebiT SeerTeba da konstruireba moxda samSeneblo normevisa da wesebis dacviT. koWis geometriuli sigrZe $L=300\text{sm}$, xolo misi ganivkveTi Sedgeba zeda da qveda sartyelebiT erTnairi zomebiT: siganiT - $b_f=135\text{mm}$, sisqiT - $t_f=10\text{mm}$; Sveuli kedeli Semdegi zomebiT - $h_w=280\text{mm}$; sisqe $t_w=4\text{mm}$, masalad gamoyenebulia foladi, romlis saangariSo winaRoba - $R_y=21\text{kn/sm}^2$.

or sayrdenze Tavisuflad mdebare liTonis Sedgenili SeduRebuli koWis gamocda xdeboda erTi Seyursuli Zalis zemoqmedebiT – malis SuaSi sayrdenidan $\ell=150\text{ sm}$ manZilze. datvirTva koWs gadaecemoda xisti traversiT specialuri stendis saSualebiT. etapobrivad xdeboda datvirTvis zrda $(0,05\div 0,1)P$. xelsawyoebidan anaTvlebis aTvla xdeboda 15 wuTis dayovnebiT.

liTonis ortesebr koWze CaRunvebis gazomva xdeboda indikatorebisa da maqsimovis CaRunvmzomis saSualebiT, xolo koWis kedlis nakvTurebSi deformaciebis ganviTarebis suraTis Cawera xdeboda eleqtronuli tenzometrirebis saSualebiT

baziT $R=50\text{mm}$. anaTvlebis aReba xdeboda el. xelsawyos АИД-2 –isa gadamrTvelebis saSualebiT datvirTvebis yovel etapze.

deformaciis sidide liTonis ortesebr koWSi mowmdeboda tariirebuli manometriT, xolo malis SuaSi koWis CaRunva izomeboda maqsimovis tipis CaRunvmzomiT.

Seiqmna liTonis Sedgenili gofirebul kedliani koWi Semdegi monacemebis mixedviT:

koWis mali – $L=300\text{sm}$;

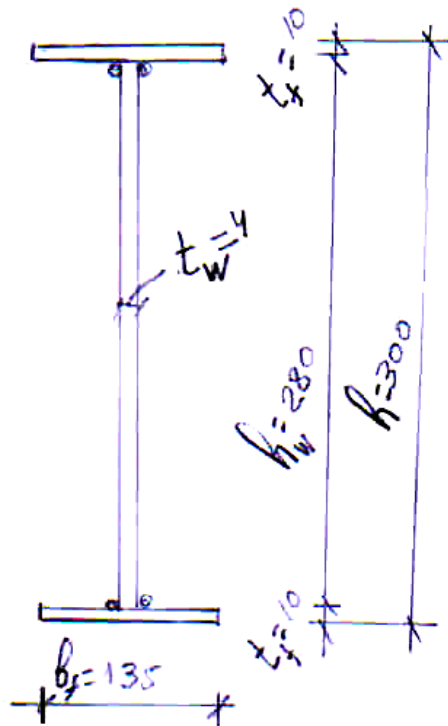
koWis zeda da qveda sartyelebi Semdegi zomebiT:

sigane - $b_f=135\text{mm}$; sisqe $t_f=10\text{mm}$;

koWis kedlis simaRle - $h_w=280\text{mm}$;

koWis kedlis sisqe - $t_w=4\text{mm}$;

koWis simaRle – $h_{koWi}=280+2\cdot 10=300\text{mm}$



nax. 35 koWis ganivkveTi

SedarebisaTvis sortamentidan viRebT gagniluli ortesebri koWis – I 30-is gemetriul zomebs da teqnukur-meqanukur maxasiaTeblebs: $g=36,5$ kg/m, $h=300$ mm; $b=135$ mm; $t_w=6,5$ mm.

1 gr. m wona - $g=36,5$ kg/m;

koWis simaRle – $h=300$ mm;

koWis sartyelis sigane - $b_f=135$ mm.

koWis sartyelis sisqe – $t_f=10,2$ mm;

Sveuli kedlis sisqe - $t_w=6,5$ mm;

koWis ganivkveTis farTi - $A=46,5$ sm²;

koWis winaRobis momenti - $W_x=472,0$ sm³;

koWis inerciis momenti - $I_x=7080,0$ sm⁴;

koWis inerciis radiusi - $i_x=12,3$ sm;

koWis statikuri momenti - $S_x=268$ sm³.

gagniluli koWis I 30-Si Sevcvaley mxolod kedlis sisqe $t_w=6,5$ mm; Sedgenili gofrirebuli kedlis $t_w=4,0$ mm-iT; e.i. gagnilul koWSi arsebuli Sveuli kedlis sisqe - $t_w=6,5$ mm-isa, aviReT Sedgenil koWSi gofrirebuli kedeli sisqiT - $t_w=4,0$ mm, Sesabamisad miviReT Sedgenili ortesebri koWi gofrirebuli kedliT (sisqiT $t_w=4,0$ mm) Semdegi teqnikur-meqanikuri maxasiaTeblebis mixedviT:

koWis ganivkveTis farTi

$$A_{koW.}=2 \cdot A_{sarty.} + A_{ked.}=27,0+11,2=38,2 \text{ sm}^2$$

$$A_{sarty.}=2 \cdot 1,0 \cdot 13,5=27,0 \text{ sm}^2$$

$$A_{ked.}=0,4 \cdot 28=11,2 \text{ sm}^2$$

$$A_{koW.}=27,0+11,2=38,2 \text{ sm}^2$$

koWis saWiro inerciis momenti

$$I_{koW.} = \frac{b \cdot h^3}{12} + 2 \cdot 1,0 \cdot 13,5 \cdot \left(\frac{30}{2}\right)^2 = \frac{0,4 \cdot 28^3}{12} + 2 \cdot 1,0 \cdot 13,5 \cdot \left(\frac{30}{2}\right)^2 =$$

$$= 731,73 + 6075,0 = 6806,73 \text{ sm}^4$$

Sedgenili gofrirebuli koWis winaRobis momenti

$$W_{koW.} = \frac{I_{koW.}}{h/2} = \frac{6806,73}{30/2} = 453,783 \text{ sm}^3$$

gofrerebuli koWis 1 grZivi metris wona

$$g=v \cdot \gamma \text{ kg}$$

sadac V – aris koWis moculoba m^3 .

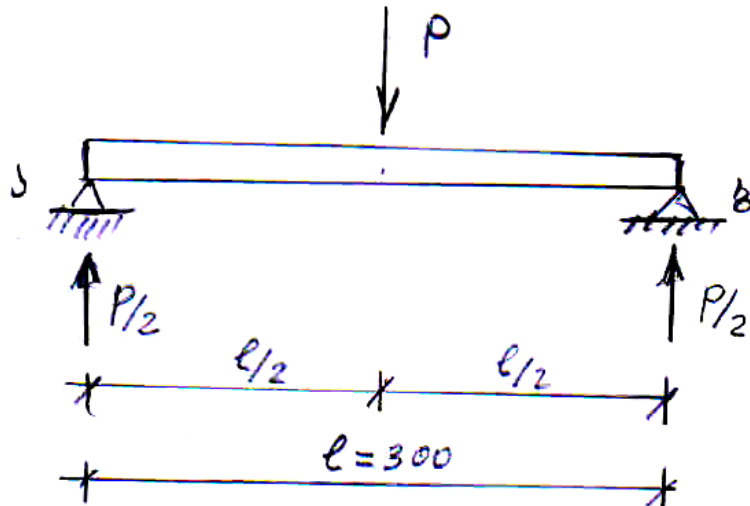
$$V=(0,01 \cdot 0,135 \cdot 1)2+(0,004 \cdot 0,28 \cdot 1)=0,0027+0,00112=0,00382 \text{ m}^3$$

$\gamma=7850 \text{ kg/m}^3$ foladis moculobiTi wonaa.

$$g=0,00382 \cdot 7850 \cdot 1,02=30,6 \text{ kg.}$$

Sedgenili ortesebri gofrirebul kedliani koWis saangariSo sqemad miRebulia orsayrdenze Tavisuflad dayrdnobili koWi. Seyursuli datvirTva modebulia malis SuaSi.

sacdeli ortesebri koWis sigrZe $\ell=300$ sm, or sayrdenze Tavisuflad mdebare koWis gamocda xdeboda malis SuaSi – sayrdenidan 150 sm manZilze, erTi Seyursuli Zalis zemoqmedebiT. mosalodneli mRunavi momentis moqmedebisagan gamowveuli deformaciebis an CaRunvebis anaTvalebis aTvla xdeboda xelsawyoebidan 15 wuTis dayovnebiT.



nax. 36 sacceli koWis saangariSo sqema

saangariSo sqemidan gamomdinare maqsimaluri mRunavi momentis mniSvneloba

tolia:
$$M_{\text{maq.}} = \frac{P}{2} \cdot \frac{\ell}{2} = \frac{P \cdot \ell}{4}$$

$$M = W \cdot R = 472,0 \cdot 21 = 9912,0 \text{ kn} \cdot \text{sm}$$

W – aris gofirebul kedliani ortesebri koWis winaRobis momenti da tolia $W = 453,8 \text{ sm}^3$.

$R_y = 21,0 \text{ kn/sm}^2$ – masalis saangariSo winaRoba.

moqmedi Seyursuli Zalis maqsimaluri mniSvneloba tolia:

$$P = \frac{4 \cdot M}{\ell} = \frac{4 \cdot 9912}{300} = 132,16 \text{ kn}$$

SevamowmoT koWi simtkiceze

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

sadac $\gamma_c = 1,1$ muSaobis pirobebis koeficienti.

$$\sigma = \frac{9912}{453,78} = 22,1 \text{ kn/sm}^2 < 21 \cdot 1,1 = 23,1 \text{ kn/sm}^2$$

e.i. koWis simtkicis piroba dakmayofilebulia.

SevamowmoT koWi sixisteze

$$f = \frac{P \cdot \ell^3}{48 \cdot WI} = \frac{132,16 \cdot 300^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 7080} = 0,50 \text{ sm} < \ell/400 = 300/400 = 0,75 \text{ sm}$$

$E=2,1 \cdot 10^4$ aris masalis drekadobis moduli. e.i. koWis sixitis piroba dakmayofilebulia.

ჩატარდა გოფრირებულკედლიანი ორტესებრი შედგენილიკოჭის ექსპერიმენტალური გამოცდა ღუნვაზე სტატიკური დატვირთებით. მაქსიმალური ჩაღუნვები არ აღმატება თეორიული გამოთვლით მიღებულ ჩაღუნვების მნიშვნელობას. თეორიული გამოთვლით მიღებულმა ჩაღუნვამ, როცა მოქმედებდა $P=13,216$ ტონა = 132,16 კნ და კოჭის წინალობის მომენტი ტოლია $W_x = 472,0$ სმ³ ჩაღუნვა შეადგინა $f=0,50$ სმ გაგლინული კოჭის შემთხვევაში.

ხოლო შედგენილი ორტესებრი გოფრირებულ კედლიანი კოჭის შემთხვევაში შემცირებული კედელი სისქით – $t_w=4,0$ მმ, ექსპერიმენტულმა კვლევამ დაადგინა რეალური დატვირთვის შემთხვევაში – $P=133,0$ კნ, მაქსიმუმის ტიპის ჩაღუნვების ინდიკატორის ანათვალმა – $f=0,491$ სმ $<0,50$ სმ.

ტექნიკურ–ეკონომიურმა გაამგარიშებამ აჩვენა, რომ გაგლინული პროფილის I 30-ის ორტესებრი კოჭის 1 გრ. მ წონა სორტამენტის mixedviT ტოლია – $g=36,5$ კგ/მ. შედგენილი გოფრირებულკედლიანი ორტესებრი კოჭის წონა ტოლია – $g=v \cdot \gamma=0,00382 \cdot 7850=30,6$ კგ/მ.

ჩვენს შემთხვევაში გოფრირებულკედლიანი კოჭის მასალის ეკონომია გაგლინულ კოჭთან შეადრებით 1 გრ. მეტრზე შეადგენს

$$\frac{36,5 - 30,6}{36,5} \cdot 100 = 16,2\% \text{ -ს.}$$

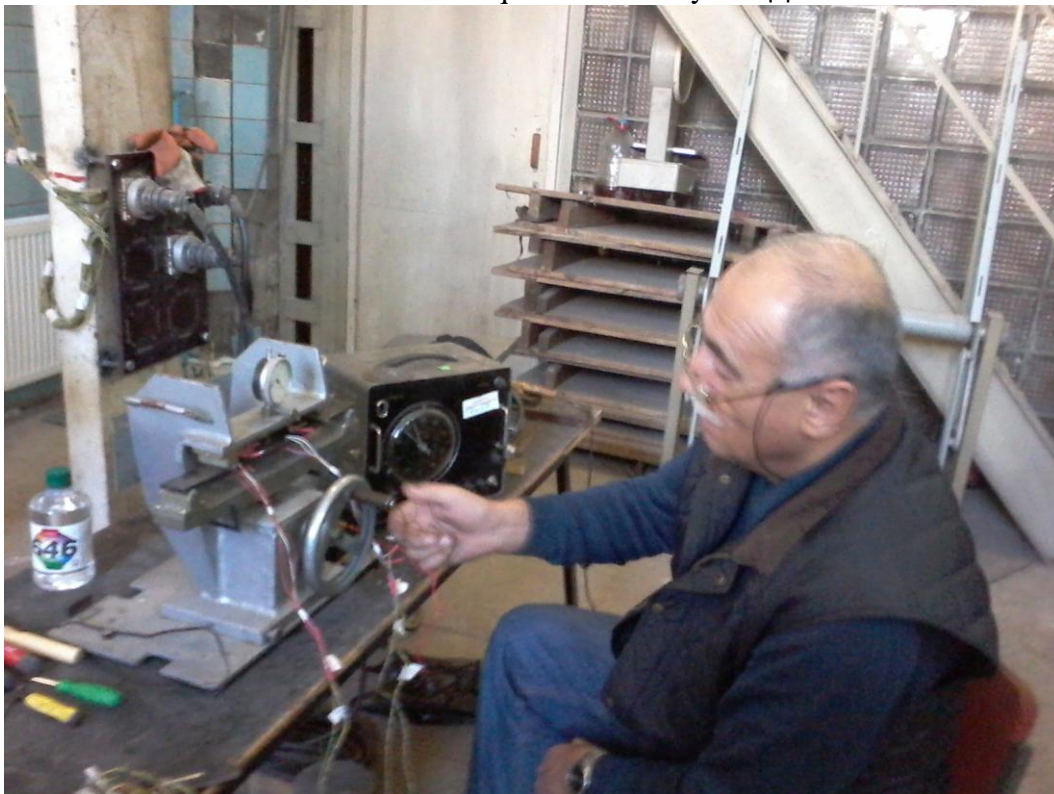
d a n a r T e b i



ნახ. 37 საექსპერიმენტო კოჭი სტენდზე



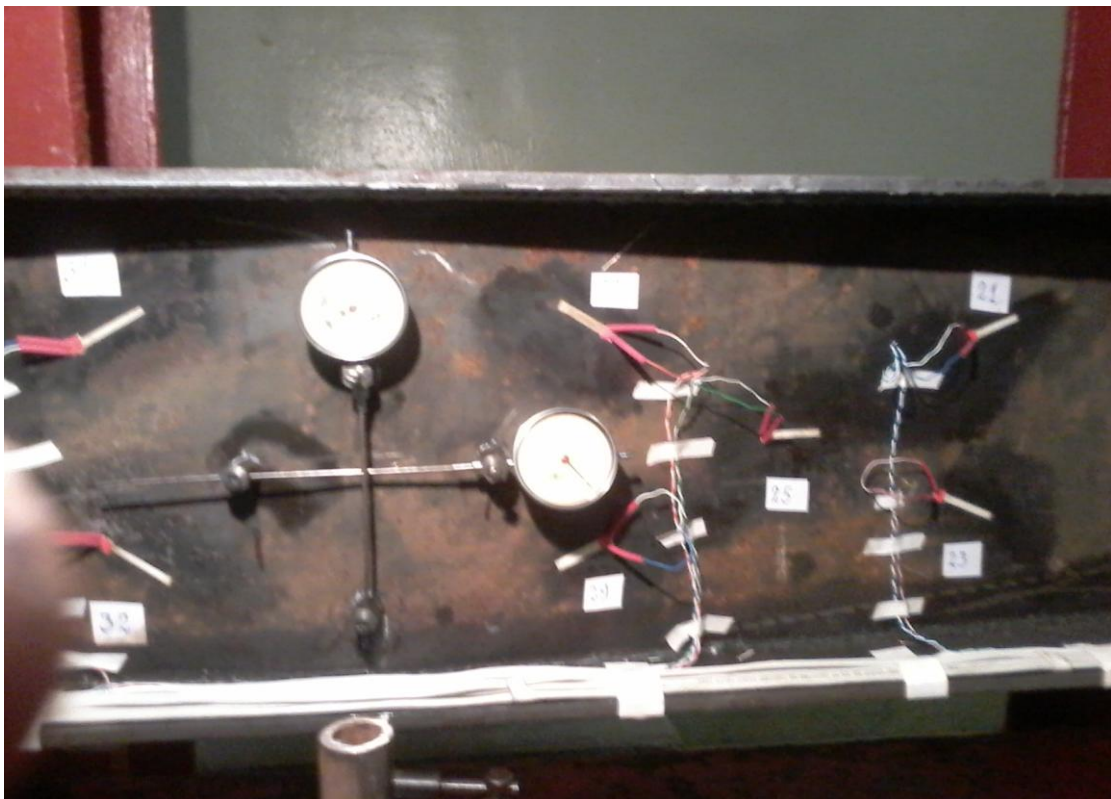
ნახ. 38 ელექტრონიკის ხელსაწყო АИД 2



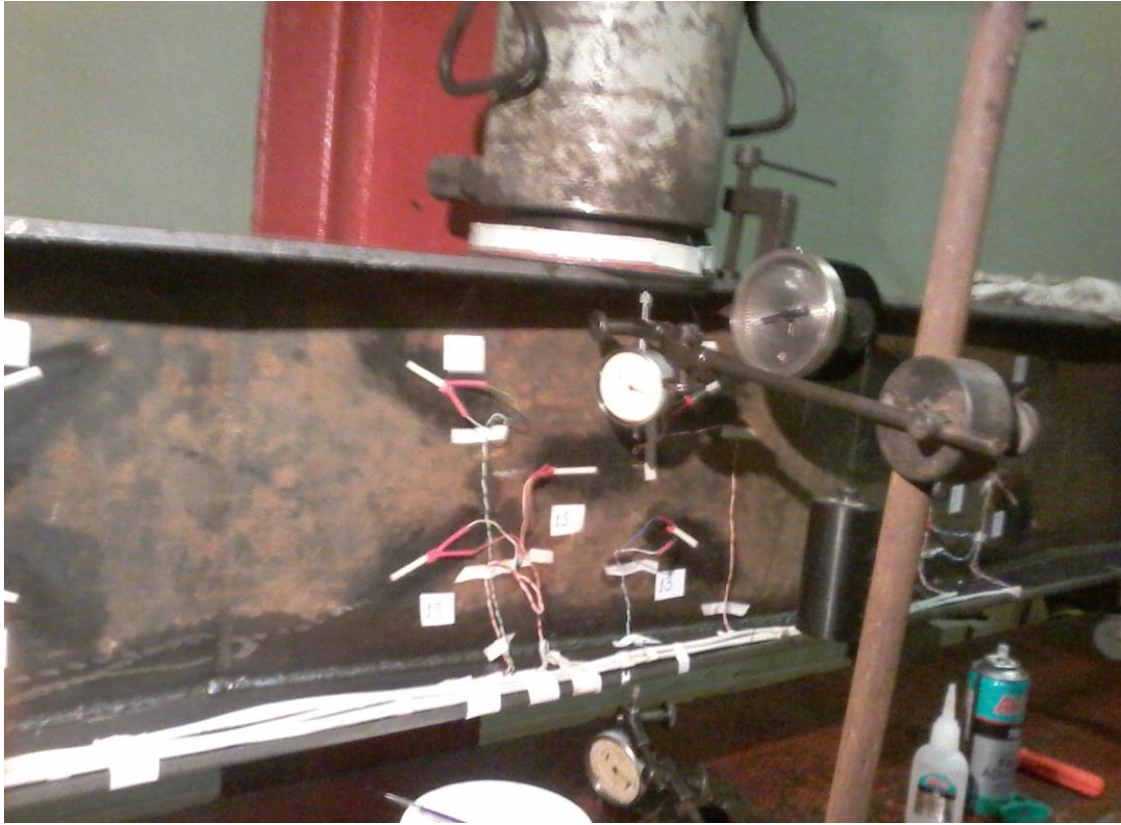
ნახ. 39 კვლევის პროცესი



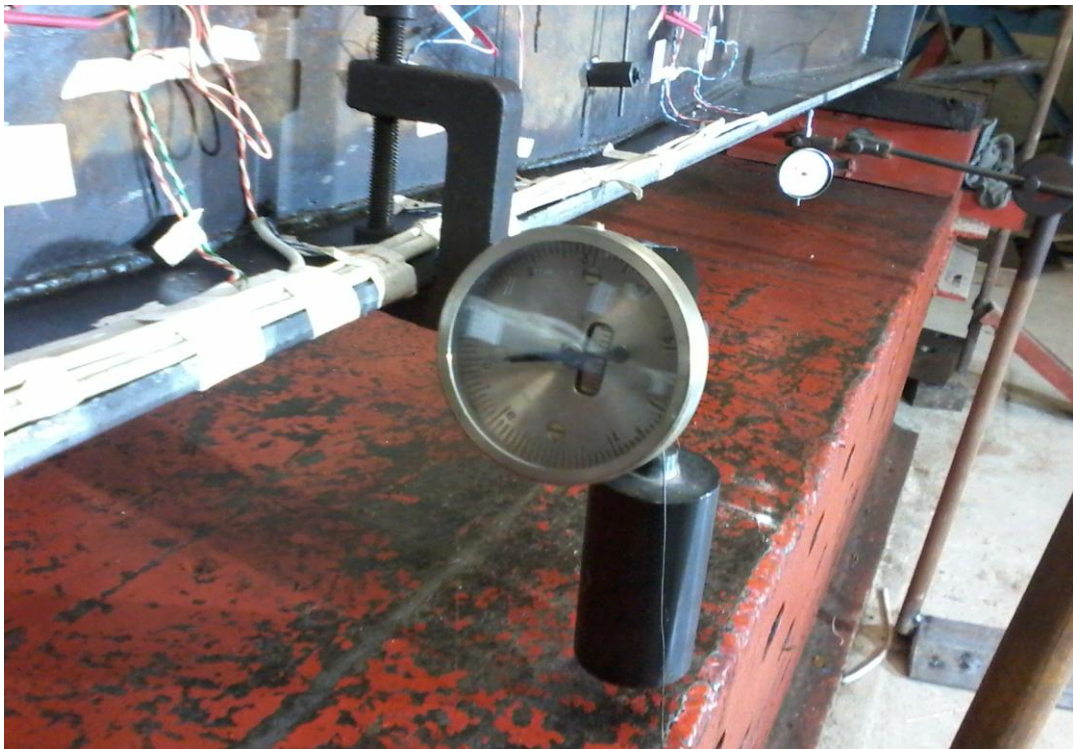
nax. 40 tenzometrebi Sveul kedelze



nax. 41 ინდიკატორები ნაკვეთურში



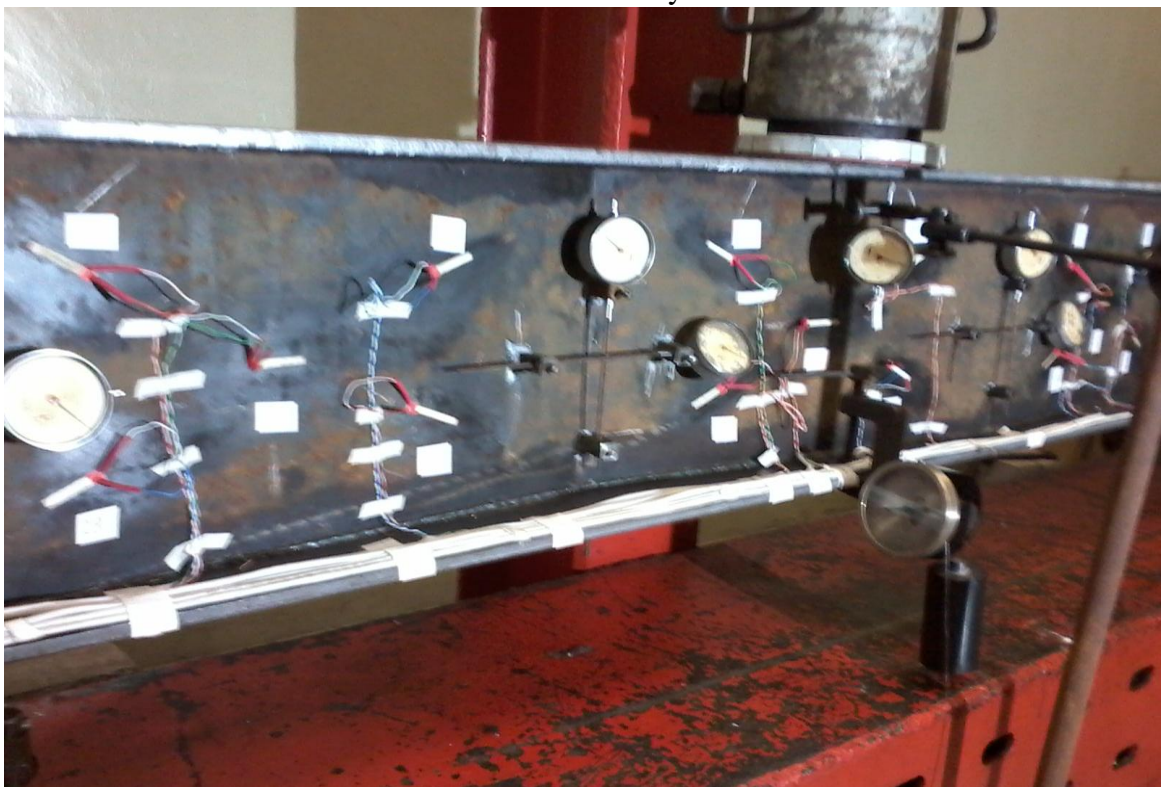
nax. 42 დგუში ზედა სარტყელში მალის შუაში



nax. 43 CaRunmzomi qveda sartyelze malis SuaSi



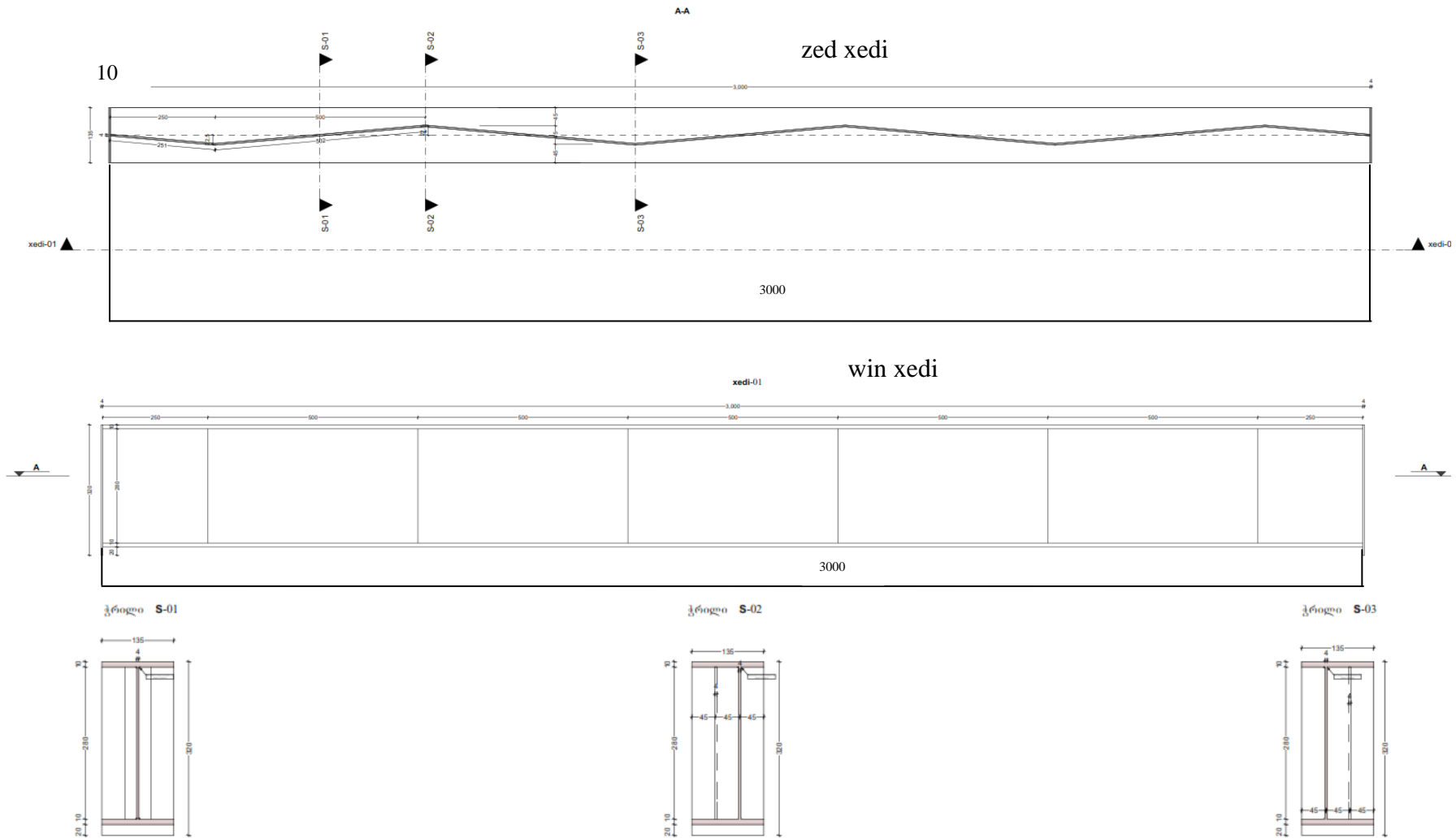
nax. 44 indikatoro sayrdenze



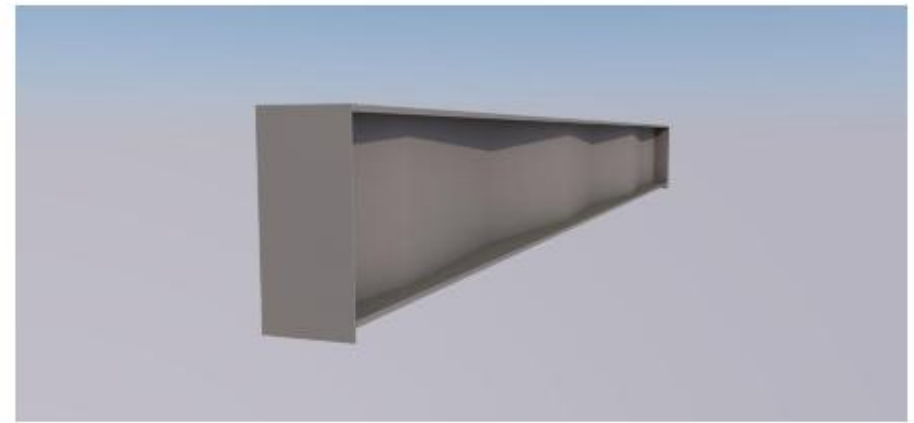
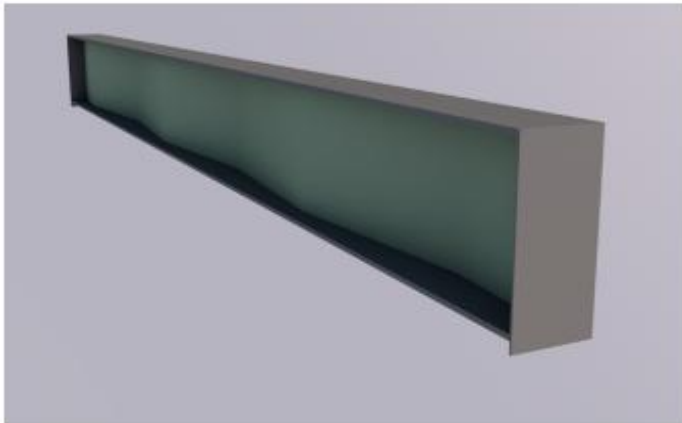
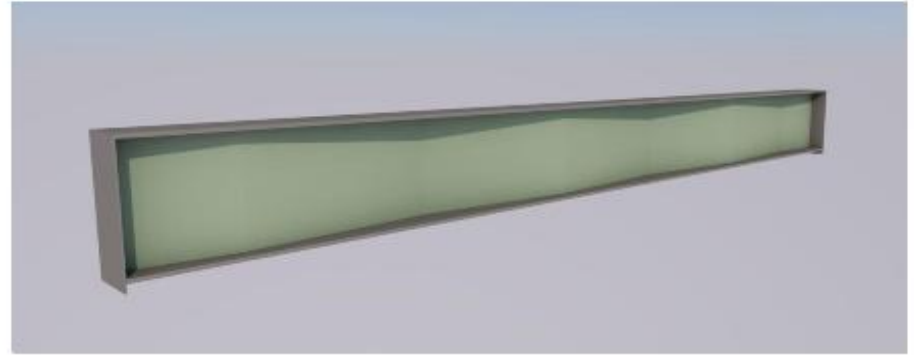
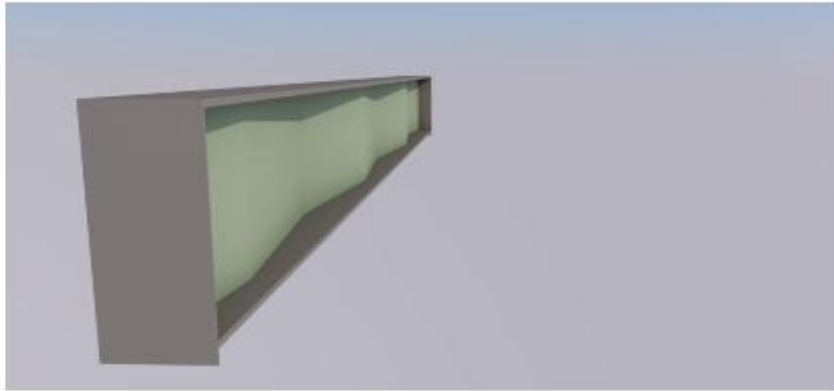
nax. 45 maqsimovis tipis CaRunmzomi da saaTis tipis indikatorebi



nax. 46 indikatorebi zeda sartyelze



ნახ. 47 Sedgenili gofirebuli koWi



nax. 48 gofirebul kedliani Sedgenili koWis xedebi

datvirTvebis da Zabvebis damokidebulebis cxrili

| # | AID-02-s # | eleqtrote nzo metris # | 0kg | 798kg | 1596kg | 2394kg | 2926kg | 3990kg | 4788kg | 6118kg | 7980kg | 10108k g | 11970k g | 13300k g | 14364k g | 15960k g |
|----|------------|---------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | I-1 | 1 | 252.0 | 248.8 | 248.9 | 248.9 | 249.0 | 249.3 | 249.3 | 250.0 | 250.0 | 250.0 | 250.0 | 251.1 | 251.5 | 251.6 |
| 2 | I-2 | 2 | 305.7 | 301.1 | 301.3 | 301.3 | 301.5 | 301.7 | 301.8 | 302.0 | 302.2 | 302.6 | 302.8 | 303.07 | 304.0 | 304.1 |
| 3 | I-3 | 3 | 255.7 | 252.6 | 252.6 | 252.6 | 252.7 | 252.6 | 252.4 | 252.5 | 252.3 | 252.4 | 252.1 | 252.9 | 253.1 | 252.8 |
| 4 | I-4 | 4 | 338.7 | 333.5 | 333.5 | 333.5 | 333.5 | 333.5 | 333.5 | 333.5 | 333.5 | 333.5 | 333.5 | 334.2 | 334.7 | 334.6 |
| 5 | I-5 | 5 | 254.1 | 251.2 | 251.3 | 251.4 | 251.5 | 251.6 | 251.5 | 251.5 | 251.6 | 251.8 | 252.0 | 252.8 | 253.3 | 253.3 |
| 6 | I-6 | 6 | 302.2 | 298.2 | 298.2 | 298.3 | 298.4 | 298.5 | 298.6 | 298.8 | 298.9 | 299 | 299.3 | 300.1 | 300.4 | 300.4 |
| 7 | I-7 | 7 | 253.3 | 250.1 | 250.0 | 250.1 | 250.0 | 250.2 | 249.7 | 249.6 | 249.2 | 249.2 | 248.6 | 249.4 | 249.6 | 249.4 |
| 8 | I-8 | 8 | 250.8 | 249.4 | 249.3 | 249.0 | 249.0 | 248.8 | 248.6 | 248.4 | 248.0 | 247.5 | 247.2 | 247.8 | 247.7 | 247.3 |
| 9 | I-9 | 9 | 250.2 | 248.5 | 248.8 | 249.1 | 249.2 | 249.4 | 249.8 | 250.0 | 250.7 | 251.4 | 252.0 | 253.1 | 253.7 | 254.0 |
| 10 | I-10 | 10 | 304.4 | 300.0 | 300.1 | 300.4 | 300.6 | 300.9 | 301.3 | 301.7 | 302.3 | 303.2 | 303.8 | 304.7 | 305.5 | 305.8 |
| 11 | I-11 | 11 | 330.4 | 300.4 | 300.3 | 300.4 | 300.5 | 300.6 | 301.6 | 300.7 | 300.7 | 300.8 | 300.9 | 301.8 | 302.7 | 302.9 |
| 12 | I-12 | 12 | 299.1 | 296.2 | 296.2 | 296.3 | 296.5 | 296.6 | 296.8 | 296.9 | 297.2 | 297.3 | 297.6 | 298.6 | 298.8 | 298.8 |
| 13 | I-13 | 13 | 300.6 | 298.4 | 298.5 | 298.6 | 298.6 | 298.7 | 298.7 | 298.7 | 298.8 | 298.9 | 299.1 | 300.1 | 300.2 | 300.2 |
| 14 | I-14 | 14 | 251.8 | 250.7 | 250.8 | 250.9 | 250.9 | 251.0 | 251.1 | 251.2 | 251.4 | 251.8 | 252.1 | 253.0 | 254.0 | 254.2 |
| 15 | I-15 | 15 | 315.7 | 311.9 | 312.1 | 312.2 | 312.4 | 312.6 | 312.6 | 313.3 | 313.7 | 314.5 | 315.2 | 316.3 | 317.7 | 318.3 |
| 16 | I-16 | 16 | 339.4 | 336.2 | 336.3 | 336.4 | 336.4 | 336.7 | 336.8 | 337.0 | 337.4 | 337.7 | 338.0 | 338.9 | 339.4 | 339.5 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 17 | I-17 | 17 | 302.6 | 301.1 | 301.3 | 301.4 | 301.5 | 301.7 | 301.9 | 302.2 | 302.6 | 303.1 | 303.5 | 304.7 | 305.9 | 306.2 |
| 18 | I-18 | 18 | 299.7 | 299.4 | 299.6 | 299.7 | 299.8 | 300.0 | 300.2 | 302.4 | 302.7 | 302.9 | 303.2 | 303.9 | 304.4 | 304.8 |
| 19 | II-1 | 19 | 304.9 | 303.8 | 304.9 | 304.9 | 305.0 | 305.2 | 305.2 | 305.3 | 305.3 | 305.4 | 305.5 | 306.2 | 306.3 | 305.7 |
| 20 | II-2 | 20 | 303.8 | 303.8 | 303.9 | 304.0 | 304.1 | 304.2 | 304.4 | 304.6 | 304.8 | 305.3 | 305.6 | 306.5 | 307.4 | 307.8 |
| 21 | II-3 | 21 | 299.4 | 299.3 | 299.3 | 299.1 | 299.1 | 299.1 | 298.9 | 298.6 | 298.2 | 297.8 | 297.6 | 298.1 | 298.4 | 297.8 |
| 22 | II-4 | 22 | 300.8 | 300.7 | 300.7 | 300.6 | 300.2 | 300.2 | 300.1 | 299.8 | 299.4 | 298.8 | 298.5 | 299 | 298.8 | 299.4 |
| 23 | II-5 | 23 | 320.5 | 320.5 | 320.6 | 322.4 | 323.6 | 325.8 | 327.3 | 328.9 | 328.9 | 330.5 | 331.5 | 331.7 | 333.9 | 333.8 |
| 24 | II-6 | 24 | 302.6 | 302.8 | 303.0 | 303.2 | 303.4 | 303.7 | 304.1 | 304.5 | 305.2 | 305.8 | 306.4 | 307.5 | 308.2 | 308.4 |
| 25 | II-7 | 25 | 298.9 | 299.0 | 299.1 | 299.2 | 299.5 | 299.7 | 299.5 | 299.6 | 299.7 | 300.0 | 300.1 | 300.9 | 301.2 | 301.2 |
| 26 | II-8 | 26 | 305.2 | 305.2 | 305.2 | 305.3 | 305.4 | 305.4 | 305.4 | 305.4 | 305.5 | 305.5 | 305.5 | 306.3 | 306.4 | 306.2 |
| 27 | II-9 | 27 | 356.6 | 356.7 | 356.9 | 357.0 | 357.1 | 357.3 | 357.8 | 358.2 | 358.7 | 359.2 | 359.7 | 360.8 | 361.4 | 361.7 |
| 28 | II-10 | 28 | 300.0 | 300.4 | 300.6 | 300.8 | 301 | 301.3 | 301.8 | 302.3 | 302.8 | 303.7 | 304.2 | 305.3 | 305.7 | 306.0 |
| 29 | II-11 | 29 | 299.6 | 299.8 | 299.8 | 299.9 | 299.9 | 300.0 | 300.0 | 300.1 | 300.2 | 300.2 | 300.2 | 301.1 | 301.3 | 301.2 |
| 30 | II-12 | 30 | 302.0 | 302.1 | 302.1 | 302.3 | 302.3 | 302.4 | 302.4 | 302.5 | 302.6 | 302.6 | 302.6 | 303.4 | 303.7 | 303.6 |
| 31 | II-17 | 31 | 343.3 | 343.2 | 343.2 | 343.2 | 343.4 | 342.7 | 342.3 | 342.0 | 341.6 | 241.0 | 340.5 | 341.0 | 340.8 | 340.2 |
| 32 | II-13 | 32 | 300.8 | 300.7 | 300.8 | 300.8 | 300.8 | 300.6 | 300.7 | 300.7 | 300.7 | 300.6 | 300.3 | 301 | 301.2 | 301.0 |
| 33 | II-14 | 33 | 338.5 | 338.6 | 338.6 | 338.7 | 338.7 | 338.8 | 338.0 | 339.1 | 339.3 | 339.6 | 339.7 | 340.6 | 341.2 | 341.2 |
| 34 | II-15 | 34 | 336.7 | 336.7 | 336.7 | 336.8 | 336.9 | 337.0 | 337.1 | 337.8 | 337.5 | 337.7 | 337.8 | 338.7 | 339.9 | 339.2 |
| 35 | II-16 | 35 | 339.8 | 339.7 | 339.7 | 339.7 | 339.8 | 340.0 | 339.4 | 339.4 | 339.1 | 338.7 | 338.4 | 339.1 | 339.8 | 338.7 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

gantvirTvisas
datvirTvebis da Zabvebis damokidebulebis cxrili

| ## | AID-02-s # | eleqtrote nzo metris # | 14364kg | 13300k g | 11970k g | 10108k g | 7980kg | 6118kg | 4788kg | 3990kg | 2926kg | 2394kg | 1596kg | 798kg | 0kg |
|----|---------------|---------------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1 | I-1 | 1 | 251.5 | 251.4 | 251.4 | 251.35 | 251.4 | 251.3 | 2,51,3 | 251.3 | 251.3 | 251.2 | 251.2 | 251.1 | 251.1 |
| 2 | I-2 | 2 | 304.0 | 304.0 | 304 | 303.9 | 303.9 | 303.8 | 303.7 | 303.7 | 303.6 | 303.5 | 303.5 | 303.4 | 303.4 |
| 3 | I-3 | 3 | 253.1 | 253.3 | 253.3 | 253.4 | 253.6 | 253.7 | 253.9 | 253.9 | 254 | 254.2 | 254.5 | 254.8 | 255 |
| 4 | I-4 | 4 | 334.7 | 334.8 | 334.9 | 335 | 335.2 | 335.3 | 335.5 | 335.5 | 335.7 | 335.8 | 335.9 | 336 | 336.1 |
| 5 | I-5 | 5 | 253.3 | 253.3 | 253.3 | 253.4 | 253.4 | 253.4 | 253.5 | 253.5 | 253.6 | 253.6 | 253.6 | 253.7 | 253.7 |
| 6 | I-6 | 6 | 300.4 | 300.4 | 300.4 | 300.4 | 300.5 | 300.5 | 300.5 | 300.5 | 300.6 | 300.6 | 300.6 | 300.7 | 300.7 |
| 7 | I-7 | 7 | 249.6 | 250.0 | 250.1 | 250.3 | 250.4 | 250.6 | 250.9 | 251.1 | 251.4 | 251.6 | 251.8 | 252.3 | 252.7 |
| 8 | I-8 | 8 | 247.6 | 248.1 | 248.5 | 248.9 | 249.3 | 249.7 | 250.0 | 250.2 | 250.6 | 250.9 | 251.3 | 251.6 | 251.9 |
| 9 | I-9 | 9 | 253.5 | 253.5 | 253.3 | 253.1 | 252.8 | 252.6 | 252.1 | 252.1 | 251.9 | 251.7 | 251.6 | 251.5 | 251.3 |
| 10 | I-10 | 10 | 305.3 | 305.4 | 305.3 | 305.1 | 304.9 | 304.7 | 304.3 | 303.9 | 303.6 | 303.2 | 302.9 | 302.6 | 302.4 |
| 11 | I-11 | 11 | 302.6 | 302.5 | 302.5 | 302.5 | 302.5 | 302.5 | 302.3 | 302.3 | 302.3 | 302.3 | 302.2 | 302.2 | 302.2 |
| 12 | I-12 | 12 | 298.6 | 298.4 | 298.4 | 298.4 | 298.4 | 298.4 | 298.4 | 298.4 | 298.4 | 298.4 | 298.4 | 298.4 | 298.4 |
| 13 | I-13 | 13 | 300.5 | 300.4 | 300.5 | 300.6 | 300.7 | 300.9 | 300.9 | 301.1 | 301.3 | 301.5 | 301.5 | 301.5 | 301.5 |
| 14 | I-14 | 14 | 254.0 | 253.9 | 253.8 | 253.7 | 253.7 | 253.6 | 253.6 | 253.6 | 253.6 | 253.5 | 253.5 | 253.5 | 253.4 |
| 15 | I-15 | 15 | 317.5 | 317.4 | 317.4 | 317.1 | 316.8 | 316.6 | 316.2 | 316 | 315.6 | 315.3 | 315 | 314.9 | 314.7 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 16 | I-16 | 16 | 339.4 | 339.4 | 339.4 | 339.4 | 339.4 | 339.4 | 339.4 | 339.2 | 339.2 | 339 | 339.0 | 338.8 | 338.8 |
| 17 | I-17 | 17 | 305.7 | 305.7 | 305.5 | 305.5 | 305.3 | 305.3 | 305.1 | 305.1 | 304.9 | 304.8 | 304.6 | 304.4 | 304 |
| 18 | I-18 | 18 | 303.2 | 303.2 | 303.2 | 303.2 | 303.3 | 303.3 | 303.3 | 303.3 | 303.5 | 303.5 | 303.7 | 303.7 | 303.8 |
| 19 | II-1 | 19 | 306.3 | 306.3 | 306.2 | 306.3 | 306.4 | 306.5 | 306.7 | 306.7 | 306.9 | 307 | 307.1 | 307.2 | 307.4 |
| 20 | II-2 | 20 | 307.4 | 307.4 | 307.2 | 307.2 | 307.1 | 307 | 307.0 | 306.9 | 306.9 | 306.8 | 306.6 | 306.6 | 306.5 |
| 21 | II-3 | 21 | 298.2 | 298.1 | 298.2 | 298.5 | 298.9 | 299.4 | 299.9 | 300.5 | 301.1 | 301.4 | 301.7 | 301.9 | 302.1 |
| 22 | II-4 | 22 | 298.8 | 299.1 | 299.4 | 299.9 | 300.2 | 300.7 | 300.9 | 301.3 | 301.8 | 302.2 | 302.5 | 302.9 | 303.2 |
| 23 | II-5 | 23 | 332.7 | 328.5 | 327.8 | 327.2 | 326.5 | 325.4 | 324.1 | 323 | 322.3 | 321 | 320.2 | 319.1 | 318.5 |
| 24 | II-6 | 24 | 308.2 | 307.8 | 307.5 | 307.2 | 306.8 | 306.6 | 306.2 | 306.1 | 306 | 305.9 | 305.8 | 305.7 | 305.4 |
| 25 | II-7 | 25 | 301.1 | 301.3 | 301.3 | 301.3 | 301.3 | 301.4 | 301.4 | 301.4 | 301.4 | 301.4 | 301.5 | 301.5 | 301.5 |
| 26 | II-8 | 26 | 306 | 306.4 | 306.4 | 306.5 | 306.6 | 306.8 | 306.8 | 306.8 | 307 | 307.2 | 307.2 | 307.4 | 307.5 |
| 27 | II-9 | 27 | 361.1 | 361.3 | 361.2 | 361.1 | 361.1 | 360.8 | 360.7 | 360.4 | 360.2 | 359.8 | 359.6 | 359.3 | 359 |
| 28 | II-10 | 28 | 305.2 | 305.1 | 304.9 | 304.7 | 304.6 | 304.2 | 303.8 | 303.7 | 303.6 | 303.4 | 303.2 | 303 | 302.8 |
| 29 | II-11 | 29 | 301.0 | 301.5 | 301.5 | 301.6 | 301.7 | 301.7 | 301.8 | 301.9 | 302 | 302 | 302.2 | 302.3 | 302.4 |
| 30 | II-12 | 30 | 303.2 | 303.4 | 303.4 | 303.5 | 303.7 | 303.7 | 303.7 | 303.8 | 303.9 | 304 | 304.1 | 304.2 | 304.2 |
| 31 | II-17 | 31 | 340.8 | 341.3 | 341.5 | 341.7 | 342.1 | 342.6 | 342.9 | 343.2 | 343.8 | 344.4 | 344.9 | 345.2 | 345.7 |
| 32 | II-13 | 32 | 301.2 | 301.5 | 301.6 | 301.8 | 302 | 302.2 | 302.6 | 302.6 | 302.8 | 302.9 | 303 | 303.1 | 303.4 |
| 33 | II-14 | 33 | 341.2 | 341.2 | 341.1 | 341 | 341 | 341 | 341 | 340.9 | 340.9 | 340.9 | 340.8 | 340.8 | 340.8 |
| 34 | II-15 | 34 | 339.9 | 339.9 | 339.8 | 339.8 | 339.8 | 339.8 | 339.6 | 339.5 | 339.5 | 339.3 | 339.2 | 339.1 | 339 |
| 35 | II-16 | 35 | 339.8 | 339.4 | 339.7 | 340.2 | 340.5 | 34.8 | 341.1 | 341.6 | 341.6 | 341.8 | 341.9 | 342.1 | 342.2 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

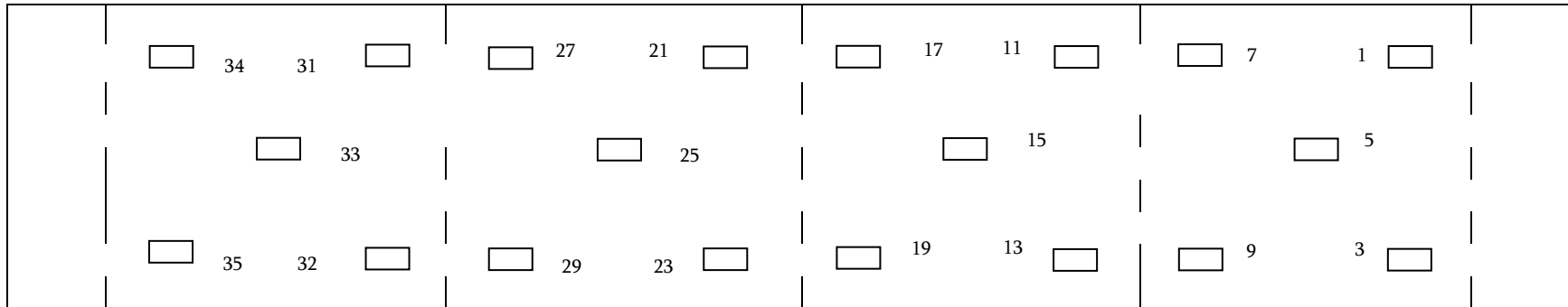
datvirTvisas indikatorebis maCveneblebis cxrili

| ## | indikato ris # | 0kg | 798kg | 1596kg | 2394kg | 2926k g | 3990k g | 4788k g | 6118k g | 7980k g | 10108k g | 11970k g | 13300k g | 14364k g | 15960kg |
|----|-----------------------------------|------|-------|--------|--------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| 1 | 1 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.24 | 0.28 | 0.29 | 0.95 | 1.12 | 1.35 | 1.52 | 1.67 | 1.82 | 1.91 |
| 2 | 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.23 | 0.34 | 0.53 | 0.70 | 0.89 | 1.05 | 1.26 | 1.49 | 1.70 | 1.75 | 1.82 |
| 3 | 3 | 0.00 | 0.25 | 0.50 | 0.58 | 0.95 | 1.40 | 1.68 | 2.20 | 2.78 | 3.60 | 4.35 | 5.25 | 5.73 | 6.30 |
| 4 | 4 | 0.00 | 0.38 | 0.62 | 0.7 | 1.08 | 1.42 | 1.75 | 2.15 | 2.65 | 3.52 | 4.05 | 5.20 | 5.75 | 6.28 |
| 5 | 5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.16 |
| 6 | 6 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.06 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.13 |
| 7 | 7 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.12 | 0.14 |
| 8 | 8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.13 | 0.18 | 0.19 | 0.21 | 0.23 |
| 9 | 9 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.07 |
| 10 | 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.07 | 0.10 | 0.12 | 0.14 | 0.18 | 0.21 |
| 11 | 11 | 0.00 | 0.42 | 0.80 | 1.10 | 1.45 | 1.85 | 2.20 | 2.73 | 3.31 | 3.92 | 4.30 | 4.85 | 5.45 | 5.80 |
| 12 | maqsimovi s CaRunvm zomi | 0.00 | 0.45 | 0.90 | 1.10 | 1.40 | 1.82 | 2.15 | 2.60 | 3.30 | 4.02 | 4.35 | 4.91 | 5.52 | 5.98 |
| 13 | sartyelze #1 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.20 | 0.25 | 0.28 | 0.35 | 0.42 | 0.48 | 0.56 | 0.75 |
| 14 | sartyelze #2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.11 | 0.13 | 0.17 | 0.21 | 0.26 | 0.31 | 0.35 |

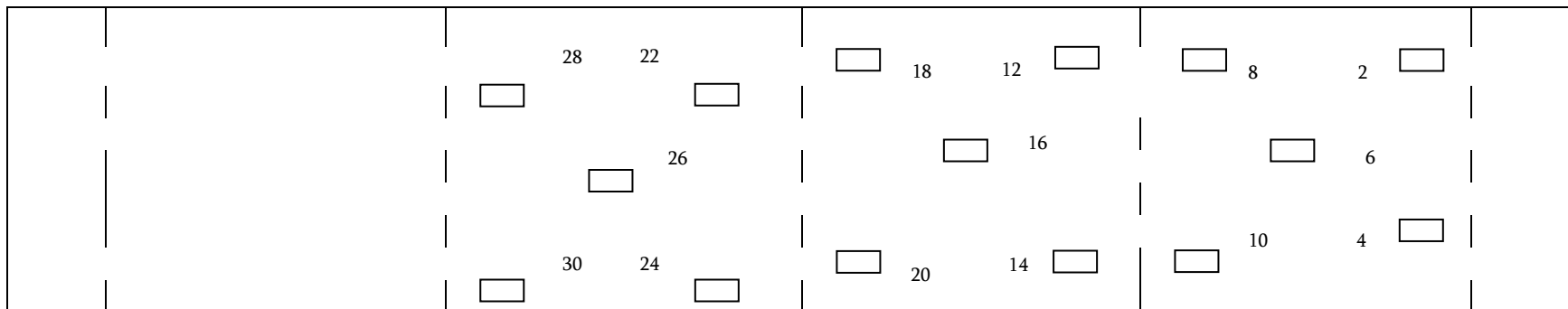
gantvirTvisas indikatorebis maCveneblebis cxrili

| ## | indikato ris # | 14364kg | 13300kg | 11970kg | 10108k g | 7980k g | 6118k g | 4788k g | 3990k g | 2926k g | 2394kg | 1596kg | 798kg | 0kg |
|----|-----------------------------------|---------|---------|---------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|--------|-------|------|
| 1 | 1 | 1.83 | 1.69 | 1.53 | 1.37 | 1.13 | 0.97 | 0.30 | 0.29 | 0.25 | 0.16 | 0.05 | 0.04 | 0.02 |
| 2 | 2 | 1.76 | 1.71 | 1.52 | 1.28 | 1.07 | 0.91 | 0.73 | 0.54 | 0.35 | 0.25 | 0.09 | 0.07 | 0.03 |
| 3 | 3 | 5.74 | 5.26 | 4.36 | 3.62 | 2.80 | 2.22 | 1.70 | 1.41 | 0.96 | 0.59 | 0.52 | 0.27 | 0.03 |
| 4 | 4 | 5.76 | 5.21 | 4.05 | 3.53 | 2.67 | 2.17 | 1.76 | 1.43 | 1.09 | 0.71 | 0.63 | 0.38 | 0.05 |
| 5 | 5 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 6 | 0.11 | 0.11 | 0.1 | 0.08 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 7 | 0.11 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 8 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.15 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 9 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 10 | 0.20 | 0.16 | 0.04 | 0.12 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 11 | 5.46 | 4.90 | 4.33 | 3.95 | 3.32 | 2.74 | 2.22 | 1.87 | 1.48 | 1.12 | 0.83 | 0.42 | 0.24 |
| 12 | maqsimovi s CaRunvm zomi | 5.55 | 5.1 | 4.42 | 4.08 | 3.35 | 2.67 | 1.90 | 1.86 | 1.48 | 1.18 | 1 | 0.52 | 0.3 |
| 13 | sartyelze #1 | 0.57 | 0.5 | 0.43 | 0.36 | 0.3 | 0.27 | 0.2 | 0.19 | 0.14 | 0.12 | 0.09 | 0.02 | 0.01 |
| 14 | sartyelze #2 | 0.32 | 0.28 | 0.22 | 0.15 | 0.10 | 0.09 | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |

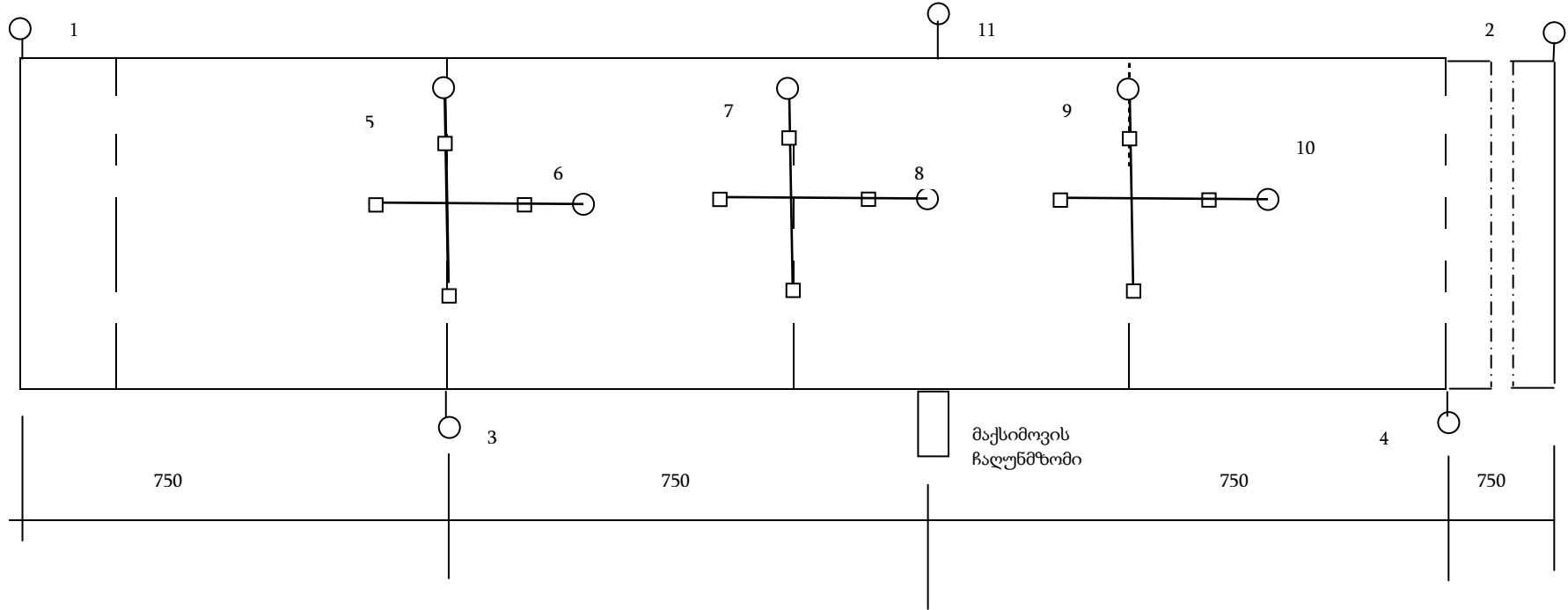
tenzometrebis ganlagebis sqema (wina mxare)



tenzometrebis ganlagebis sqema (ukana mxare)



ინდიკატორების განლაგების სქემა



ძირითადი დასკვნები:

1. ჩატარდა ლითონის შედგენილი გოფირებულ კედლიანი ორტესებრი კოჭის სიმტკიცეზე და სიხისტეზე შემოწმება. ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მასალის ხარჯის მიხედვით გოფირებულ კედლიანი კოჭი 16,2% ეკონომიურია გაგლინულ კოჭთან შედარებით;
2. თხელკედლიან კოჭებში ნაკვეთურებს შორის კრიტიკული მუშაობის სტადიაში კედელზე ვითარდება ამობურცული ზონები ნაკვეცების წარმოქმნით. ჩვენს შემთხვევაში ექსპერიმენტის მიმდინარეობის დროს არ აღინიშნებოდა ამობურცული ზონები ან ნაკვეცი. ე.ი. დამოკიდებულება ძაბვებსა და დეფორმაციებს შორის იყო წრფივი;
3. გოფირების ტალღის სიმაღლის f გაზრდით და ტალღის სიგრძის a შემცირებით, შესაბამისად კოჭის ამტანუნარიანობა და სიხისტე გაიზრდება. გრეხვაზე მუშაობის შემთხვევაში შესამჩვევად გაიზრდება კოჭის სიხისტე გრეხვაზეც;
4. განივი სიხისტის წიბოების რაოდენობის შემცირებით და შესაბამისად კედელზე ვერტიკალური ნაკერების სიგრძის შემცირებით მიიღება შრომის დანახარჯების $15\pm 20\%$ -ით შემცირება.

gamoyenebuli literatura

1. a. razmaZe. “liTonis konstruqciebi”. gamomcemloba “ganaTleba” Tbilisi 1970 w;
2. g. mxilaZe, o. faRava. “liTonis konstruqciebi”. gamomcemloba “ganaTleba” Tbilisi 1986 w;
3. v. TarxniSvili, T. giorgaZe, k. iaSvili, o. xazaraZe. “navTobisa da gazis milsadenebis da sacavebis liTonTa konstruqciebi”. teqnikuri universiteti, Tbilisi 2009w;
4. v. javaxiSvili. “samSeneblo konstruqciebi”. Tbilisi 1976w;
5. d. danelia, a. kvaraxelia, z. maZaRua. “masalaTa gamZleoba”. teqnikuri universiteti. Tbilisi 2007w;
6. v. javaxiSvili. “Senobebisa da nagebobaTa konstruqciebi”. ganaTleba 1981w;
7. r. biZinaSvili. “liTonis koWovani ujredis gaangariSeba da daproeqteba”. Tbilisi 1993w;
8. r. kokoSaSvili. “liTonis konstruqciebi”. Tbilisi 1990w;
9. m. qarqivaZe. “seismedegi mSenebloba”. ganaTleba Tbilisi 1979w;
10. a. kakuSaZe. “drekadobis da plastikurobis Teoria”. gamomcemloba “codna” Tbilisi 1958w;
11. samSeneblo ganmartebiTi leqsikoni profesor T. xmeliZis redaqqiT. onlain-versia. stu, Tbilisi 2015w;
12. T. melqaZe, o. mdivniSvili, o. taveliSvili. “sagangebo situaciebi da samoqalaqo Tavdacva”. gamomcemloba “meridiani”. Tbilisi 2001w;
13. i. verulava, n. Todua, d. jalaRania. “samSeneblo konstruqciebis simtkiceze gaangariSebis amocanebi sasrul elementTa meTodiT (kompleqsi “lira”) stu. Tbilisi 1996w;
14. r. biZinaSvili, o. xazaraZe. meToduri miTiTebani sakurso proeqtis Sesasruleblad liTonis konstruqciebSi samrewvelo da samoqalaqo mSeneblobis studentebisaTvis. stu, Tbilisi 1990w;
15. n. ninua. rkinabetonis konstruqciebi. Tbilisi, ganaTleba 1988w;
16. samSeneblo normebi da wesebi. “ seismomedegi mSenebloba”. (pn 01-01-09);
17. a. saraliZe, g. gaCeCilaZe. swori Reroebis grexva. Tbilisi 1983 w;

18. T. xmeliZe. xis konstruqciebi. Tbilisi 2015w;
19. I. kaxiani, j. esaiaSvili, I. balanCivaZe, a. lebaniZe. meToduri miTiTebebi mravalsarTuliani rkinabetonis karksuli Senobis gaangariSeba. Tbilisi. stu. 2010w;
20. Беления Е. И. и др. «Металлические конструкций». Москва, 1986 г,
21. А. А. Василев «Металлические конструкций». Москва, Стройиздат 1979 г,
22. Строительные нормы и правила. СНИП II-23-81, часть II глава 23, Москва 1990г,
23. Н. М. Мельников «Металлические конструкций». Справочник проектировщика. Москва, Стройиздат 1980 г,
24. А.А. Нилов, В. А. Пермяков, А. Я. Прицкер. Стальные конструкции производственных зданий. Справочник. Киев, «Будвельник», 1986г,
25. А. П. Мандриков, И. М. Лялин. Проектирование Металлических конструкций. 1973г,
26. А. П. Мандриков, И. М. Лялин. Примеры расчета Металлических конструкций. Москва, Стройиздат 1982г,
27. А. М. Михайлов. Металлических конструкций. Москва, Стройиздат 1976г,
28. К. К. Муханов. Металлические конструкции, 1978г,
29. Я. М. Лихтарников, Д. В. Ладыженский, В. М. Кликов. Расчет стальных конструкций. Справочное пособие Киев 1984г,
30. И. И. Улицкий., С. А. Ривкин и др. Железобетонные Конструкции. Издательство «Будвельник», Киев, 1973г,
31. В. И. Красиков. «Испытания строительных конструкций». Москва. 1952г,
32. Н. А. Крылов, К. А. Глуховский. Испытание конструкций сооружений, Ленинград 1970г,
33. В. В. Горев, Б. Ю. Уваров и др. Металлические конструкций». Москва, Высшая школа, 2001 г,
34. Строительные конструкции. Под редакцией А. М. Овечкина, Р. А. Маляна Москва, Стройиздат 1974 г,
35. В. И. Трофимов, С. В. Тарановский, Ю. М. Дукарский. Алюминиевые конструкции в промышленном строительстве, Москва Стройиздат 1973г,
36. Г. А. Балалаев, В. М. Медведев, Н. А. Мощанский. Защита Строительных конструкций от коррозии. Москва 1966г,

37. Мельников Н. П. Зелятров В. Н. Выбор сталей для строительных металлических конструкций. Москва, Стройиздат 1967г,
38. Металлические Конструкций. Специальный Курс. Под ред. Е. И. Беления М. 1 Стройиздат 1976г,
39. Мельников Н. П. Развитие металлических конструкций. М. Стройиздат 1965г,
40. Тахтамышев А. Г. Примеры расчета стальных конструкции. 2-е изд. М. Стройиздат 1978г,
41. СНиП II-7-85 Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования. М. Стройиздат 2010г