

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ხ ი ღ ს ა ც დ ე ლ ი ც ე ნ ტ რ ი

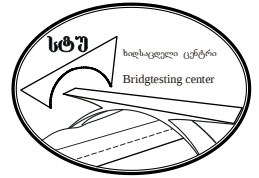
**მდ. მტკვარზე მეთხის ხიდის
გამოკვლევა**



თბილისი
2 0 1 5



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ხ ი ლ ს ა ც ე ლ ი ც ე ნ ტ რ ი



სტუ ადმინისტრაციის
ხელმძღვანელი, პროფ.

ქ. ქოქრაშვილი

"__" _____ " 2015 წ.

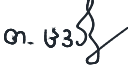
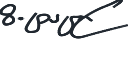
მდ. მტკვარზე მეთხის ხილის
გამოკვლევა

სასწავლო-სამეცნიერო
ცენტრის ხელმძღვანელი

თ. ცვარიანი

თბილისი
2 0 1 5

შემსრულებლები

- | | | |
|-----------------------|---|---|
| 1. თ. ცვარიანი |  | ცენტრის ხელმძღვანელი, აკად. დოქტორი, სამუშაოთა საერთო ხელმძღვანელობა, საველე სამუშაოები, ანგარიშის ავტორი |
| 2. გ. დათუკიშვილი |  | წამყ. მეც. მუშაკი, ტ.მ.კ., საველე სამუშაოები, მონაცემთა დამუშავება, ანგარიშის ავტორი |
| 3. ბ. მაისურაძე |  | წამყ. მეც. მუშაკი, ას. პროფ., საველე სამუშაოები, მონაცემთა დამუშავება, ანგარიშის ავტორი |
| 4. კ. კობახიძე |  | მეც. მუშაკი, ტ.მ.კ., საველე სამუშაოები, მონაცემთა დამუშავება, გრაფიკული მასალა, ანგარიშის ავტორი |
| 5. გ. მისაბიშვილი |  | ინჟინერი, საველე სამუშაოები, მონაცემთა დამუშავება, გრაფიკული მასალა |
| 6. ბ. ბერიანიძე |  | ინჟინერი, საველე სამუშაოები, მონაცემთა დამუშავება, გრაფიკული მასალა |
| 7. გ. ზექალაშვილი |  | ინჟინერი, საველე სამუშაოები, მონაცემთა დამუშავება, გრაფიკული მასალა |
| 8. დ. შიოლაშვილი |  | ინჟინერი, საველე სამუშაოები, მონაცემთა დამუშავება |
| 9. მ. გალუსტაშვილი |  | ინჟინერი, საველე სამუშაოები, მონაცემთა დამუშავება, გრაფიკული მასალა |
| 10. დ. წულუკიძე |  | ინჟინერი, საველე სამუშაოები, მონაცემთა დამუშავება |
| 11. გ. ბერიშვილი |  | უფ. ინჟინერი, გეოდეზისტი, საველე სამუშაოები, მონაცემთა დამუშავება |
| 12. თ. ჩადუნელი |  | ინჟინერი, მონაცემთა დამუშავება |
| 13. თ. პატარკაციშვილი |  | ინჟინერი, მაგისტრანტი, გრაფიკული მასალა, ანგარიშის გაფორმება |
| 14. თ. ჯაფარიძე |  | ინჟინერი, მაგისტრანტი, გრაფიკული მასალა, ანგარიშის გაფორმება |
| 15. ზ. ტატიშვილი |  | ინჟინერი, მაგისტრანტი, გრაფიკული მასალა, ანგარიშის გაფორმება |
| 16. ლ. კალანდაძე |  | ინჟინერი, მაგისტრანტი, გრაფიკული მასალა, ანგარიშის გაფორმება |

სარჩევი

შესავალი.....	4
1. ხიდის მოკლე აღწერა.....	5
2. ხიდის კონსტრუქციების გამოკვლევა.....	7
3. მალის ნაშენის მზიდუნარიანობის განსაზღვრა.....	9
3.1. სართო დებულებები.....	9
3.2. ფილისა და თაღების დამაკავშირებელი განივი კოჭების გადაანგარიშება....	9
3.2.1 ფილის გადაანგარიშება.....	9
3.2.1. განივი კოჭის გაანგარიშება.....	12
3.2.2. ესტაკადის მცირე თაღების გაანგარიშება.....	14
3.3. დიდი მალის კამარების გაანგარიშება.....	15
3.3.1. მღუნავი მომენტის განსაზღვრა დამუხრუჯების ძალისგან.....	17
3.3.2. გადაანგარიშების შედეგები.....	18
3.3.3. ყველაზე დატვირთული კამარის მზიდუნარიანობის განსაზღვრა ხისტი არმატურის ამოყვანის დროს მასში მოქმედი ძაბვების გათვალისწინებით.....	20
3.4. სანაპირო მალის თაღის გადაანგარიშება.....	22
3.4.1. საერთო ნაწილი.....	22
3.4.2. მღუნავი მომენტები და ნორმალური ძალები თაღის ქუსლში.....	23
3.4.3. ქუსლის კვეთის შემოწმება მზიდუნარიანობაზე.....	24
4. რეკომენდაციები და დასკვნა.....	27
ლიტერატურა.....	28
დასკვნები.....	29
დასკვნა 1.....	30
დასკვნა 2.....	36

შესავალი

წინამდებარე ანგარიში შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტსა და თბილისის მერიას შორის 2014 წლის 20 ნოემბერს დადებული ხელშეკრულებით გათვალისწინებული სამუშაოების ნაწილის რეალიზაციის ფარგლებში და მოიცავს ქ. თბილისში მდ. მტკვარზე მდებარე მეტეხის ხიდის გამოკვლევას.

ხიდის გამოკვლევას საფუძვლად დაედო “დამკვეთის”, ქ. თბილისის მერიის მიერ გაცემული მომსახურების სამუშაოთა ნუსხა.

გამოკვლევას სამუშაოების მეთოდოლოგია დაფუძნებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ხიდსაცდელი ცენტრის სამოცდახუთწლიან გამოცდილებასა და მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნებზე: «СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы. Нормы проектирования», «СНиП III-43-75. Мосты и трубы. Правила производства и приемки работ», «СНиП 3.06.07-86. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний», «ГОСТ 25192-82. Бетоны. Классификация и общие технические требования».

1. ხიდის მოკლე აღწერა

ხიდი ქ. თბილისში მდ. მტკვარზე მეტეხის ციხესთან აიგო ამ ადგილისთვის ტრადიციული ხიდური გადასასვლელის ადგილზე. იგი დაპროექტებულია 1950 წელს საპროექტო ინსტიტუტის “თბილქალაქპროექტის” მიერ (პროექტის ავტორი ჩომახიძე, არქიტექტორი დემინელი), ხოლო მშენებლობით იგი დამთავრდა 1952 წელს.

ხიდის დაპროექტებისას მიღებული იყო ნორმები “Технические условия и нормы проектирования искусственных сооружений на городских путях сообщения” (Минкоммунхоз РСФСР, 1948 г.).

ხიდი ორმალიანია და წარმოადგენს ორი უსახსრო თაღის კომბინაციას. დიდი მაღის მქონე თაღით გადახურულია მდ. მტკვრის კალაპოტი, ხოლო მცირე მაღის ქვეშ გადის მდინარის მარჯვენა სანაპიროს გაყოფებით არსებული საავტომობილო მაგისტრალი. ხიდი განლაგებულია მდინარის დინების ღერძის მიმართ 30° კუთხით.

ხიდის სიგრძე არის 98,25 მ. ხიდის გაბარიტი პროექტის მიხედვით ტოლია $B-19.60+2 \times 3.00$ მ. გათვალისწინებულია ხიდქვეშა სანაოსნო გაბარიტი.

მარცხენა, დიდი თაღის საანგაროშო მაღია $L_{cm}=43,50$ მ, აწეულობის ისრით $f_m=4,87$ მ, ხოლო მარჯვენა, მცირე მაღის საანგაროშო მაღია $L_{cr}=20,40$ მ, აწეულობის ისრით $f_r=2,33$ მ. ორივე თაღის ფარდობითი აწეულობა შეადგენს

$$\frac{f}{L} = \frac{4,87}{43,50} = \frac{2,33}{20,40} = \frac{1}{11}$$

დიდი მაღი გადახურულია სამი კამარით, რომელთაგან განაპირების სიგანეა 4,80 მ, ხოლო შუალასი შეადგენს 6,00 მ. კამარები დაცილებილია ერთმანეთს 450 სმ-ით. კამარები წარმოადგენს რკინაბეტონის კონსტრუქციას, რომელიც არმირებულია კამარის მოხაზულობის მზიდი გამჭოლკედლიანი ხისტი ფერმებით. ფერმები ჩამაგრებულია სანაპირო ბურჯის (მარცხენა ნაპირზე) და შუალედი ბურჯის (მარჯვენა ნაპირზე) მასივებში. კამარის სისქე ქუსლის კვეთში შეადგენს 110 სმ და კლიტის კვეთში – 85 სმ.

კამარებზე ამოყვანილია მცირე ზომის ნახევარწრიული თაღები, რომლებიც ხიდის განივად დაკავშირებულია ერთმანეთთან განივი კოჭებით და რომლებსაც ეყრდნობა წიბოვანი ფილა. კოჭები და ფილები ერთად წარმოქმნიან სავალი ნაწილის კონსტრუქციას. მცირე თაღების შიგნითა რადიუსია 125 სმ, ხოლო სისქე ტოლია 30 სმ. განივი კოჭებს შორის მანძილი შეადგენს 224 სმ, ხოლო მათი რკინაბეტონის კარკასული არმატურა წარმოადგენს AI არმატურის ღეროებს. კოჭის განივკვეთის ზომებია 165×25 სმ. ანაკრები ფილის ზომებია სისქეში 10 სმ, წიბოებს შორის მანძილი ცვლადია 194, 183 და 48 სმ, ხოლო წიბოს სიგანე ტოლია 30 სმ.

კონსტრუქციების ბეტონია 170 მარკისა.

მცირე თაღებსა და გადახურვის ფილაზე ცვლადი სისქის მჭლე მსუბუქი ბეტონის შევსებაა კირის პუცოლანური ცემენტისაგან, რომელზეც დაგებულია 30 სმ სისქის ხრეშის ფენა მასზე მოწყობილი აფლტობეტონის 8 სმ სისქის სავალი ნაწილით.

მცირე მაღი გადახურულია მთლიანი თაღით კარკასული AI კლასის მოქნილი არმატურით. თაღის სისქე კლიტეში ტოლია 55 სმ-სა, ხოლო ქუსლის კვეთში თა-

ღის სისქე აღწევს 86 სმ. თაღის ბეტონის მასალად მიღებულია 170 მარკის ბეტონი. მასზე მოწყობილია თაღის შევსება მსუბუქი მჭლე ბეტონისაგან კირის პუცოლანურ ცემენტზე, რომელზეც დაგებულია ხრეშის ქვესაფარი 2 სმ სისქის ჰიდროიზოლაციით, 5 სმ სისქის დამცავი შრით, 90 მარკის ბეტონისაგან, და ასფალტობეტონის საფარი 8 სმ სისქისა. თაღის ძირი დაფარულია კვადრატული 10 სმ სიღრმის კესონებით.

საშუალო სიმკვრივის ქვიშაქვებზე ამოყვანილი ხიდის ბურჯები მონოლითური ბეტონის მასიურ კონსტრუქციას წარმოადგენს. ბეტონის მარკაა M110 20% ყორე ქვის შემცველობით.

სანაპირო ბურჯები საფეხუროვან საძირკველზეა ამოყვანილი, რაც გამოწვეულია ნაპირის დაფერდებით მდინარისაკენ. ბურჯის ტანი სხვადასხვა სისქის შებრუნებული კედლების მქონე კონსტრუქციაა.

შუალედი ბურჯი ასევე მასიური ბეტონის კონსტრუქციას წარმოადგენს, რომელიც ზედა კვეთში 415 სმ სიგანისაა, ხოლო ძირის კვეთში მისი სიგანე აღწევს 680 სმ. ბურჯის სიგრძე 27 მ-ია.

ბურჯები ძირში თლილი ქვით არის მოპირკეთებული, ხოლო ზედა ნაწილში მოპირკეთება წარმოდგენილია ქვის ფილებით, რომელიც თაღების და მათი გვერდითი კედლების მოპირკეთების გაგრძელებას წარმოადგენს.

3 მ-ის სიგანის ტროტუარს აქვს ასფალტბეტონის საფარი 2%-იანი ქანობით სავალი ნაწილისაკენ წვიმის წყლის გადასაყვანად. 1,2 მ-ის მოაჯირები სხმული თუჯის ფიგურულ ელემენტებს წარმოადგენს, რომლებიც ხიდის თავსა და ბოლოში გადადის ქვის ფილებით მოპირკეთებული ბეტონის პარაპეტებში. ამ აღლებული ტიპის ტროტუარებში მოწყობილია 100 სმ სიგანის ღარი 500 მმ დიამეტრის ფოლადის მილის გასატარებლად და მეორე, ნაკლები ზომის ღარი ტელეფონის ქსელის და დენის კაბელების გასატარებლად.

ხიდის მიმდებარე ტერიტორიამ ორჯერ განიცადა რეკონსტრუქცია, რამაც შეცვალა ხიდის ურთიერთობა მიმდებარე ლანდშაფტთან და ხიდის მიმდებარე ტერიტორიაზე მოძრაობის ორგანიზაცია.

2. ხიდის კონსტრუქციების გამოკვლევა

2015 წლის თებერვლის თვეში საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ხისაცდელი ცენტრის სპეციალისტების ჯგუფმა გამოიკვლია ქ. თბილისში მდ. მტკვარზე მდებარე მეტეხის ხიდი.

გამოკვლევის წინ მოძიებული იქნა ხიდის საშემსრულებლო დოკუმენტაცია. ასეთი დოკუმენტაცია არც საქართველოს ცენტრალურ არქივში და არც ქ. თბილისის არქივში მოძიებული ვერ იქნა. ხელმისაწვდომი აღმოჩნდა მხოლოდ ხიდსაცდელი ცენტრის არქივში დაცული ხიდის პროექტის ნაწილი და 1988 წელს შესრულებული ხიდის გამოკვლევის ანგარიში.

გამოკვლევის დროს შესრულდა ტოპოგოდეზიური და აზომეითი სამუშაოები, რომლის დროსაც განისაზღვრა ხიდის აბსოლუტური კოორდინატებიც. შესრულდა აგრეთვე ხიდის კონსტრუქციების ვიზუალური შემოწმება და ინსტრუმენტული კვლევა. ტოპოგოდეზიური და აზომეითი სამუშაოების შედეგები წარმოადგენილია II დანართში, ხოლო გამოკვლევის ფოტომასალა მოცემულია I დანართში.

კონსტრუქციების გამოკვლევებისას გამოყენებული იყო როგორც ვიზუალური შემოწმების, ასევე სავსელე ინსტრუმენტული გამოკვლევის მეთოდები.

ინსტრუმენტული შემოწმების შედეგად დადგინდა ბეტონის კლასი კუმშვაზე სიმტკიცის მიხედვით, რაც განისაზღვრა შმიდტის სკლერომეტრის გამოყენებით. დადგინდა, რომ ბეტონის კლასი ტოლია B15. დამცავი ფენის სისქე ცვალებადია და მერყეობს 3.0 სმ-დან 8.0 სმ-მდე.

ხიდის გამოკვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ნაგებობათა კომპლექსი მთლიანობაში საკმაოდ კარგ მდგომარეობაშია. მზიდ კონსტრუქციებში არ აღინიშნება ისეთი სახის რაიმე სერიოზული დაზიანებები, რომლებიც საფრთხეს უქმნიან კონსტრუქციების მზიდუნარიანობას, თუმცა აღინიშნა რიგი დეფექტებისა და დაზიანებებისა, რომლებიც, ერთის მხრივ, გავლენას ახდენენ კონსტრუქციების ხანმედგობასა და რესურსზე და, მეორეს მხრივ, აქვეითებენ ნაგებობის საექსპლუატაციო მახასიათებლებს.

ხიდური გზაგამტარის შემოწმებისას გამოვლინდა შემდეგი დეფექტები და დაზიანებები.

- სადგეფორმაციო ნაკერის გადახურვის ასფალტობეტონის საფარი მარჯვენა ნაპირის მცირე მალის სანაპირო ბურჯის ბოლოში დაბზარული და დაზიანებულია;

- ხიდიდან წაღმაცილების სისტემის ტროტუარის ბორდიურში მოწყობილი სამი ფანჯრის ძირში მდებარე წყალმიმღების გისოსები გაბიღნულია გამაგრებული ტალახით და არ ფუნქციონირებს;

- მცირე მალში მანქანის ძარასთან შეჯახების გამო თადის, მდინარის მხარეს მყოფი ნაწილის ბეტონი 3-5 მ-ის მანძილზე 5-15 სმ-ის სიღრმეზე დაზიანებულია, ხოლო მოპირკეთების ქვები თადის შესასვლელში ჩამოტეხილია;

- როგორც მცირე მალის თაღზე, ისევე დიდ მალის კამარებში აღინიშნება გამოტუტვის ღაქები, ძირითადად ხიდის ღერძზე;

- დაზიანებულია ტროტუარის კონსოლის ქვეითა ზედაპირის დამცავი შრის ბეტონი;

- დამცავი შრე დაზიანებულია კოროზიისაგან და გამოტუტვისაგან კამარების დამაკავშირებელ განივი კავშირებისა და კამარის შეერთების ადგილებში;

- ცენტრალური განივი კავშირის მონაკვეთზე დაზიანებულია დამცავი შრე და არმატურა გაშიშვლებულია;
- მარცხენა ნაპირზე ზემომხრის მიწაყრილის კონუსი დეფორმირებულია;
- საერთოდ აღსანიშნავია, რომ ნაგებობის მოვლა-შენახვის სამუშაოები შემოიფარგლება მხოლოდ მისი სავალი ნაწილის და მის ზევით განლაგებული ნაწილების პერიოდულ შეკეთებაში.

3. მაღის ნაშენის მზიდუნარიანობის განსაზღვრა

3.1. სართო დებულებები

პროექტი შედგენილია და შესაბამისი ანგარიში ჩატარებულია საპროექტო ინსტიტუტის “თბილქალაქპროექტის” მიერ 1950 წ. და სადღეისოდ საჭირო ხდება ხიდის მზიდი კონსტრუქციების გადაანგარიშება ამჟამად მოქმედი ნორმების СНИП 2.05.03-84 შესაბამისად.

გადაანგარიშება შესრულდა ხიდის პროექტის „ქ. თბილისში მდ. მტკვარზე მეტეხის ხიდის ტექნიკური პროექტი (გრაფიკული ნაწილი)” მასალების მიხედვით.

ხიდის დაპროექტებისას გამოყენებული იყო რსფსრ კომუნალური მეურნეობის სამინისტროს 1948 წ. გამოცემული ნორმები. ხსენებული ნორმებით მიღებული იყო შეუღული მოძრავი დროებითი დატვირთვა H-B, T-B, HГ-60 და ქვეითთა დატვირთვა ინტენსივობით 400 კგ/მ².

3.2. ფილისა და თაღების დამაკავშირებელი განივი კოჭების გადაანგარიშება

3.2.1 ფილის გადაანგარიშება.

გადაანგარიშებისთვის შედგენილი იქნა ფილაზე და თაღების დამაკავშირებელ განივ კოჭებზე ახალი დატვირთვის გადაცემის სქემა (სურ. 3.1აბ).

მუდმივი დატვირთვების გაანგარიშება მოყვანილია ცხრილში 3.1.

ცხრილი 3.1

დატვირთვის სახეობა	ნორმატული დატვირთვები, ტ/მ³	საიმედოობის კოეფიციენტი	საანგარიშო დატვირთვები, ტ/მ²
1	2	3	4
ასფალტბეტონის საფარი, $\gamma=2.3$ ტ/მ²	$0.08 \cdot 2.3 = 0.184$	1.5	0.276
ბეტონის მოსამზადებელი ფენა, $\gamma=2.2$ ტ/მ²	$0.44 \cdot 2.2 = 0.968$	1.3	1.26
ჰიდროიზოლაცია, $\gamma=2.4$ ტ/მ²	$0.05 \cdot 2.4 = 0.12$	1.3	0.156
რკინაბეტონის ფილა, $\gamma=2.5$ ტ/მ²	$0.15 \cdot 2.5 = 0.375$	1.10	0.413
	$\Sigma g_n = 1.67$ ტ/მ³	—	$\Sigma g_p = 2.11$ ტ/მ³

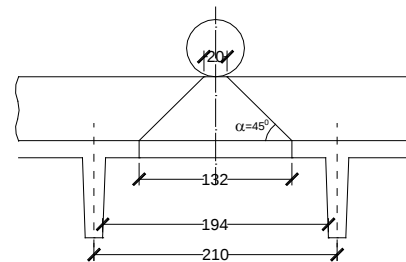
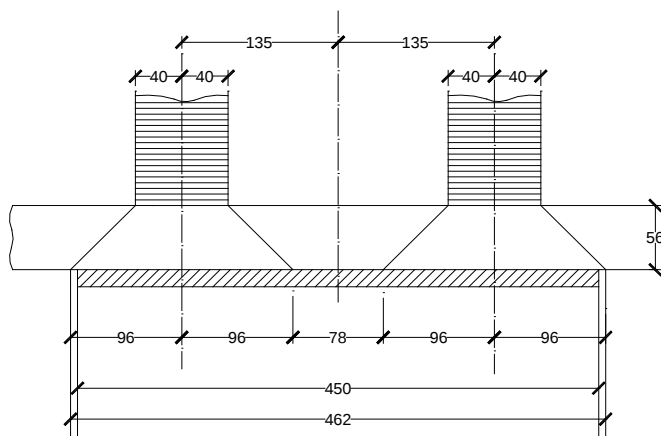
მღუნავი მომენტები მუდმივი დატვირთვებისაგან განისაზღვრება ფორმულით, რომლის შესაბამისი საანგარიშო სქემა მოყვანილია ნახ. 3.3-ზე.

$$l_g = l_c + h_g = 1.94 + 0.15 = 2.10 \text{ მ}$$

$$M_g = \frac{\sum g_p \cdot l_p^2}{8} \cdot k = \frac{2.11 \cdot 2.10^2}{8} \cdot 0.7 = 0.814 \text{ ტმ} \quad (3.1)$$

სადაც $k=0.7$ ჩამაგრების კოეფიციენტი.

რადგან მცირე მასების შემთხვევაში კონსტრუქციაზე HK-80-ის დატვირთვის გავლენა აღემატება AK დროებითი დატვირთვის ზემოქმედებას, გაანგარიშებისთვის მიიღება მღუნავი მომენტი HK-80 დროებითი დატვირთვისაგან.



ნახ. 3.1ა HK-80 დატვირთვა ხიდის განივად

ნახ. 3.1ბ დატვირთვა ხიდის გრძივად

დატვირთვის განაწილების სქემა მოყვანილია ნახ. 3.1ა და 3.1ბ-ზე. დატვირთვის განაწილების სიგანე, მაღის გრძივი ღერძის მართობული მიმართულებით, მიიღება შემდეგი გამოსახულებებით:

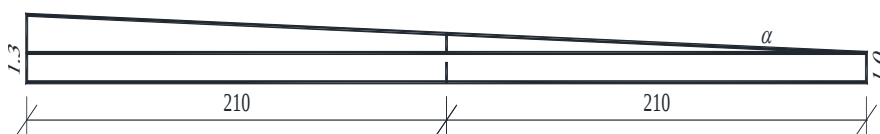
$$a_p + 2H + \frac{l}{3} = 0.20 + 2 \cdot 0.56 + \frac{2.1}{3} = 2.02 \quad (3.2)$$

ტექნიკური უნივერსიტეტის მეთოდით შეგვიძლია ([10, 11])

$$a'_p = 2.10 \approx 2.0 \text{ მ}$$

დინამიკურობის კოეფიციენტი (თანახმად ნახ. 3.2) იქნება

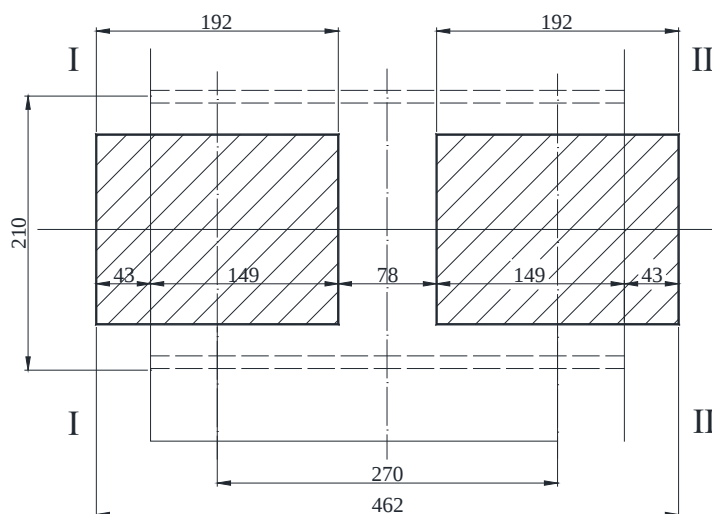
$$(1 + \mu) = 1.10 + \operatorname{tg} \alpha \cdot 1.9 = 1.10 + 0.095 = 1.20 \quad (3.3)$$



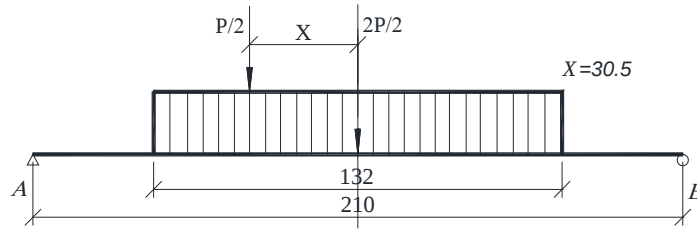
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.5 \cdot 1.10}{4} = 0.05$$

ნახ. 3.2. სქემა დინამიკური კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის

დაწოლა I-I და II-II ხაზებზე (ნახ. 3.5 და 3.6-ის მიხედვით) HK-80-ის ორი ბორბლისაგან იქნება:



ნახ. 3.3. ბორბლების დაწოლის განაწილება ფილაზე



ნახ. 3.4. დატვირთვის განაწილება ფილაზე

$$A = B = \frac{P}{2} \cdot \frac{2}{2} = 10 \text{ ტ}, \quad (3.4)$$

ხოლოდინამიკური კოეფიციენტის გათვალისწინებით

$$A(1 + \mu) = 10 \cdot 1.20 = 12 \text{ ტ} \quad (3.5)$$

მდუნავი მომენტი მალის შუაში

$$M'_p = A \cdot (1 + \mu) \cdot \frac{l}{2} - \frac{P}{2} \cdot 0.305 \cdot (1 + \mu) = 12 \cdot 1.2 \cdot \frac{2.1}{2} - \frac{10}{2} \cdot 0.305 \cdot 1.2 = 13.29 \text{ ტ·მ} \quad (3.6)$$

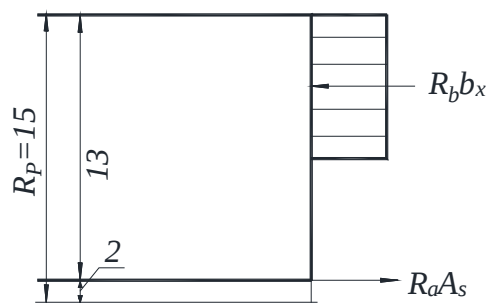
მდუნავი მომენტი ფილის 1 მ-ის სიგანეზე იქნება:

$$M_p = \frac{M'_p}{4.56} = \frac{13.29}{4.56} = 2.914 \text{ ტ·მ} \quad (3.7)$$

საანგარიშო მდუნავი მომენტი იქნება

$$\Sigma M = M_g + M_p = 0.814 + 2.914 = 3.728 \text{ ტ·მ} \quad (3.8)$$

კვეთის მზიდუნარიანობა განისაზღვრება ნახ. 3.5 მიხედვით, რომლის შესაბამისი მონაცემები ტექნიკური პროექტის [5] მიხედვით არის: მოცემულ კვეთში A-I კლასის არმატურის ფართობი 1 მ-ის სიგანეზე შეადგენს $A_s = 17 \text{ სმ}^2$, ხოლო საანგარიშო წინაღობა არის $R_s = 2150 \text{ კგ/სმ}^2$, ბეტონის საანგარიშო წინაღობა მიიღება (პროექტის მონაცემების მიხედვით) $R_b = 75 \text{ კგ/სმ}^2$. მაშინ



ნახ. 3.5. კვეთის მზიდუნარიანობის განსაზღვრის სქემა

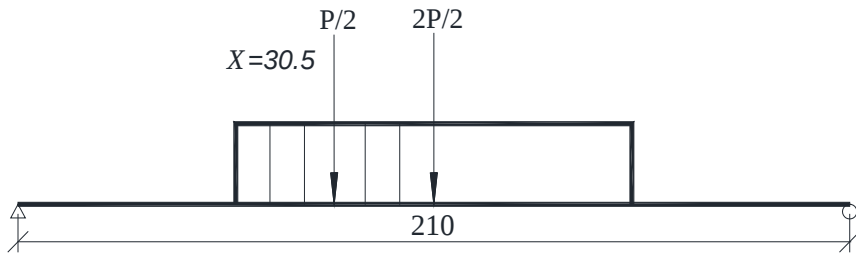
$$M_{\text{ზღვ}} = A_s R_s Z = 17 \cdot 2150 \cdot \frac{13}{105} = 4.75 \text{ ტ·მ} \quad (3.9)$$

და, შესაბამისად,

$$\Sigma M = 3.728 < M_{\text{ზღვ}} = 4.75 \text{ ტ·მ} \quad (3.10)$$

ანუ კვეთის მზიდუნარიანობა უზრუნველყოფილია.

ფილის გაანგარიშება გადამჭრელ (განივ) ძალაზე საყრდენ კვეთთან სრულდება ნახაზზე (ნახ. 3.6) მოყვანილი სქემის მიხედვით:



ნახ. 3.6. განივ ძალაზე ფილის გაანგარიშების სქემა

$$A \cdot (1 + \mu) l'_p - P \cdot (l'_p - 66)(1 + \mu) = 0 \quad (1.8)$$

საიდანაც

$$A \cdot (1 + \mu) l'_p = \frac{P \cdot 1.33(1 + \mu)}{210} - \frac{20 \cdot 1.44 \cdot 1.20}{2.10} = 16.6 \text{ ტ} \quad (1.9)$$

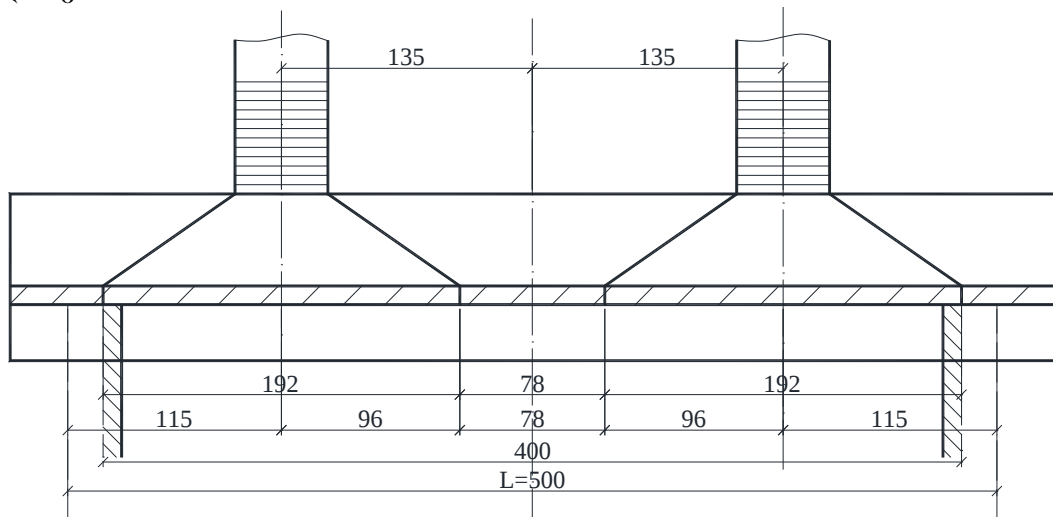
ძაბვა ჭრაზე განივი ძალისაგან იქნება:

$$R_{b, cut} = \frac{A(1 + \mu)}{400 \cdot h_g} = \frac{16600}{400 \cdot 15} = 2.8 < 0.1 R_{b, cut} = 0.1 \cdot 75 = 7.5 \text{ კგ/სმ}^2 \quad (1.10)$$

3.2.1. განივი კოჭის გაანგარიშება.

თაღების დამაკავშირებელი კონსტრუქცია, რომელიც, ამავე დროს, უზრუნველყოფს ხიდზე სავალი ნაწილის მოწყობას, ხორციელდება ფილისა და განივი კოჭების საშუალებით.

თაღებს შორის განლაგებული კოჭებისა და ფილის საანგარიშო სქემა მოცემულია ნახ. 3.7 და 3.8-ზე, სადაც მოყვანილია HK-80 დატვირთვის განლაგება კოჭზე და ფილაზე.



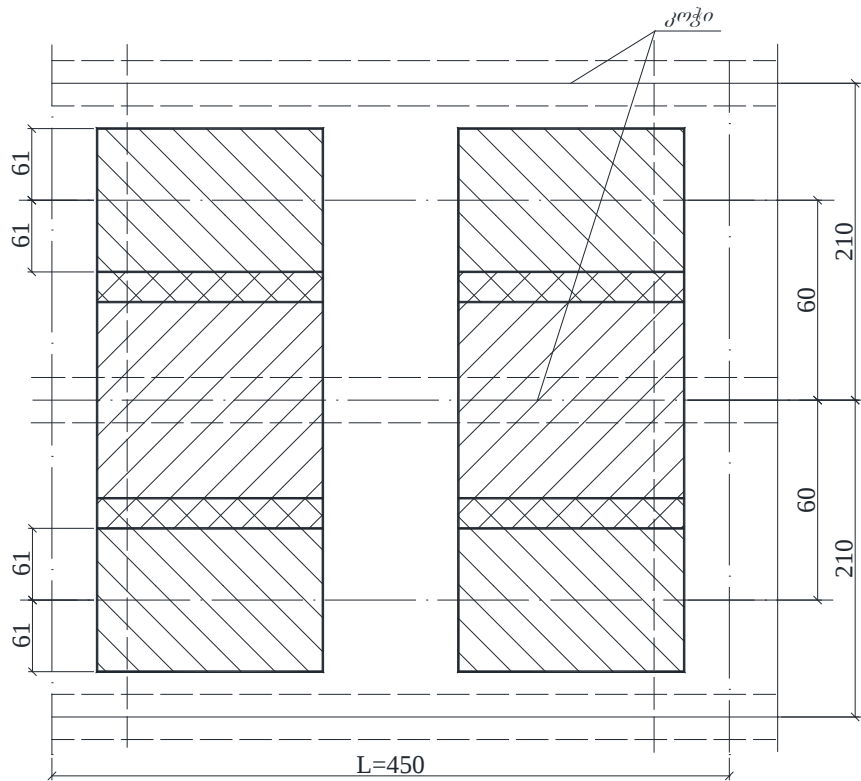
ნახ. 3.7. HK-80-ის განლაგება ფილაზე და განივ კოჭებზე

მუდმივი დატვირთვა კოჭზე შედგენილია ასფალტბეტონის, მოსამზადებელი ფენის, ჰიდროიზოლაციის საკიუთარი წონებისაგან, რომელთა სიდიდეები აღებულია ცხრილი 3.1-დან.

$$q'_p = q_p \cdot l_g = 2.11 \cdot 2.10 = 4.4 \text{ ტ/მ} \quad (3.15)$$

წონა კოჭისა, რომლის კვეთი მოცემულია ნახ. 3.10), შეადგენს

$$q''_p = b(h - h_f) \gamma_f = 0.30(0.50 - 0.15) 2.5 \cdot 1.10 = 0.289 \text{ ტ/(გრძ. მ)} \quad (3.16)$$



ნახ. 3.8. HK-80-ის განლაგება ფილაზე და კოჭებზე (ზედხედი)

სრული მუდმივი დატვირთვა იქნება:

$$q_p = q'_p + q''_p = 4.40 + 0.289 = 4.70 \text{ ტ/}(გრძ. მ) \quad (3.17)$$

მომენტი მუდმივი დატვირთვისაგან შეადგენს

$$M_q = \frac{q_p \cdot L^2}{8} = \frac{4.70 \cdot 4.50^2}{8} = 11.8 \text{ ტ}\cdot\text{მ} \quad (3.18)$$

მომენტი დროებითი დატვირთვისაგან:

$$M'_p = \left(A \cdot \frac{L}{2} - \frac{P}{2} \cdot 1.35 \right) \cdot (1 + \mu) \cdot N = \left(10 \cdot \frac{4.5}{2} - \frac{20}{2} \cdot 1.35 \right) \cdot 1.354 \cdot 2 = 24.5 \text{ ტ}\cdot\text{მ} \quad (3.19)$$

სადაც $N=2$ — HK-80-ის ორი ღერძიდან კოჭზე გადაცემაა;

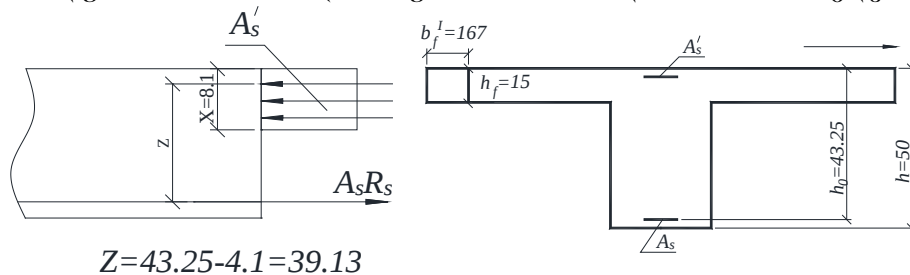
$(1+\mu)$ — დინამიკური კოეფიციენტი

$$(1 + \mu) = 1 + \frac{15}{37.5 + L} = 1 + \frac{15}{37.5 + 4.5} = 1.354 \quad (3.20)$$

მაშინ საანგარიშო მდუნავი მომენტი იქნება:

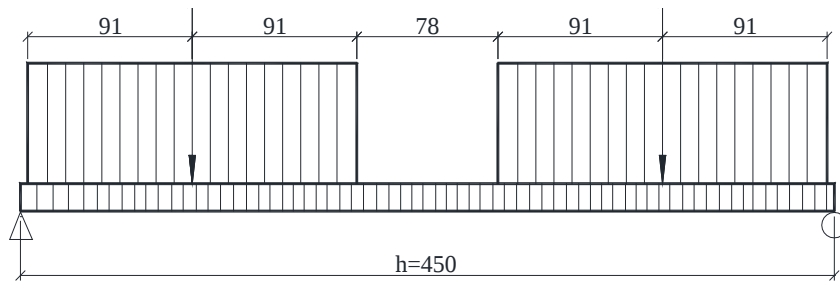
$$\Sigma M = M_q + M_p = 11.8 + 24.5 = 36.3 = 3630000 \text{ კგ}\cdot\text{სმ} \quad (3.21)$$

კოჭის მზიდუნარიანობა მაღის შუაში ნახ. 3.9 და 3.10-ის მიხედვით შეადგენს



$$Z = 43.25 - 4.1 = 39.13$$

ნახ. 3.9. კოჭის მზიდუნარიანობის საანგარიშო სქემა



ნახ. 3.10. კოჭის მზიდუნარიანობის საანგარიშო სქემა

$$\Sigma M < R_s A_s Z \quad (3.22)$$

ტოლობიდან

$$R_b \cdot b \cdot x = A_s R_s$$

შეკუმშული ზონის სიმაღლე იქნება

$$x = \frac{A_s R_s}{R_b \cdot b} = \frac{49 \cdot 2100}{75 \cdot 1.67} = 8.2 \text{ სმ} \quad (3.23)$$

შესაბამისად

$$\Sigma M < R_s A_s Z = 49 \cdot 2100 \cdot 39.13 = 4040000 \text{ კგ} \cdot \text{სმ}$$

და მაშინ კვეთის მზიდუნარიანობა დაკმაყოფილებულია

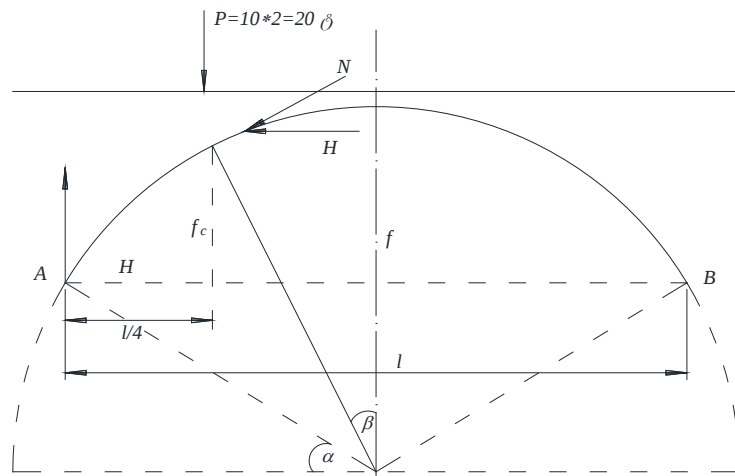
$$3630000 < 49 \cdot 2100 \cdot 39.13 = 4040000 \text{ კგ} \cdot \text{სმ} \quad (3.24)$$

3.2.2. ესტაკადის მცირე თაღების გაანგარიშება.

ესტაკადის მცირე თაღების შემოწმება ხდება HK-80 დატვირთვის ბორბლის დაწოლაზე.

მცირე თაღების საანგარიშო სქემა შედგენილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არქივიდან მიღებული ზომების მიხედვით და სქემის პარამეტრები (იხ. ნახ. 3.11) შემდეგია:

$$l = 2.52 \text{ მ} \quad f = 0.74 \text{ მ} \quad f_r = 0.60 \quad a = 62^\circ \cos \alpha \cong 0.88 \quad A = \frac{3}{4} P \quad B = \frac{1}{4} P$$



ნახ. 3.11. ესტაკადის მცირე კამარების საანგარიშო სქემა

მცირე თაღები მოწმდება $P = 20 \text{ ტ}$ შეუყრსულ დროებით დატვირთვაზე, სამ-სახსრიანი თაღის სქემით.

მღუნავი მომენტი შუალა სახსრის მიმართ იქნება:

$$M_0 = A \cdot \frac{l}{2} - P \cdot \frac{l}{4} \gamma_f - Hf = \frac{3}{4} P \cdot \frac{l}{2} \gamma_f - P \cdot \frac{l}{4} \gamma_f - Hf = \frac{1}{8} P \cdot l \cdot \gamma_f - Hf = 0 \quad (3.25)$$

$$H = \frac{P \cdot l}{8f} \cdot \gamma_f = \frac{20 \cdot 2.52}{8 \cdot 0.74} \cdot 1.1 = 9.35 \text{ ტ} \quad (3.26)$$

მომენტი მეოთხედ მაღში იქნება:

$$M_r = \frac{3}{4} \Phi \cdot \frac{l}{4} \gamma_f - Hf_r = \frac{3}{4} \cdot 20 \cdot \frac{2.52}{4} \cdot 1.1 - 9.35 \cdot 0.60 = 10.4 - 5.6 = 4.8 \text{ ტ} \cdot \text{მ} \quad (3.27)$$

ნორმალური ძალის სიდიდე იქნება:

$$N = \frac{H}{\cos \alpha} = \frac{9.35}{0.88} \cong 10.7 \text{ ტ} \quad (3.28)$$

ნორმალური ძაბვა დროებითი შეყურსული დატვირთვისაგან, სავალი ნაწილის სამოსის მიერ დატვირთვების განაწილების გათვალისწინების გარეშე, შეადგენს

$$\sigma_{1,2} = -\frac{N}{A} \mp \frac{M}{W} = -\frac{10700}{600 \cdot 40} \mp \frac{570000 \cdot 6}{600 \cdot 40 \cdot 40} = -0.45 \mp 3.6 \quad (3.29)$$

$$\sigma_1 = -4.05 \text{ კგ/სმ}^2$$

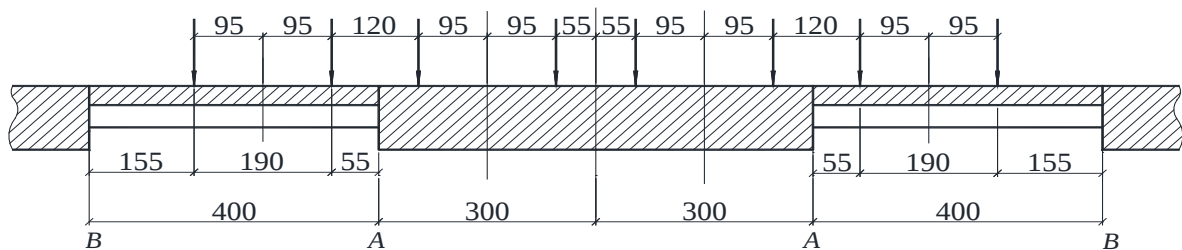
$$\sigma_2 = +3.15 \text{ კგ/სმ}^2 < +7 \text{ კგ/სმ}^2$$

СНП 2.05.03-84-ის მიხედვით მინიმალური წინაღობა გაჭიმვაზე B-20 კლასის ბეტონისათვის შეადგენს $R_{bt} = 8.5 \text{ კგ/სმ}^2$. მაშინ, სავალი ნაწილის მიერ დროებითი დატვირთვის განაწილების გათვალისწინების გარეშე კი, ბეტონის სიმტკიცე გაჭიმვაზე ხიდის ესტაკადების მცირე თაღებში მთლიანად დაკმაყოფილებულია.

3.3. დიდი მალის კამარების გაანგარიშება

დიდი მალის შუალა კამარის გაანგარიშებისას ჯერ განისაზღვრება განივი დადგმის კოეფიციენტი ოთხი ზოლი AK-11 დატვირთვისას.

დატვირთვის სქემა მოცემულია ნახ. 3.12-ზე.



ნახ. 3.12. დატვირთვის დაყენების სქემა

კამარების გამაერთიანებელ ფილაზე მოსული დატვირთვებისაგან საყრდენი-რეაქციები შეადგენს:

$$A \cdot 400 = P \cdot 2.50 \quad (3.30)$$

საიდანაც

$$A = \frac{P \cdot 2.50}{400} = 0.625P \quad (3.31)$$

ფილაზე მდებარე ორი ზოლი შეყურსული დატვირთვისათვის განივი დადგმის კოეფიციენტი იქნება:

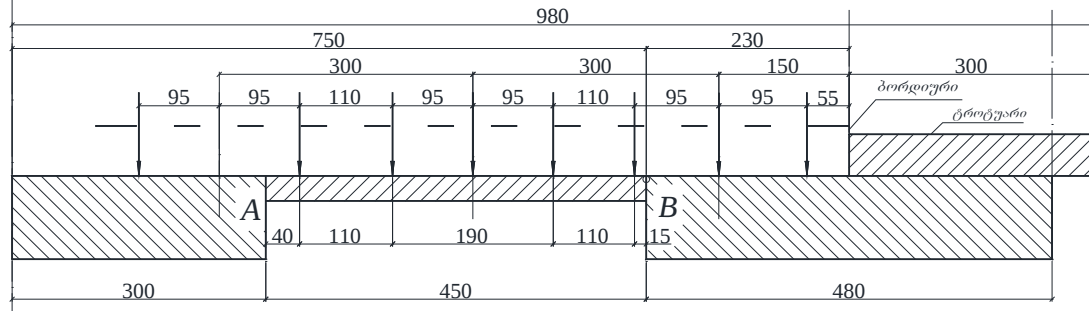
$$K_1 = \frac{A}{P} = \frac{0.625P}{P} = 0.625 \quad (3.32)$$

მრავალზოლიანობის კოეფიციენტი თაღზე მდებარე თანაბრად განაწილებული დროებითი ν დატვირთვის ერთი ზოლისათვის ტოლია $K_2=1$, ხოლო მეორე ზოლისთვის $K_3 = 0.6$.

განივი დადგმის კოეფიციენტი შეყურსული ძალებისათვის ნახ. 3.12-ის მიხედვით იქნება:

$$K_4 = \frac{2A + 2P}{P} = \frac{2 \cdot 0.625P + 2P}{P} = 3.25 \quad (3.33)$$

განაპირა კამარებისათვის განივი დადგმის კოეფიციენტის განსაზღვრისას AK-11 დატვირთვის ბორბალი განლაგდება ტროტუარის ბორტთან ნახ. 3.13 შესაბამისად [1].



ნახ. 3.13. A-11 დატვირთვის დაყენების სქემა

განისაზღვრა საყრდენი დაწოლა B გამოსახულებიდან:

$$B \cdot 4.65 = \frac{P}{2} \cdot (0.4 + 1.50 + 3.40 + 4.5) = \frac{P}{2} \cdot 9.80 \quad (3.33)$$

საიდანაც

$$B = \frac{4.9P}{4.65} = 1.054P \quad (3.34)$$

კამარის 1 მ სიგანეზე მოსული დატვირთვა იქნება $B = \frac{1.054P}{4.8} = 0.22P$.

შუალედურ კამარაზე დატვირთვის განსაზღვრისას იყო $K_4=3.25$ და დატვირთვა კამარის ერთი მეტრი სიგანისთვის შეადგენს

$$\frac{3.25P}{6} = 0.542P \quad (3.35)$$

ამიტომ ანგარიში სრულდება შუალედური, მეტად დატვირთული კამარისთვის.

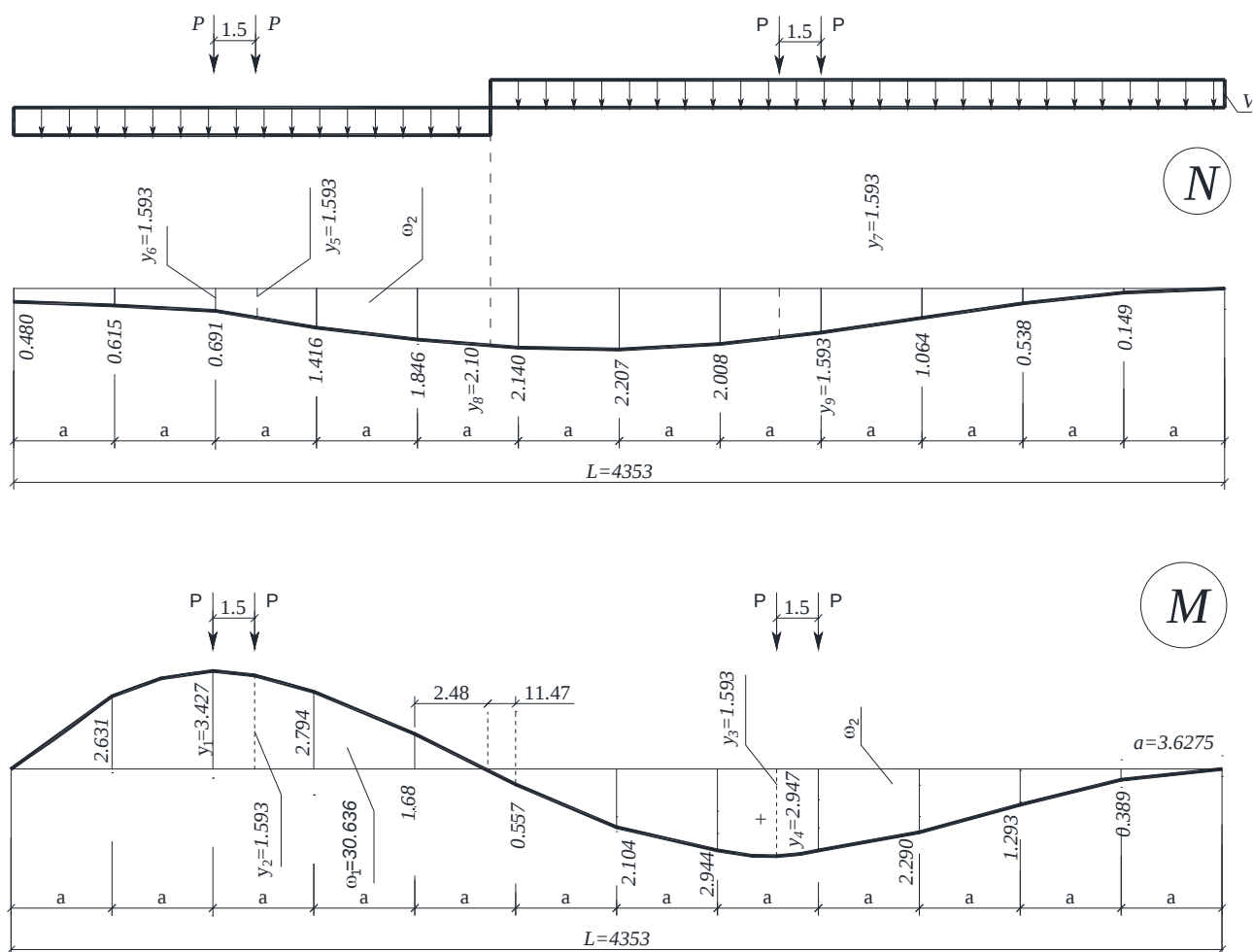
გავლენის ხაზების ფართობის გამოთვლა თაღის ქუსლში დროებითი დატვირთვის მღუნავი მომენტის „M“-ის გამოთვლისას ნახ. 3.14-ის მიხედვით ხდება შემდეგნაირად

$$\omega_1 = \frac{0 + 2.631}{2} \cdot 3.267 + \left(\frac{2.631 + 3.427}{2} + \frac{3.427 + 2.794}{2} + \frac{2.794 + 1.268}{2} \right) \cdot 3.627 + \frac{1.268 \cdot 2.48}{2} = 4.66 + 24.6 + 1.376 = 30.636 \text{ მ} \quad (3.36)$$

მომენტები თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან:

$$-M_2 = -(\omega_1 \cdot \nu \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot 2 + \omega_1 \cdot \nu \cdot K_2 + \omega_1 \cdot \nu \cdot K_3)(1 + \mu)\gamma_f = -\omega_1 \cdot \nu (K_1 \cdot K_3 \cdot 2 + K_2 + K_3)(1 + \mu)\gamma_f = 30.636 \cdot 1.1(0.625 \cdot 0.6 \cdot 2 + 1.0 + 0.6) \cdot 1.106 \cdot 1.20 = -104.0 \text{ ტ} \cdot \text{მ} \quad (3.37)$$

სადაც $\nu = 0.1K = 0.1 \cdot 11 = 1.1 \text{ ტ}/(\text{გრძ. მ})$ და $1 + \mu = 1 + \frac{70 - \lambda}{250} = 1 + \frac{70 - 43.55}{250} = 1.106$.



ნახ. 3.14. გრძივი ძალისა და მღუნავი მომენტის გავლენის წირები თაღის ქუსლში

მღუნავი მომენტი დროებითი შეყურსული დატვირთვისაგან იქნება:

$$-M_p = -P(y_1 + y_2)(1 + \mu)K_4 \cdot \gamma_f = -11 \cdot (3.43 + 3.28) \cdot 1.106 \cdot 3.25 \cdot 1.5 = -367 \text{ ტ} \cdot \text{მ} \quad (3.38)$$

საანგარიშო მღუნავი მომენტი დროებითი დატვირთვისაგან კამარის ქუსლში იქნება:

$$-M_p = -M_1 - M_2 = -367 - 104 = -471 \text{ ტ} \cdot \text{მ} \quad (3.39)$$

3.3.1. მღუნავი მომენტის განსაზღვრა დამუხრუჭების ძალისგან.

1950 წ-ის ტექნიკური პროექტის მიხედვით დამუხრუჭების ძალის სიდიდედ მიღებული იყო $T_1 = 20.75 \text{ ტ}$.

მღუნავი მომენტი კამარის ქუსლში დამუხრუჭების ძალისაგან მიიღება პროპორციულად დამუხრუჭების ახალი ძალისა, რაც იქნება:

$$T_2 = 2.5 \cdot K_{\text{ბა}} \cdot \gamma_f = 2.5 \cdot 1.1 \cdot 11 = 30.3 \text{ ტ} \quad (3.40)$$

მაშინ მღუნავი მომენტი კამარის ქუსლში შეადგენს:

$$M_T = \frac{30.5}{20.75} \cdot 20.2 = 29.5 \text{ ტ} \cdot \text{მ}$$

ნორმალური N ძალა განისაზღვრა შეყურსული ძალისთვის შემდგენაირად (ნახ. 3.14.)

$$N_1 = P(y_1 + y_2)(1 + \mu)K_4 \cdot \gamma_f = 11 \cdot (1.08 + 0.615) \cdot 1.106 \cdot 3.25 \cdot 1.5 = 100 \text{ ტ} \cdot \text{მ} \quad (3.43)$$

თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან გამოწვეული ნორმალური ძალის ანგარიშისთვის საჭიროა გამოითვალოს შესაბამისი გავლენის ხაზის ფართობი:

$$\omega_1 = \left(\frac{0.48 + 2.10}{2} + 0.615 + 0.691 + 1.416 + 1.846 \right) \cdot 3.6275 = 21.25 \text{ მ}^2$$

მაშინ ნორმალური ძალა იქნება

$$N_2 = -\omega_2 \cdot V(K_1 \cdot K_3 + K_2 + K_3)(1 + \mu)\gamma_f = 21.25 \cdot 11(0.625 \cdot 0.6 + 1 + 0.6) \cdot 1.106 \cdot 1.20 = 62 \text{ ტ} \cdot \text{მ} \quad (3.44)$$

საანგარიშო ნორმალური ძალა დროებითი დატვირთვისაგან იქნება $100 + 62 = 162 \text{ ტ}$.

3.3.2. გადაანგარიშების შედეგები.

1950 წ.-ის ანგარიშების შესაბამისი ყველა მონაცემები მოყვანილია ცხრილი 3.2 და 3.3-ში, ხოლო 2015 წლის შესაბამისი – ცხრილი 3.4 და 3.5-ში.

გადაანგარიშება ძაბვის ხისტი არმატურისა, დროებითი დატვირთვის გაზრდის და საიმედოობის კოეფიციენტის გათვალისწინებით მოყვანილია ცხრილში 3.6.

ცხრილი 3.2

ძაღვები მუდმივი და დროებითი დატვირთვებისაგან 1950 წ. ანგარიშის მიხედვით

გარსის კვეთის დასახელება		ძაღვები გარსის ზედა ბოჭკოში		ძაღვები დრ. დატვირთვისაგან		ძაღვა ტემპ. გაზრდისაგან		ძაღვა ტემპ. შემცირებისგან		ბეტონის ჯდენის ძალა		და-მუხრ უჭე-ბის ძაღვა
ძაღვები		N _ტ	M _{ტმ}	N _ტ	M _{ტმ}	N _ტ	M _{ტმ}	N _ტ	M _{ტმ}	N _ტ	M _{ტმ}	M _{ტმ}
კლიტე	მაქ.	+912.96	+16.20	+172.90	+97.20	+71.00	-76.00	-71.00	+76.00	-45.80	+49.00	
	მიწ.	+912.96	+16.20	+124.4	-41.14	+71.00	-76.00	-71.00	+76.00	-45.00	+1.83	
მე-ოთხედო	მაქ.	+932.46	+28.20	+68.82	+118.60	+69.80	-2.84	-69.80	+2.84	-45.00	+1.83	
	მიწ.	+932.46	+28.20	+205.00	-103.70	+69.80	-2.84	-69.80	+2.84	-45.00	+1.83	
ქუსლი	მაქ.	+1016.64	+33.18	+172.50	+262.50	+62.00	+269.00	-62.00	-269.00	-40.00	-173.00	±20.2
	მიწ.	+1016.64	+33.18	+150.70	-238.30	+62.00	+269.00	-62.00	-269.00	-40.00	-173.00	±20.2

ცხრილი 3.3

ჯამური საანგარიშო ძაღვები 1950 წ. ანგარიშის მიხედვით

ძაღვები თაღის კვეთი		ძირითადი ძაღვები		ძირითადი და დამატებითი ძაღვები		შენიშვნა
		N _ტ	M _{ტმ}	N _ტ	M _{ტმ}	
კლიტე	max.	+1085.85	+113.40	+969.05	+238.40	ძაღვები მოცემულია 1950 წ. წარმოებული გაანგარიშის მიხედვით მდ. მტკვარზე მეტეხის ხიდის ტექნიკური პროექტიდან
	min.	+1037.36	-24.94	+106.26	-51.94	
მეოთხედი	max.	+1001.28	+146.80	+886.48	+151.47	
	min.	+1137.46	-75.50	+1162.26	-76.51	
ქუსლი	max.	+1189.14	+295.68	+1211.14	+411.38	
	min.	+1167.34	-205.12	+1065.34	-667.32	

ცხრილი 3.4

ძაღვები მუდმივი და დროებითი დატვირთვისათვის 2015 წ-ის ანგარიშის მიხედვით

თაღის კვეთი		ძაღვები თაღზედა ნაშენში		ძაღვები დროებითი დატვირთ- ვისაგან		ძაღვა ტემპე- რატურის ზრდისას		ძაღვა ტემპერა- ტურის შემ- ცირებისას		ძაღვა ბეტონის ჯდენისას		და- მუხრუ ჭების ძაღვა
ძაღვები		N _ტ	M _{ტა}	N _ტ	M _{ტა}	N _ტ	M _{ტა}	N _ტ	M _{ტა}	N _ტ	M _{ტა}	M _{ტა}
კლიტე	max.	+1004.26	+17.82			+71.00	-76.00	-71.00	+76.00	-45.80	+49.00	
	min.	+1004.26	+17.82			+71.00	-76.00	-71.00	+76.00	-45.80	+49.00	
მე- ოთხე დი	max.	+102.71	+31.02			+69.80	-2.84	-69.80	+2.84	-45.00	+1.83	
	min.	+1025.71	+31.02			+69.80	-2.84	-69.80	+2.84	-45.00	+1.83	
ქუსლი	max.	+1118.3	+36.83			+62.00	+269.00	-62.00	-269.00	-40.00	-173.00	±29.5
	min.	+1118.3	+36.83	162.0	-471	+62.00	+269.00	-62.00	-269.00	-40.0	-173.00	±29.5

- შენიშვნები: 1. გარსზედანაშენების ძაღვები გაზრდილია კოეფიციენტით $\gamma_f = 1.10$ თანახმად 1950 წ-ს წარმოებული ანგარიშის მიხედვით.
2. დროებითი დატვირთვა მიღებულია СНиП 2.05.03-84 მიხედვით.

ცხრილი 3.5

ჯამურისაანგარიშობაძაღვები2015წ-სანგარიშისმიხედვით

გარსის კვეთის დასახელება		ძირითადი ძაღვები		ძირითადი და დამატებითი		შენიშვნა
ძაღვები		N _ტ	M _{ტა}	N _ტ	M _{ტა}	M და N ძაღვების გამოთვლები წარ- მოებს ყველაზე დატვირთული თაღის ქუსლში.
კლიტე	max.	-	-	-	-	
	min.	-	-	-	-	
მეოთხედი	max.	-	-	-	-	
	min.	-	-	-	-	
ქუსლი	max.	-				
	min.	1280.36	-471.0	1178.3	-942.5	

**ძაღვების განსაზღვრა ლითონის ხისტი არმატურისათვის გარსის მუშაობის
სხვადასხვა სტადიაში**

კვეთი	სარტყლი	დატვირთვა თაღის ბეტონის საკუთარი წონისაგან	ლი- დატვირთვა თონის არმატურის საკუთარი წონისაგან	ჯამური დატვირთვა	დატვირთვა თაღის მუ- შაობისას	ნაზრდი ახალი დატ- ვირთვისაგან	ჯამური დატვირთვა
1	2	3	4	5	6	7	8
კლიტე	ზედა	-772.0	-60.0	-832.0	-644.0	-910	-1742.0
	ქვედა	-347.0	-60.0	-407.0	+172.0	+195	+208
მეოთხედი	ზედა	-540	-27.5	-567.5	+27.3	+39.5	-528.0
	ქვედა	-645	-95.7	-740.7	-400.0	-565	-1305.7
ქუსლი	ზედა	-476	-66.0	-542.0	+640.0	+908	+366
	ქვედა	-750	-66.0	-816	-765	-1085	-1850.0

აქვე უნდა აღინიშნოს ის გარემოება, რომ ახალი დატვირთვების ანგარიშიდან გამომდინარე მიიღება მომენტების გაზრდა ქუსლში $M=667.32$ ტმ-დან $M=942.5$ ტმ-მდე (ცხრილი 3.3 და 3.5). მომენტის ნაზრდმა შეადგინა $\frac{942.5 - 667.32}{667.32} \cdot 100 = 41\%$. ამ-

იტომ, არ არის მოყვანილი ხისტი არმატურის დატვირთვების გამოთვლები, ხოლო მათი მნიშვნელობები, მიღებული მეტეხის ხიდის პროექტის [5] ცხრილის მე-6 გრაფიდან, გაზრდილია 41%-ით და მოყვანილია ამ ნაშრომის 3.6 ცხრილში.

ჯამური დატვირთვა ლითონში მუდმივი და ახალი დროებითი დატვირთვისაგან მოყვანილია მე-6 ცხრილის მე-8 სვეტში. ეს ჯამური ძალვა ნაკლებია დატვირთვაზე $R_s=1900$ კგ/სმ², რაც მოცემულია СН 200-62-ში [7] და მიღებულია ხიდის გადაანგარიშებისათვის.

3.3.3. ყველაზე დატვირთული კამარის მზიდუნარიანობის განსაზღვრა ხისტი არმატურის ამოყვანის დროს მასში მოქმედი დატვირთვების გათვალისწინებით

ხისტ არმატურაში გაჭიმვისას მოქმედი საბოლოო ზღვრული ჯამური ძაღვები მიღებულია ფოლადისთვის СТ.3 мостовая ნორმების СН 200-62-ის ცხრ. 36 მიხედვით $R_s=1900$ კგ/სმ², რამდენადაც СНиП 2.05.03-84-ში არ არის ВСт.3.

ძაღვის სიდიდეები ხისტ არმატურაში თაღის დატვირთვებისას მოყვანილია ცხრილ 3.5-ში და აღებულია მეტეხის ხიდის ტექნიკური პროექტიდან.

არაცენტრალური შეკუმშული, კამარის ქუსლის, კვეთის გაანგარიშებისათვის აუცილებელია განისაზღვროს თაღის თავისუფალი სიგრძე, როგორც პირობითად ორი ბოლოთი ჩამაგრებული ღერძისა. ასეთი ანგარიში შეიძლება შესრულდეს СН 200-62-ის მიხედვით ([7] პ. 411).

ღეროს პირობითი სიგრძე იანგარიშება ფორმულით:

$$l_0 = \pi \sqrt{\frac{8f}{L_p K}} \cdot L_p \quad (3.45)$$

სადაც თაღის ისარი $f = 4.87$ მ, სოლო საანგარიშო მალე $L_p = 43.53$ მ.

უსახსრო თაღისათვის სიდიდე K ტოლია

$$K = (2 + \frac{f}{L_p}) K_0 = (2 + \frac{4.87}{43.53}) 30.2 = 63.6 \quad (3.46)$$

სადაც K_0 აიღება [7] -ის 42 ცხრილის მიხედვით (ინტერპოლაციით)

$$K_0 = 28.5 + 1.7 = 30.2. \quad (3.47)$$

მიღებული სიდიდეების ჩასმით ფორმულაში (3.45) მიიღება

$$l_0 = 3.14 \sqrt{\frac{8 \cdot 4.87}{43.53 \cdot 63.6}} \cdot 43.53 = 23.50 \text{ მ} \quad (3.48)$$

შუა კამარის ქუსლში კვეთის მზიდუნარიანობის დასადგენად კვეთში მოქმედი ძალების სიდიდეები შემდეგია:

- ჯამური მომენტი $M = 942.5$ ტ·მ
 - მღუნავი მომენტი მუდმივი დატვირთვისაგან $M_I = 36.83$ ტ·მ
 - ნორმალური ძალა $N = 1178.3$ ტ (ცხრილიდან 3.5).
- ნეიტრალური ღერძის მდებარეობა განისაზღვრება ტოლობიდან:

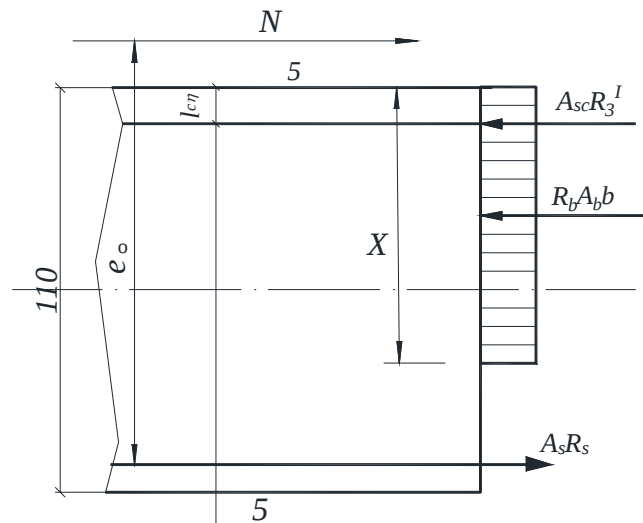
$$N = R_b \cdot b \cdot x \quad (3.49)$$

საიდანაც

$$x = \frac{N}{R_b \cdot b} = \frac{1178300}{97 \cdot 600} = 20 \text{ სმ.}$$

აქ $R_b = 97$ კგ/სმ², ნაცვლად [1] -ში მოყვანილი მნიშვნელობისა $R_b = 105$ კგ/სმ², მაგრამ თაღში ბეტონის ხანგრძლივი გამაგრების ხარჯზე $R_b = 75$ კგ/სმ²-დან სიმტკიცის გაზრდის გათვალისწინებით.

კვეთის მზიდუნარიანობის განსაზღვრა ხდება ფორმულით (ნახ. 3.15)



ნახ. 3.15. ქუსლის კვეთის მზიდუნარიანობის განსაზღვრის სქემა

$$N \cdot e_0 \leq R_b \cdot b \cdot x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} \cdot A'_s (h_{01} - a'_s) \quad (3.50)$$

ამისათვის საჭიროა რიგი გამოთვლების ჩატარება, კერძოდ:

$$e_c = \frac{M}{N} = \frac{94550000}{117300} \cong 80 \quad (3.51)$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} \quad (3.52)$$

$$N_{cr} = \frac{6.4E_b I_b}{\phi_l L_o^2} \left(\frac{0.11}{0.1 + 0.14} + 0.1 \right) \quad (3.53)$$

$$\text{ამასთან, } E_b = 275000 \text{ კგ/სმ}^2 \text{ და } I_b = \frac{600 \cdot 110^3}{12}, \text{ ხოლო}$$

$$\delta_{\min} = 0.5 - 0.01 \frac{L_0}{h_{\text{საშ}}} - 0.01 R_b = 0.5 - 0.01 \cdot \frac{23.50}{0.9} - 0.01 \cdot 97 = 0.14 \quad (3.54)$$

$$\phi_l = 1 + \frac{M}{M_l} = 1 + \frac{36.83}{945.5} = 1.04 \quad (3.55)$$

მიღებული მნიშვნელობების შეტანით (3.53) ფორმულაში, მიიღება

$$N_{cr} = \frac{6.4 \cdot 275000 \cdot 600 \cdot 110^3}{1.04 \cdot 2350^2 \cdot 12} - \left(\frac{0.11}{0.1 + 0.14} + 0.1 \right) = 11200 \text{ ტ.} \quad (3.56)$$

მიღებული სიდიდის ჩასმით (3.52) ფორმულაში მიიღება:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{1178.3}{11200}} \cong 1.1 \quad (3.57)$$

$$e_0 = e + e_c \cdot \eta = 50 + 80 \cdot 1.1 = 138 \text{ სმ.} \quad (3.58)$$

ყველამიღებული სიდიდეების ჩასმით (3.50) ფორმულაში საბოლოოდ მიიღება:

$$\frac{1178300 \cdot 138}{1000 \cdot 100} = 1626$$

$$\frac{97 \cdot 600 \cdot 20(105 - 0.5 \cdot 10) + 1084 \cdot 57.6 \cdot 6 \cdot 100}{1000 \cdot 100} = 1539$$

$$1626 \text{ ტ} \cdot \text{მ} > 1539 \text{ ტ} \cdot \text{მ} \quad (3.59)$$

სხვაობა შეადგენს:

$$\frac{1626 - 1539}{1539} \cdot 100 = 5,65\% \quad (3.60)$$

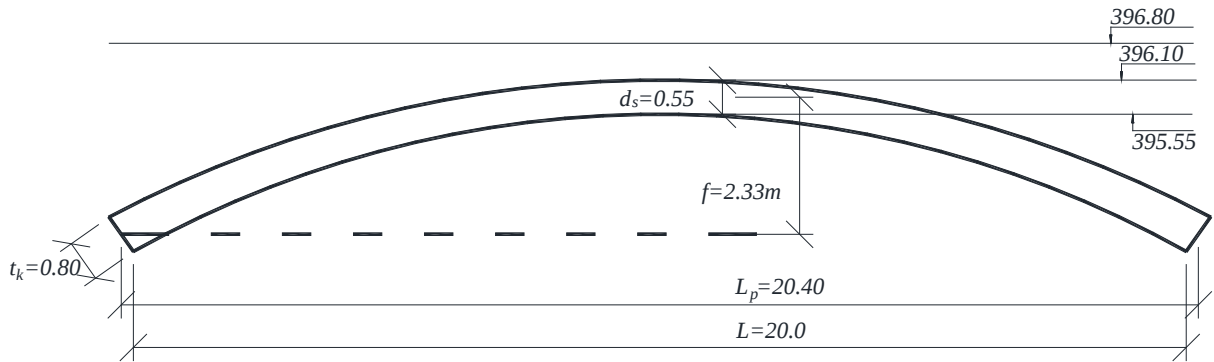
ანუძაბვის გადამეტებაარ აღემატება 6%, რაც დასაშვებია.

3.4. სანაპირო მაღის თაღის გადაანგარიშება

3.4.1. საერთო ნაწილი.

სანაპირო მაღისთაღის საანგარიშო სქემა მოცემულია ნახ. 3.16-ზე, საანგარიშო მაღი მიიღება $L_p = 20.40$ მ, ხოლო თაღის ისარი $-f = 2.33$ მ.

ანგარიშისთვის მონაცემები მიღებულია „ხიდის ტექნიკური პროექტიდან“ [5], სადაც მოცემულია დროებითი თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან მომენტებისა და ნორმალური ძალების გამოთვლა. იქიდანვეა აღებული გავლენის წირები, რომლებიც მოცემულია ნახ. 3.17 მათი გამოყენებით $M_{\min.} = -\omega_1 = -7.76 \text{ მ}^2$ შესაბამისი გრძივი ძალისთვის



ნახ. 3.16. სანაპირო მაღში თადის საანგარიშო სქემა

$$N = \omega_2 = 6.56 \text{ მ}^2$$

თანახმად მოქმედი ნორმებისა, ქვეითთა დატვირთვა ტროტუარზე განისაზღვრება ფორმულით

$$P_T = 400 - 2\lambda = 400 - 2 \cdot 8.5 = 383 \text{ კგ/მ}^2 \quad (3.61)$$

სადაც λ – გავლენის ხაზის სიგრძეა, ამ შემთხვევაში $M_{\min}$.

3.4.2. მღუნავი მომენტები დანორმალური ძალები თადის ქუსლში.

განისაზღვრება მხოლოდ კამარის ყველაზე დატვირთული, ქუსლის კვეთისთვის.

მომენტები დატვირთვისაგანტროტუარებზე

$$-M_T = -\omega_1 p_T \gamma_f a = -7.76 \cdot 0.383 \cdot 1.2 \cdot 6 = -21.3 \text{ ტ·მ} \quad (3.62)$$

ნორმალური ძალა დატვირთვისაგანტროტუარებზე

$$N_T = \omega_2 p_T \gamma_f a = 6.56 \cdot 0.383 \cdot 1.2 \cdot 6 = 18 \text{ ტ} \quad (3.63)$$

სადაც საიმედოობის კოეფიციენტი დატვირთვის მიხედვით $\gamma_f = 1.2$, ხოლო a – ორი ტროტუარის სიგანეა $-2 \cdot 3 = 6 \text{ მ}$.

ძალვა დროებითი თანაბარგანაწილებული v დატვირთვის 4 ზოლისაგან იქნება

$$M_v = -\omega_1 \cdot 0.1 \cdot K_{TC} \cdot \gamma_f (1 + \mu) \cdot (1 + 3 \cdot 0.6) = -7.76 \cdot 0.1 \cdot 11 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot 2.8 = -29 \text{ ტ·მ} \quad (3.64)$$

კოეფიციენტი 0.6 მიიღება მოძრაობის 3 ზოლისათვის.

ნორმალური ძალა თანაბრად განაწილებული დატვირთვისაგან დატვირთვის 4 ზოლისათვის

$$N_v = \omega_1 \cdot 0.1 \cdot K_{TC} \cdot \gamma_f \cdot (1 + 3 \cdot 0.6) = 6.56 \cdot 0.1 \cdot 11 \cdot 1.2 \cdot 2.8 = 24.6 \text{ ტ}. \quad (3.65)$$

ძალვა შეყურსული ძალებისაგანიქნება:

- მღუნავი მომენტისათვის ქუსლში

$$-M_p = -P \cdot 4 \cdot \gamma_f (1 + \mu)(y_1 + y_2) = 11 \cdot 4 \cdot 1.5 \cdot 1(1.67 + 1.43) = -205 \text{ ტ·მ} \quad (3.66)$$

- ნორმალური ძალა ქუსლში

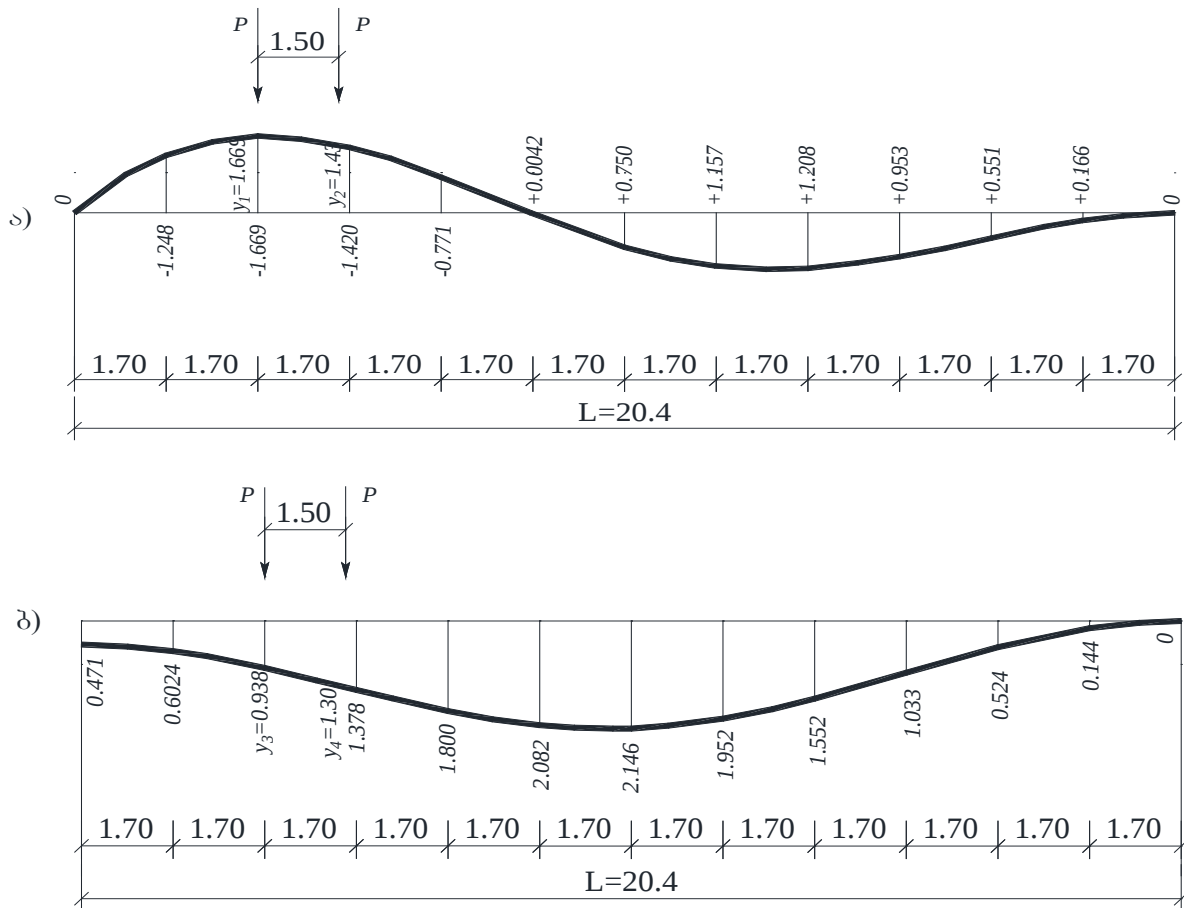
$$N_p = P \cdot 4 \cdot \gamma_f (1 + \mu)(y_3 + y_4) = 11 \cdot 4 \cdot 1.5 \cdot 1(1.31 + 0.94) = 148.5 \text{ ტ} \quad (3.67)$$

ძაღვების ჯამური მნიშვნელობები იქნება:

$$\Sigma M = -M_T - M_v - M_p = -(21.3 + 29 + 205) = -255.3 \text{ ტ·მ} \quad (3.68)$$

$$\Sigma N = N_T + N_v + N_p = (18 + 24.6 + 148.5) = +311.1 \text{ ტ} \quad (3.69)$$

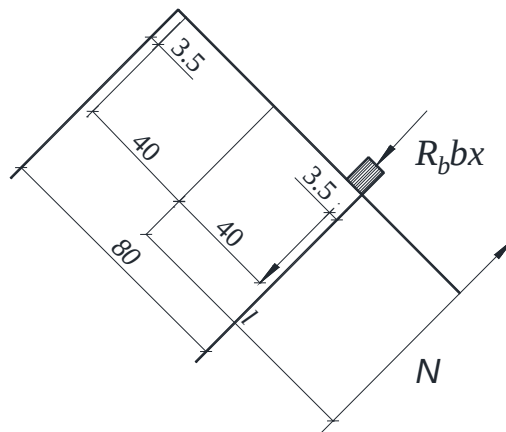
ახალი გაანგარიშების ყველა შედეგი მოცემულია ცხრილში. ყველა ძაღვებისაგან საანგარიშო სიდიდეების მისაღებად გამოყენებულია საანგარიშო



ნახ. 3.17. ძალების გაფლენის წირები მცირე მალის თაღის ქუსლში:
ა – მღუნავი მომენტისათვის; ბ – გრძივი ძალისათვის

მონაცემები, რომლებიც მოყვანილია ტექნიკურ პროექტში [5] დანახვენებია ცხრილებში 3.7. ცხრილში 3.8. შეყვანილია ძალები მუდმივი დატვირთვისაგან საიმედოობის კოეფიციენტის $\gamma_f = 1.1$ გათვალისწინებით. ტემპერატურისაგან და ბეტონის შეკლების შესაბამისი ძალები უცვლელად არის დატოვებული, ხოლო დროებითი დატვირთვები შეტანილია ახალი გადაანგარიშების შედეგების მიხედვით.

3.4.3. ქუსლის კვეთის შემოწმება მზიდუნარიანობაზე.
საანგარიშო კვეთი მოყვანილია ნახ.3.18-ზე.



ნახ. 3.18. ქუსლის საანგარიშო კვეთი მზიდუნარიანობის განსაზღვრისათვის

ცხრილი 3.8-ის მონაცემებით კამარის 1 გრძ.მ სიგანისათვის გვაქვს მომენტებისა და ნორმალური ძალების შემდეგი მნიშვნელობები

$$-M_1 = \frac{\Sigma M}{24.6} = -\frac{2446.3}{24.6} = -99.5 \text{ ტ}\cdot\text{მ} \quad (3.70)$$

$$N_1 = \frac{N}{24.6} = \frac{1514}{24.6} = 64 \text{ ტ} \quad (3.71)$$

$$e = \frac{M_1}{N_1} = \frac{99.5}{57} = 162 \text{ სმ} \quad (3.72)$$

$$e_0 = e + 40 = 162 + 40 = 202 \text{ სმ} \quad (3.73)$$

ნეიტრალური ღერძის მდებარეობა მიიღება ყველა ძალების დაგეგმილებით ჰორიზონტალურ ღერძზე.

$$N_1 = R_b \cdot b \cdot x \quad (3.74)$$

საიდანაც

$$x = \frac{62000}{97 \cdot 100} = 6.4 \text{ სმ} \quad (3.75)$$

თაღის მზიდუნარიანობა მოწმდება გამოსახულებით

$$N_1 \cdot e \leq A_s R_s \cdot (h_0 - a'_s) + x \cdot R_b \cdot (h_0 - 0.5x) \cdot b$$

შესაბამისად

$$62000 \cdot 202 = 12524000 \text{ კგ}\cdot\text{სმ}$$

$$70 \cdot 2100(76.5 - 3.5) + 6.4 \cdot 100 \cdot 97(76.5 - 3.2) = 10731000 + 4550464 = 15281464 \text{ კგ}\cdot\text{სმ}$$

$$12524000 \text{ კგ}\cdot\text{სმ} < 15281464 \text{ კგ}\cdot\text{სმ}$$

ანუ თაღის მზიდუნარიანობა ქუსლის კვეთში უზრუნველყოფილია დროებითი დატვირთვების გატარებისას СНиП 2.05.03-84 მოთხოვნების შესაბამისად.

ცხრილი 3.7.

ძალები თაღის კვეთებში

კვეთი	ძალეა	მუდმივი დატვირთვა-საგან	ტემპერატურისაგან		ბეტონის შეკლებისა-გან	დროებითი დატვირ-თვებისაგან	საანგარიშო ძალები	
			მატებისას	შემცირებისას			ძირითა-დი-დამატები-თი	ძირი-თაღი
კლიტე	M _{მაქ.}	+101.5	-332.0	-332.0	+214.0	+81.41	+728.91	+182.91
	N	+1722.0	+680.0	+680.0	-438.0	+232.0	+836.0	+1954.0
	M _{მოფ.}	+101.5	-332.0	-332.0	+214.0	-18.42	-34.92	+83.08
	N	+1722.0	+680.0	+680.0	-438.0	+169.20	+2133.2	+1891.2
მეოთხედი	M _{მაქ.}	+4.49	-14.95	+14.95	+9.46	+88.0	+116.91	+92.49
	N	+1761.0	+666.0	-666.0	-430.0	+95.78	+760.78	+1856.7
	M _{მოფ.}	+4.49	-14.96	+14.96	+9.46	-60.0	-61.01	-55.51
	N	+1761.0	+666.0	-666.0	-430.0	+265.1	+2252.10	+2026.1
ქუსლი	M _{მაქ.}	-318.6	+1080.0	-1080.0	-760.0	+140.74	+142.24	-177.76
	N	-2006.0	+600.0	-600.0	-387.0	+216.95	+2435.95	+2223.9
	M _{მოფ.}	-318.5	+1080.0	-1080.0	-760.0	-160.84	-2319.84	-479.24
	N	+2006.0	+600.0	-600.0	-387.0	+132.06	+1151.06	+2138.6

ძაღვები თადის ქუსლის კვეთში

კვეთის დასახელება	ძაღვა	მუდმივი დატვირთვისგან	ტემპერატურისგან		ბუნების შესწავლისას	დროებითი დატვირთვებისგან	საანგარიშო ძაღვები	
			მატებისას	შემცირებისას			ძირითადი + დამატებითი	ძირითადი
ქუსლი	$M_{\text{მაქ.}}$	-351.0	+1080.0	-1080.0	-760.0			
	N	-2260.0	+600.0	-600.0	-387.0			
	$M_{\text{ბონ.}}$	-351.0	+1080.0	-1080.0	-760.0	-255.3	-2446.3	-573.8
	N	+2210.0	+600.0	-600.0	-387.0	+191.1	+1514.0	+2401.0

შენიშვნა: ანგარიში შესრულებულია მხოლოდ $M_{\text{min.}}$ და შესაბამისი N ძაღისათვის ყველაზე დაბალ ქუსლის კვეთში.

4. რეკომენდაციები და დასკვნა

მეტეხის ხიდის კონსტრუქციების გამოკვლევის შედეგად დადგინდა, რომ მთლიანობაში ნაგებობა დამაკმაყოფილებელ მდგომარეობაშია, რაიმე დაზიანებები ან დეფექტები, რომლებიც გავლენას მოახდენენ მის მზიდუნარიანობაზე არ დაფიქსირებულა. ამასთან აღინიშნა რიგი დაზიანებებისა და დეფექტებისა, რომლებიც მოქმედებენ ხიდის ხანმედგობასა და საექსპლუატაციო თვისებებზე. კერძოდ:

- 1) რეაბილიტაციას საჭიროებს ხიდზე წყალმოცილების სისტემა;
- 2) რეაბილიტაციას საჭიროებს ხიდის ჰიდროიზოლაცია თანამედროვე მასალების გამოყენებით;
- 3) რეაბილიტაციას საჭიროებს ხიდის მცირე მაღის თაღის ქვედა ზონა;
- 4) რეაბილიტაციას საჭიროებს დიდი მაღის თაღის კონსტრუქციების დამცავი შრე;
- 5) რეაბილიტაციის საჭიროებს მარცხენა ნაპირის ზემომხრის მიწაყრილის დამცავი საფარი.

საბოლოოდ კეთდება დასკვნა, რომ ხიდზე სარეაბილიტაციო სამუშაოების შესრულების შემდეგ, როემლიც უნდა შესრულდეს საპეციალური პროექტით, შესაძლებელია მისი ექსპლუატაცია მოქმედი ტექნიკური პირობების შესაბამისად.

სარეაბილიტაციო სამუშაოების პროექტი უნდა შედგეს ხიდის გამოკვლევის წარმოდგენილი ანგარიშის საფუძველზე.

ლიტერატურა

1. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы. Нормы проектирования. – Москва: Стройиздат, 1984.
2. СНиП III-43-75. Мосты и трубы. Правила производства и приемки работ. – Москва: Стройиздат, 1976.
3. СНиП 3.06.07-86. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. – Москва: Стройиздат, 1986.
4. ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытания нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости.
5. Технический проект моста через р. Кура в Тбилиси (Пояснительная записка и графическая часть).
6. ВСН 32-78. Инструкция по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений автодорожных мостов. – Москва: «Транспорт», 1979.
7. СН 200-62. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. – Москва: Трансжелдориздат, 1962.
8. Технические условия и нормы проектирования искусственных сооружений на городских путях сообщения. – Москва: Минкоммунхоз РСФСР, 1948.
9. Астафьев А.Ф. Строительный справочник по бетону и железобетону. – Ленинград: Стройиздат, 1932.
10. Словинский В.А., Шубитидзе Дж.С. К определению расчетной ширины плит коробчатых блоков. // «Транспортное строительство», №6, Москва, 1985. – с. 16-17.
11. Словинский В.А., Шубитидзе Дж.С. К расчету коробчатых блоков на срез. // «Траспортное строительство», №3, Москва, 1989. – с. 17.

დასასრულებო



სურ. ღ-1. მისასვლელი მიწაყრილის დეფორმირებული კონუსი



სურ. ღ-2 გაბიძნული წყალმიმღები



ურ. ღ-3. დაბზარული საგალი ნაწილის საფარი (მარჯვენა ნაპირთან)



სურ. ღ-4. განივი კავშირის გამოტუტული (მარჯვენა ბოლოში) და დაზიანებული ბეტონი (მარცხენა ბოლოში)



სურ. ღ-5. წყალგონვა მცირე თადის ქუსლში



სურ. ღ-6. გამოტუტვა ტროტუარის კონსოლებში



სურ. ღ-7. გამოტუტვა მცირე თაღში (დერძზე)



სურ. ღ-8. გამოტუტვა მცირე მალის თაღში (ქუსლთან)



სურ. ღ-9. ტროტუარის კონსოლის დაზიანებული და გამოტუტული ბეტონი



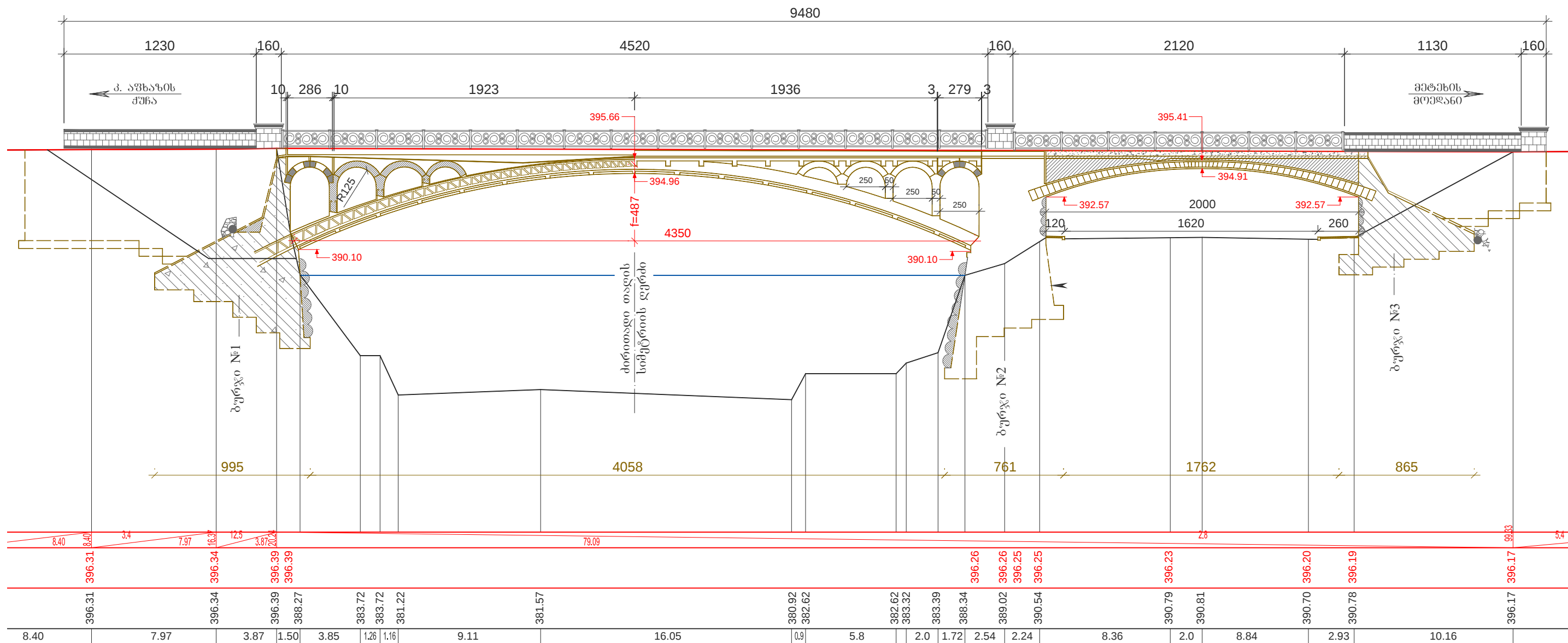
სურ. ღ-10. დაზიანებული მცირე თაღის შესასვლელი (მდინარის მხარე)



სურ. ღ-11. გამოტუტვა სამდინარო მაღის განაპირა თაღში



სურ. ღ-12. გამოტუტვა სამდინარო მაღის თაღებში და შუალედ ბურჯზე

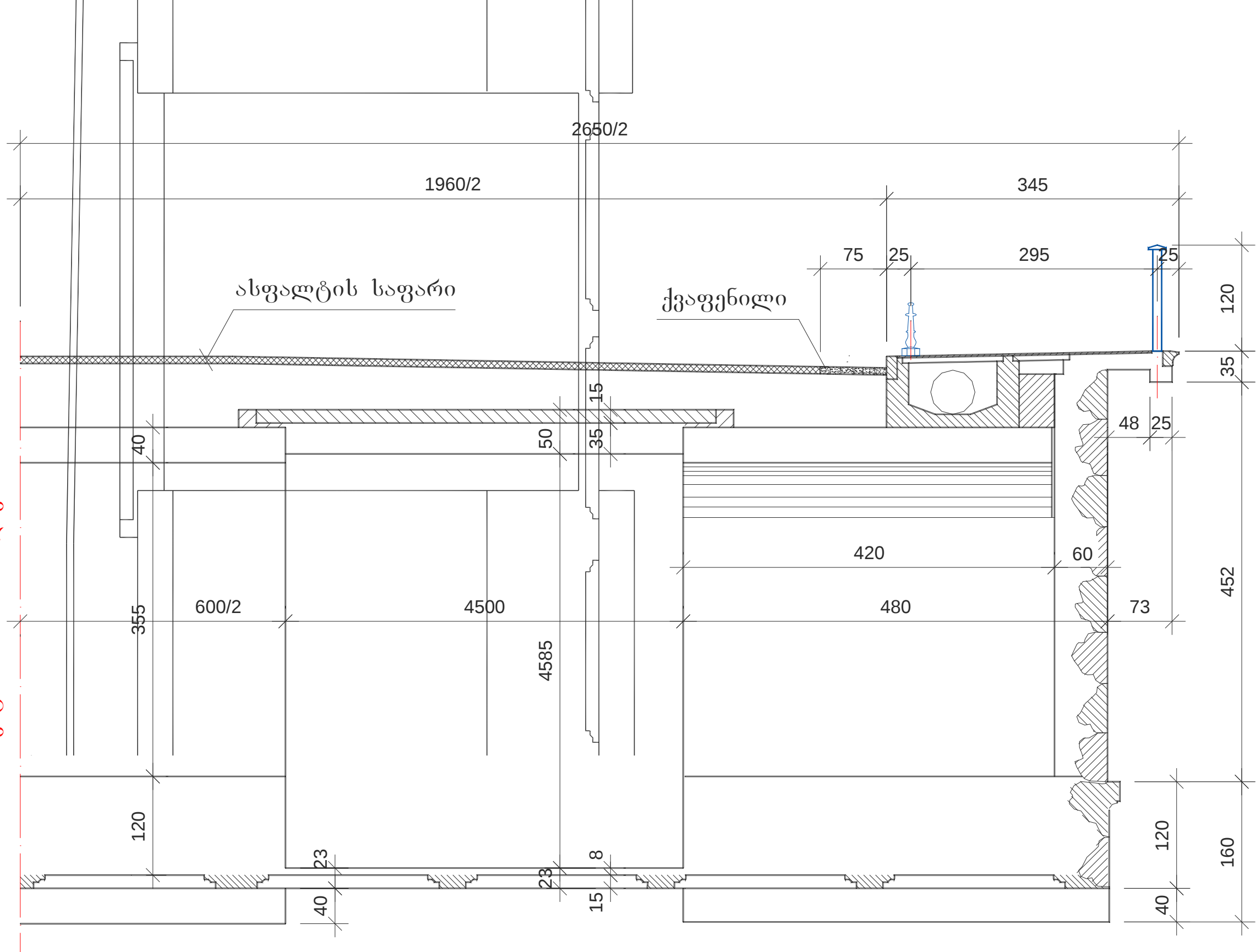


შენიშვნა:

1. ნახაზზე ზომები მოცემულია სანტიმეტრებში

ნახ.დ-2. ხიდის საერთო ხედი

ს ი მ ე ტ რ ი ს ღ ე რ დ ი



ნახ. ღ-8. განივი კვეთი