

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გ. ჯაფარიძე

რკინაბეტონისა და ქვის კონსტრუქციები

დამტკიცებულია სახელმძღვანელოდ
სტუ-ს სარედაქციო – საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

თბილისი
2008 წ.

სახელმძღვანელოში მოცემულია ბეტონისა და არმატურის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშების საფუძვლები და კონსტრუირება. განხილულია ერთსართულიანი და მრავალსართულიანი, სამრეწველო და სამოქალაქო დანიშნულების შენობების რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტების პრინციპები, მათი კონსტრუქციული სქემები და თავისებურებები, ქვისა და დუღაბის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, ქვის წყობის მუშაობა სხვადასხვა დატვირთვისას, მისი გაძლიერება დაარმატურებით. დანართებში მოყვანილია ზოგიერთი საცნობარო მასალა და გაანგარიშების მაგალითები.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია უმაღლესი პროფესიული განათლების სტუდენტებისათვის. გამოსადეგია ბაკალავრიატის და მაგისტრატურის სტუდენტებისა და დოქტორანტურის მსმენელებისათვის. დახმარებას გაუწევს მშენებლობის დარგში მომუშავე სპეციალისტებს.

რედაქტორი პროფ. თ. ხმელიძე

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ 2008 წ.

შესავალი

რკინაბეტონისა და ქვის კონსტრუქციების მშენებლობის და ექსპლუატაციის გამოცდილება და განვითარების ტენდენციები აჩვენებს, რომ ეს მასალები მომავალშიც ფართოდ იქნება გამოყენებული შენობა-ნაგებობების მშენებლობისას.

რკინაბეტონის საყოველთაოდ ცნობილ უპირატესობებთან ერთად, უკანასკნელ ხანს, წინ გამოდის რიგი საკითხების, რომლებიც მნიშვნელოვანია თანამედროვე მშენებლობის წარმოებისათვის: ა) მცირე ენერგოტევალობა. რკინაბეტონის დამზადებისათვის დახარჯული ენერგია 10–15-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე ფოლადის დამზადებისათვის; ბ) უკანასკნელ ხანს ბეტონის სიმტკიცის მკვეთრი ზრდის გამო (B100 და მეტი კლასის) შესაძლებელი გახდა რკინაბეტონის გამოყენება ისეთ კონსტრუქციებში, სადაც მხოლოდ ფოლადის კონსტრუქციები გამოიყენებოდა (მაღლივი შენობები, განსაკუთრებით მაღალი ანძები, დიდი მაღის ხიდები და სხვა); გ) მარტივდება რკინაბეტონის კონსტრუქციების დამზადების ტექნოლოგია მხოლოდ ერთი კლასის (B500 W) უნიფიცირებული არმატურის გამოყენებით; დ) რკინაბეტონის შემდგომ მასალად ინტენსიურად გამოიყენება ენერგეტიკის და მეტალურგიული წარმოების დიდი რაოდენობის ნარჩენები (წიდა, ნაცარი), რაც ეკონომიკურ ეფექტთან ერთად არბილებს გარემოს ეკოლოგიურ დაძაბულობას; ე) რკინაბეტონისა და ქვის კონსტრუქციები წარმატებით გამოიყენება განსაკუთრებულ პირობებში მშენებლობისა და ექსპლუატაციისათვის (მაღალი ტექნოლოგიური ტემპერატურის პირობებში, აგრესიულ გარემოში, მიწისქვეშა ნაგებობებსა და სეისმურად აქტიურ რაიონებში); ვ) იზრდება რკინაბეტონის კვლევისა და სტანდარტიზაციის საკითხებში საერთაშორისო კოორდინაცია (მაგალითად, სტანდარტიზაციის ევროპული კომიტეტის (CEN) შექმნა, რომელიც მრავალ სამშენებლო დარგობრივ კომიტეტს აერთიანებს), რაც რკინაბეტონის გამოყენების შემდგომ გაფართოებაზე მეტყველებს.

უმაღლესი პროფესიული განათლების უნივერსიტეტი ამზადებს კადრებს მშენებლობის ბიზნესის ადმინისტრირებისათვის. ზემოთქმულის საფუძველზე მათ რკინაბეტონისა და ქვის კონსტრუქციების შესწავლა დასჭირდებათ იმისათვის, რომ აითვისონ შენობა-ნაგებობების მზიდი კონსტრუქციების მრავალსახეობა, მათი კონსტრუქციების თავისებურებები, ხოლო გაანგარიშებისა და დაპროექტების მეთოდები და მაგალითები იმ მოცულობით, რაც შეიძლება გამოიყენონ თავის პროფესიულ საქმიანობაში ან უშუალოდ მშენებლობის პროცესში მონაწილეობისას. ამ მოსაზრებების გათვალისწინებით შეიქმნა აღნიშნული სახელმძღვანელო.

სახელმძღვანელო შედგება სამი ნაწილისაგან, რომლებიც წარმოდგენილია 12 თავად.

პირველ ნაწილში, რკინაბეტონის არსის განმარტებისა და მოკლე ისტორიულ ცნობებთან ერთად, მოცემულია ბეტონისა და არმატურის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, რკინაბეტონის ელემენტების სიმტკიცესა და დეფორმაციებზე (პირველი და მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობები) გაანგარიშების საფუძველები.

მეორე ნაწილში განხილულია სამრეწველო და სამოქალაქო დანიშნულების, ერთსართულიანი და მრავალსართულიანი შენობა-ნაგებობების რკინაბეტონის მზიდი კონსტრუქციების კლასიფიკაცია, დაპროექტების პრინციპები და კონსტრუქციული თავისებურებები.

მესამე ნაწილი დათმობილი აქვს ბუნებრივი და ხელოვნური ქვისა და დუღაბის სიმტკიცის და დეფორმაციულობის მახასიათებლებს, ქვის კონსტრუქციების და დაარმატურებული ქვის წყობის (არმოქვის) კონსტრუქციების

სახეობასა და სიმტკიცის მახასიათებლების განხილვასა და გაანგარიშების საფუძვლებს.

დანართებში მოყვანილია ელემენტების და კონსტრუქციების გაანგარიშების რამოდენიმე მაგალითი და გაანგარიშებისათვის საჭირო ზოგიერთი საცნობარო მასალა.

ნაწილი I

რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშების საფუძვლები

1. ზოგადი ცნობები რკინაბეტონის კონსტრუქციების შესახებ

1.1. რკინაბეტონის არსი, დადებითი და უარყოფითი თვისებები

რკინაბეტონში, ბეტონი და მასში გარკვეული წესით განლაგებული ფოლადის ღეროები (არმატურა) რაციონალურად არიან შეერთებული და ქმნიან ერთიან სამშენებლო მასალას კონსტრუქციების, ელემენტებისა და ნაკეთობების დასამზადებლად, ერთობლივად მუშაობენ გარე დატვირთვებისა და ზემოქმედების ასატანად.

ბეტონი კარგად მუშაობს კუმშვაზე, გაცილებით უარესად (დაახლოებით 10...20-ჯერ) – გაჭიმვაზე. ფოლადი კარგად ეწინააღმდეგება, როგორც გამჭიმავ, ისე მკუმშავ ძაბვებს. მათი კონსტრუქციული შეერთებით იქმნება ახალი სამშენებლო მასალა – რკინაბეტონი, რომელშიც სრულად და რაციონალურად გამოიყენება ბეტონისა და ფოლადის დადებითი თვისებები.

ისეთი განსხვავებული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მქონე მასალების, როგორც ბეტონი და ფოლადია, ერთობლივი მუშაობა შემდეგი მიზეზებით არის განპირობებული:

ა) ბეტონსა და არმატურას შორის წარმოიქმნება მნიშვნელოვანი ხახუნის ძალები, განსაკუთრებით პერიოდული პროფილის არმატურის ნაშევრებზე ბეტონის მოჭიდებით. გარდა ამისა, ბეტონი გამყარებისას მოცულობაში კლებულობს და მჭიდროდ შემოეკვრება არმატურას, ცემენტი ჰიდრატაციისას დაკრისტალდება ფოლადის ღეროებზე და „შეწებება“ მას. ამის გამოა, რომ რკინაბეტონის ელემენტი მუშაობს როგორც ერთიანი, მონოლითური სხეული.

ბ) ბეტონისა და ფოლადის ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტი თითქმის ერთნაირია, რის გამოც ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში გარემოს ტემპერატურის ცვლილებების შედეგად (-40°C –დან $+50^{\circ}\text{C}$ –მდე) მათი მონოლითური ერთიანობა არ ირღვევა.

გ) ნორმალური შედგენილობის ბეტონის დამცველი შრე (ფენა) (20...30 მმ) უზრუნველყოფს არმატურის დაცვას კოროზიისაგან, ხანმოკლედ მოქმედი მაღალი ტემპერატურისა და მექანიკური დაზიანებისაგან.

რკინაბეტონის დადებითი თვისებებია:

- ა) შედარებითი სიიარავე, გამოწვეული ადგილობრივი საშენი მასალის (ქვიშა, ხრეში) გამოყენებით და ცემენტის წარმოების დიდი მოცულობით;
- ბ) მაღალი მექანიკური სიმტკიცე, განსაკუთრებით კუმშვაზე;
- გ) ხანძარმედეგობა – 3...4 საათის განმავლობაში ხანძრის ზემოქმედების შედეგად სიმტკიცე უმნიშვნელოდ მცირდება;
- დ) ხანგამძლეობა – რკინაბეტონის კონსტრუქციები საუკუნეზე მეტხანს ძლებს;
- ე) მაღალი მედეგობა ატმოსფერული ზემოქმედებისადმი;
- ვ) სეისმური და სხვა დინამიკური დატვირთვებისადმი მაღალი წინააღობა;
- ზ) მცირე საექსპლუატაციო ხარჯები;
- თ) ნებისმიერი ფორმის კონსტრუქციის დამზადების შესაძლებლობა;
- ი) დამზადების შედარებით მცირე ენერგოტევადობა.

რკინაბეტონის უარყოფითი თვისებებია:

- ა) მაღალი საშუალო სიმკვრივე (მაღალი მოცულობითი მასა);
- ბ) მაღალი ბგერა- და თბოგამტარობა;
- გ) დამზადებული კონსტრუქციის გადაკეთების (რეკონსტრუქციის) სირთულე;
- დ) გამყარების (განმტკიცების) დიდი დრო (28 დღე ნორმების მიხედვით);

- ე) ბზარების წარმოქმნა, როგორც არაძალისმიერი მიზეზით (შეკლება, ტემპერატურის ცვლილება), ისე ძალისმიერი ზემოქმედებისაგან;
- ვ) გარემოს მაღალი ან დაბალი ტემპერატურისას დამზადების სიძნელე.

აღნიშნული უარყოფითი თვისებების შერბილება ხდება სათანადო სპეციალური ღონისძიებების მეშვეობით: მსუბუქი ბეტონის გამოყენებით, წინასწარი დაძაბვით, გამყარებისას თბური ან ავტოკლაეური დამუშავებით და სხვა.

1.2. მოკლე ისტორიული ცნობები

რკინაბეტონის კონსტრუქციები სხვა მასალებისაგან დამზადებულ კონსტრუქციებთან შედარებით (ქვა, ლითონი, ხე) მხოლოდ XIX საუკუნის 50–იანი წლებიდან გვხვდება, როდესაც საჭირო გახდა დიდი რაოდენობის ქარხნების, ფაბრიკების, ხიდების, ნავსადგურებისა და სხვა საინჟინრო ნაგებობების მშენებლობა. რკინაბეტონის წარმოშობის ტექნიკური შესაძლებლობები უკვე არსებობდა – ცემენტის წარმოება და შავი მეტალურგია საკმაოდ იყო განვითარებული. 1855 წელს პარიზის საერთაშორისო გამოფენაზე წარმოდგენილი იყო 1850 წელს ფრანგ ლამბოს მიერ დამზადებული მავთულის ბადით და ცემენტის ხსნარით შეღესილი ნავი. პირველი პატენტები რკინაბეტონის სამშენებლო ნაკეთობების დამზადებაზე 1857...1870 წლებში მიიღო მონიემ (საფრანგეთი). რკინაბეტონის ფართო გავრცელებას თან მოჰყვა გაანგარიშების მეთოდების შემუშავება, რომლებიც მანამდე არსებული ქვისა და თუჯის კონსტრუქციებისათვის იყო განკუთვნილი (კონსიდერი, ჰენებიკი, მერში და სხვა). 1888...1896 წლებში პროფ. ნ.ბოგოლუბსკის ძალისხმევით რუსეთში გავრცელდა რკინაბეტონის კონსტრუქციები და 1913 წლისათვის მშენებლობის პრაქტიკაში უკვე 3.5 მილიონ მ³-მდე ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები იყო გამოყენებული. 1930 წლებიდან მონოლითურ რკინაბეტონთან ერთად დაიწყო ასაწყობი კონსტრუქციების გამოყენებაც. ამავე წლებიდან იწყება გაანგარიშების ახალი თეორიის – მრღვევ ძალვათა მეთოდის ძირითადი საფუძვლების შემუშავება (ა. ლოლეიტი), რომელიც უფრო მარტებულად ასახავდა რკინაბეტონის ნამდვილ მუშაობას, ითვალისწინებდა რა მუშაობის რეალურ თვისებებს – დრეკადთან ერთად არადრეკადი დეფორმაციების არსებობას. უკვე 1938 წელს გამოიცა ნორმატიული დოკუმენტები, რომლებშიც რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშებას საფუძვლად დაედო აღნიშნული მრღვევ ძალვათა მეთოდი. აქ მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს ა. გვოზდევმა და პ. პასტერნაკმა.

საბჭოთა კავშირში (მაშასადამე, საქართველოშიც) რკინაბეტონის შემდგომ განვითარებას ხელი შეუწყო გაანგარიშების ახალი თეორიის შემუშავებამ – ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშების მეთოდმა, რომელიც შეტანილი იყო 1955 წლის სამშენებლო ნორმებსა და წესებში. ბეტონის და რკინაბეტონის შემდგომი გამოკვლევების საფუძველზე წლების განმავლობაში ხდებოდა ამ მეთოდის დაზუსტება, რკინაბეტონის ახალი თვისებების გამოვლენა და კვლევა, რამაც თანდათან ასახვა ჰპოვა 1962...1975, და 1984 წლების სამშენებლო ნორმებსა და წესებში. უკანასკნელ წლებში შემუშავებულია ევროპაში მოქმედი სამშენებლო ნორმები (ევროკოდი) და ამერიკის ნაციონალური სამშენებლო ნორმები.

საქართველოს მშენებლობის დიდი ტრადიციები აქვს. უძველესი დროიდან აგებულია მონუმენტური ნაგებობები, რომლებიც უნიკალურებია, როგორც არქიტექტურული, ისე კონსტრუქციული თუ მშენებლობის წარმოების ტექნოლოგიის თვალსაზრისით. საბჭოთა პერიოდში სამრეწველო და სამოქალაქო მასობრივი მშენებლობისათვის აიგო მრავალი სახლთსაშენებელი კომბინატი, ქარხანა, სამშენებლო პოლიგონი და ა.შ., სადაც ძირითადად მზადდებოდა

რკინაბეტონის ტიპობრივი, უნიფიცირებული ასაწყოები კონსტრუქციები. ამჟამად სამოქალაქო მშენებლობაში (უმეტესად მონოლითურში) ფართოდ გამოიყენება რკინაბეტონის კონსტრუქციები, რომელთა გაანგარიშება, კონსტრუირება, მშენებლობის წარმოების ტექნოლოგია და ორგანიზაცია (მენეჯმენტი) ხდება ამ დარგში უახლესი მიღწევების გათვალისწინებით. 2007 წელს დამუშავდა საქართველოს სამშენებლო ნორმები და წესები – ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები (პნ 03.01-07), რომელიც საფუძველი გახდება საქართველოში ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების მშენებლობისათვის.

1.3. რკინაბეტონის გამოყენება, დამზადება და განვითარების პერსპექტივა

რკინაბეტონი შესაბამისი ოპტიმალური ფორმით, მშენებლობის ყველა დარგში გამოიყენება: ერთ- და მრავალსართულიან სამრეწველო და სამოქალაქო შენობებში მზიდი კარკასის, სართულშორისო გადახურვის, საკედლე პანელების, მიწისქვეშა კოჭების, საძირკვლების და სხვათა სახით; დიდი ტევადობის სამოქალაქო ნაგებობებში: სტადიონები, თხელკედლიანი რკინაბეტონის გარსით გადახურული სპორტის სასახლეები და ბაზრები; ფართოდ გამოიყენება ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში (ელექტროსადგურები, კაშხლები, სადაწნო კოშკები, არხები და სადაწნო მილები); საინჟინრო ნაგებობებში: ხიდების, გვირაბების, მეტროპოლიტენის, ესტაკადების, რეზერვუარების, სილოსებისა და ბუნკერების, საყრდენი კედლების, სატელევიზიო ანძების, საკვამლე მილების, მაღალი ძაბვის გადამცემი სადენების საყრდენების, რკინიგზის შპალებისა და სხვათა მშენებლობაში; ატომური ელექტროსადგურების მშენებლობისას ძირითადი სამშენებლო მასალა რკინაბეტონია. რკინაბეტონთან ერთად ფართოდ გამოიყენება ბუნებრივი და ხელოვნური ქვის კონსტრუქციები: სვეტებში, საძირკვლებში, მზიდ კედლებში, მასიურ საყრდენ კედლებში და სხვა.

რკინაბეტონის ელემენტების აგების ხერხი (ასაწობი, მონოლითური და ასაწობ-მონოლითური) დაპროექტების ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე შეირჩევა: საერთო ღირებულების, ენერგოტევადობის, შრომატევადობის, საიმედოობის, ხანგამძლეობისა და აგების ტექნოლოგიურობის მიხედვით.

ასაწობი რკინაბეტონის ელემენტებისაგან შენობა-ნაგებობის აგება ინდუსტრიულია, რადგან ელემენტები სპეციალურ ქარხნებში ან პოლიგონებზე მზადდება, ხოლო მონტაჟი მექანიზებულია. შესაძლებელია კონსტრუქციის დამზადება და მონტაჟი ზამთარში; აგების შრომატევადობა 3..4-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე მონოლითურის; მცირდება მშენებლობის ვადები. ასაწობი რკინაბეტონის კონსტრუქციების გამოყენება მიზანშეწონილია ისეთ ნაგებობაში, სადაც ელემენტების ტიპების რაოდენობა მცირეა და თუ ეს ელემენტები გამოდგება სხვადასხვა დანიშნულების შენობებში. ასაწობი, ტიპობრივი ელემენტების შესაქმნელად საჭირო გახდა კონსტრუქციული სქემების, გეომეტრიული ზომების და დატვირთვების ტიპიზაცია და უნიფიკაცია.

ასაწობი რკინაბეტონის მთავარი ნაკლია: საწარმოო ბაზის შესაქმნელად, საჭიროების შემთხვევაში, რეკონსტრუქციისა და მოდერნიზაციისათვის მნიშვნელოვანი დანახარჯები, ნაკეთობების მშენებლობის ადგილამდე მიტანის სატრანსპორტო დანახარჯები, ელემენტებს შორის პირაპირების მოწყობისა და შენობის სივრცითი სიხისტის უზრუნველყოფისათვის გაწეული დამატებითი ხარჯები.

ზემოთ მოყვანილი ნაკლისაგან თავისუფალია მონოლითური რკინაბეტონი, რადგან მონოლითური რკინაბეტონის კონსტრუქციების აგებისას ადგილზე ხდება ყალიბების დაყენება, შიგ არმატურის კარკასების მოწყობა და დაბეტონება. მაგრამ ასეთი კონსტრუქციები ნაკლებად ინდუსტრიულია, შრომატევადი, ასაწობთან

შედარებით დიდია ერთდროული დანახარჯები ყალიბის, ხარაჩოსა და ფიცარნავის მოსაწყობად, ზამთარში აგება ძნელდება ან დამატებით ხარჯს მოითხოვს ბეტონის შესათბობად, საკმაოდ დიდი დროა საჭირო ბეტონის საპროექტო სიმტკიცის მისაღწევად, ამიტომ მონოლითური რკინაბეტონი უპირატესად გამოიყენება ნაგებობაში, რომლის დანაწევრება ტიპობრივ ელემენტებად ძნელია ან მოეთხოვება განსაკუთრებული სიხისტე (უნიკალური რთული გეგმარების ერთეული შენობები, ჰიდროტექნიკური ნაგებობა, დინამიკური დატვირთვის ქვეშ მომუშავე საძირკველი და სხვა). აღსანიშნავია, რომ უკანასკნელ ხანს მოხდა მონოლითური მშენებლობის მნიშვნელოვანი ინდუსტრიალიზაცია: იყენებენ რაციონალურ, ასაწყო ყალიბებს და ხარაჩოებს, ბეტონი და არმატურის ნაკეთობები (კარკასები, ბადეები) მზადდება სპეციალურ ქარხნებში და ტრანსპორტით მიეწოდება სამშენებლო მოედანზე, ბეტონის ნაზავის მიწოდება და ჩაწობა მექანიზებულია და ა.შ.

ასაწობ – მონოლითური რკინაბეტონის გამოყენებისას ასაწობ ელემენტებს უტოვებენ არმატურის ნაშევრებს, მონოლითურისაგან განსხვავებით აღარ არის საჭირო მთლიანი ყალიბები, ხდება მხოლოდ კვანძში არმატურის სათანადოდ შედუღება და დაბეტონება. ასაწობთან შედარებით მიიღწევა უფრო მაღალი მონოლითურობა, ოღონდ ნაკლებად ინდუსტრიულია და უფრო შრომატევადი. მათი გამოყენება მიზანშეწონილია შენობებში, სადაც მოსალოდნელია მნიშვნელოვანი სიდიდის დატვირთვები და კვანძებს მოეთხოვება უფრო მაღალი სიმტკიცე, ვიდრე ასაწობშია შესაძლებელი.

ბეტონი და რკინაბეტონი არის და დიდი ხნის განმავლობაში იქნება მნიშვნელოვანი მასალა მზიდი კონსტრუქციების მშენებლობაში. ეს აისახება მჭიდრო მასალების და შემავსებლების დასამზადებელი ნედლეულის დიდი რაოდენობით მოპოვების, მძიმე მრეწველობის ძალიან დიდი რაოდენობის ნარჩენების (წიდა, ნაცარი) და ძველი ნაგებობების რეკონსტრუქციის შედეგად მეორადი მასალების გამოყენების შესაძლებლობებით და ყველა იმ დადებითი თვისებებით, რომელიც მათ ახასიათებთ.

ამჟამად რკინაბეტონის წარმოების განვითარებისა და სრულყოფის ძირითადი მიმართულებებია:

ა) ისეთი ახალი კონსტრუქციული გადაწყვეტის შემუშავება, რომელიც შესაძლებლობას იძლევა: შემცირდეს ელემენტის მასა, უფრო სრულად იქნეს გამოყენებული მასალების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, გამოვიყენოთ ადგილობრივი მასალები, მაღალი კლასის ბეტონი (B100 და მაღალი) და მაღალი სიმტკიცის არმატურა (1000 მგპა და მეტი), ვცვალოთ ბეტონის თვისებები პლასტიფიკატორებისა და სხვა დანამატებით, მზა ბეტონი გავუდინოთ მონომერებით, დავამზადოთ კონსტრუქციები მექანიზებული და ავტომატიზებული ხერხით;

ბ) კონსტრუქციების ხანგამძლეობის, საიმედოობისა და ტექნოლოგიურობის გაზრდა, დაყვანილი ხარჯების, მასალატევადობის, ენერგოტევადობის, დამზადებისა და მონტაჟის შრომატევადობის შემცირება;

გ) გაანგარიშების ახალი, დაზუსტებული მეთოდების შემუშავება, ეგმ-ის გამოყენებით გაანგარიშების მეთოდების დაზუსტება;

დ) წინასწარ დასახული თვისებების მქონე ბეტონის შედგენილობის შერჩევისა და დამზადების მეთოდების სრულყოფა;

ე) ბეტონის გამყარების ვადების რეგულირება.

ზემოთ ჩამოთვლილი მიზნების რეალიზაციისათვის საჭიროა ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევების განვითარება, კონსტრუქციული გადაწყვეტების, დამზადებისა და შენობა-ნაგებობების აგების ტექნოლოგიის სრულყოფა, რასაც მაღალი კვალიფიკაციის მშენებელთა კადრები დასჭირდება.

საკონტროლო საკითხები

1. რა არის რკინაბეტონის ელემენტის მუშაობის არსი.
2. რით არის უზრუნველყოფილი ბეტონისა და ფოლადის არმატურის ერთობლივი მუშაობა.
3. რა დადებითი და უარყოფითი თვისებები ახასიათებს რკინაბეტონს.
4. როგორი სახის რკინაბეტონის კონსტრუქციები მზადდება.
5. შემდგომი განვითარების რა პერსპექტივები აქვს რკინაბეტონს.

2. ბეტონის, არმატურისა და რკინაბეტონის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

2.1. ბეტონების კლასიფიკაცია

ბეტონი, რომელიც გამოიყენება რკინაბეტონის კონსტრუქციაში უნდა იყოს გარკვეული წინასწარ დადგენილი თვისებების: საკმარისი სიმტკიცის, არმატურასთან კარგი შეჭიდულობის, საკმარისი სიმკვრივის (სიმჭიდროვის) კოროზიისაგან არმატურის დასაცავად. ნაგებობის დანიშნულებისა და ექსპლუატაციის პირობების მიხედვით ბეტონმა აგრეთვე უნდა დააკმაყოფილოს: ყინვამდებობის, წყალშეუღწევობის, აგრესიული გარემოსადმი მდებობის და სხვა მოთხოვნები.

ბეტონების კლასიფიკაცია ხდება შემდეგნაირად:

ა) ძირითადი დანიშნულების მიხედვით: კონსტრუქციული – გამოიყენება მზიდ კონსტრუქციაში, სპეციალური – მხურვალმდევი (გამოიყენება მაღალი ტექნოლოგიური ტემპერატურის პირობებში მუშაობისას), მუავამდევი (გამოიყენება აგრესიულ გარემოში ექსპლუატაციისას), რადიოაქტიური გამოსხივებისაგან დამცველი, დიდი საშუალო სიმკვრივის ბეტონი და სხვა.

ბ) მჭიდა მასალების სახეობის მიხედვით: ცემენტის, კირის, წიღის და სპეციალური დანიშნულების შემკვრელებზე;

გ) შემესებების მიხედვით: მკვრივი შემესებები მძიმე ბეტონებისათვის, ფოროვანი შემესებები მსუბუქი ბეტონებისათვის და სპეციალური შემესებები მხურვალმდევი ან ქიმიური გარემოსადმი მდებვი ბეტონებისათვის;

დ) სტრუქტურის მიხედვით: მკვრივი სტრუქტურის (შემესებებს შორის სივრცე მთლიანად შევსებულია გამყარებული მჭიდა მასალით), ფოროვანი, დაფოროვნებული, უჯრედოვანი და მსხვილფოროვანი სტრუქტურის;

ე) გამყარების პირობების მიხედვით: ბუნებრივი გამყარების, თბური დამუშავების (ატმოსფერული წნევისას), ავტოკლავური დამუშავების (მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში);

ვ) შემესებების სისხოს მიხედვით: ჩვეულებრივი ბეტონი მსხვილ და წვრილ შემესებებზე და წვრილმარცვლოვანი, მკვრივი სტრუქტურის ბეტონი, დამზადებული ცემენტის მჭიდა მასალისა და წვრილი, მკვრივი შემესებების – ქვიშის გამოყენებით;

ზ) საშუალო სიმკვრივის მიხედვით: ზემძიმე – 2500 კგ/მ³–ზე მაღალი საშუალო სიმკვრივის, მძიმე – 2200... 2500 კგ/მ³, შემსუბუქებული – 1800... 2200 კგ/მ³, მსუბუქი – 500... 1800 კგ/მ³.

მზიდი რკინაბეტონის კონსტრუქციებისათვის გამოყენებული ბეტონები შემოკლებულად იწოდება: მძიმე ბეტონი (მჭიდა მასალა – ცემენტი, შემესებები – მკვრივი სტრუქტურის დამსხვრეული მთის ქანები, ღორღი ან მდინარის ხრეში და კვარცის ქვიშა), მსუბუქი ბეტონი (მჭიდა – ცემენტი, შემესებები – ფოროვანი,

ბუნებრივი (პემზა, ტუფი, ნიჟარქვა), ხელოვნური (კერამზიტი, წიდა და სხვა) მსხვილი და წვრილი შემესებები.

2.2. ბეტონის სიმტკიცე

ბეტონის სიმტკიცე მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, რომელთა შორის ძირითადია: ხნოვანება, გამყარების პირობები, გამოსაცდელი ნიმუშის ფორმა და გეომეტრიული ზომები, დაძაბული მდგომარეობის ხასიათი (კუმშვა, გაჭიმვა, ჭრა), დატვირთვის მოქმედების ხანგრძლივობა და სხვა.

ბეტონის სიმტკიცე იზრდება დროის განმავლობაში. უფრო ინტენსიურად პირველ 28 დღეს. შემდგომში ზრდას განაგრძობს წლების განმავლობაში, შედარებით ნაკლები ინტენსიურობით, თუ ამის სათანადო ხელის შეშეშობი პირობებია (საკმარისი ტენიანობა და ტემპერატურა). მაღალი ტემპერატურა და ტენიანობა მნიშვნელოვნად აჩქარებს გამყარების პროცესს, ამიტომ ქარხნებში რკინაბეტონის ნაკეთობები სპეციალურ თბურ და ტენიან გარემოში მუშავდება, 80...90 °C ტემპერატურისა და 90...100% ტენიანობის პირობებში. შედარებით მცირე ზომის ელემენტები კი – ავტოკლავში, ორთქლის 0,8 მგპა წნევისა და 170 °C ტემპერატურის პირობებში. უკანასკნელ შემთხვევაში ბეტონის საპროექტო სიმკვრივე 12 საათის განმავლობაში შეიძლება მივიღოთ. +5 °C-ზე დაბალ ტემპერატურაზე ბეტონის გამყარება მკვეთრად შენელებს, ხოლო -10 °C-ზე პრაქტიკულად შეწყდება.

რკინაბეტონის კონსტრუქციებში ბეტონი ძირითადად კუმშვაზე მუშაობს, ამიტომ ბეტონის სიმტკიცის ძირითად მახასიათებლად მიღებულია სიმტკიცე კუმშვაზე. ყველა სხვა სიმტკიცის მახასიათებლები (გაჭიმვაზე, ჭრაზე და ახლენაზე, თელვაზე, მრავალჯერად, ხანგრძლივ და სწრაფ დატვირთვისას) დამოკიდებულია სიმტკიცეზე კუმშვის მიხედვით, გამოითვლება ემპირიული ფორმულებით (საჭიროების შემთხვევაში სპეციალური ნიმუშების გამოცდით) და მოცემულია სათანადო ნორმებში ცხრილების სახით.

ბეტონის სიმტკიცედ კუმშვის დროს მიღებულია 150X150X150 მმ ზომის ბეტონის კუბის დროებითი წინაღობა, 20 ± 25 °C გრადუსი ტემპერატურისა და არა უმცირესი 90% ტენიანობის პირობებში გამყარების 28-ე დღეს კუმშვაზე გამოცდისას. აღნიშნულ სიმტკიცეს კუბური სიმტკიცე ეწოდება, აღინიშნება R -ით და არის ის ძაბვა, რომელიც განვითარდება კუბურ ნიმუშში უშუალოდ რღვევისას.

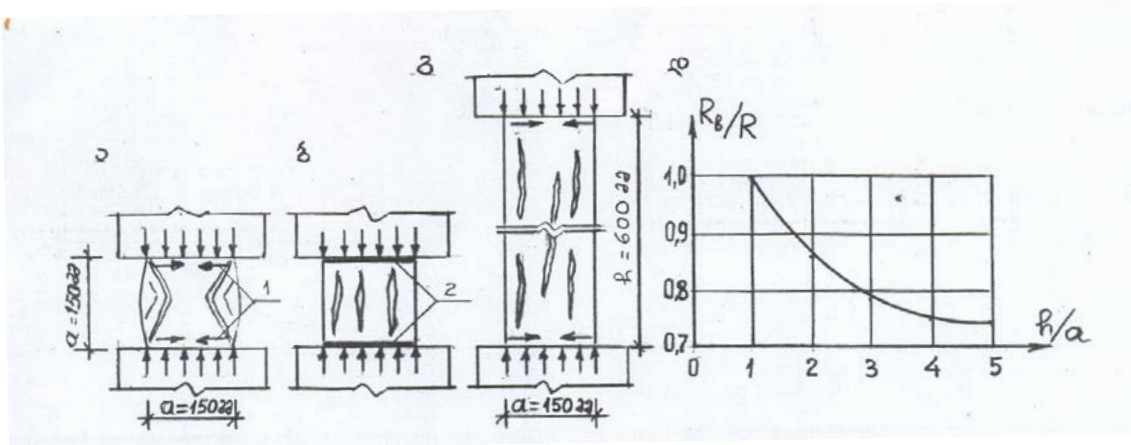
$$R = \frac{F}{A_b} \text{ (მგპა)}, \quad (2.1)$$

აქ F მრღვევი ძალაა, A_b – კუბის ზედაპირის ფართობი.

ცდებით დადგინდა, რომ ბეტონის შეკუმშული ნიმუში (მათ შორის კუბიც) ირღვევა ბეტონის გახლენით მკუმშავი ძალის მიმართულების მართობულად, რაც გამოწვეულია ბეტონის ტანში სიცარიელებთან (ფორებთან) და შემესების მტკიცე მარცვლებთან, მკუმშავი და გამჭიმავი ძაბვების კონცენტრაციით. რადგან ბეტონის სიმტკიცე გაჭიმვაზე მკვეთრად ნაკლებია, ვიდრე კუმშვაზე ამიტომ რღვევაც გამჭიმავი ძაბვებისაგან ხდება და ბზარებიც მკუმშავი ძალების პარალელურად ვითარდება. თუ დაეუკვირდებით ბეტონის კუბის რღვევის სქემას (ნახ.1,ა), აქ ბზარები სხვანაირად ვითარდება, რაც გამოწვეულია იმით, რომ ხახუნის ძალები წარმოქმნილი წნეხის ბალიშსა და კუბის ზედაპირს შორის ბეტონს ჰორიზონტალური მიმართულებით თავისუფალი დეფორმაციის საშუალებას არ აძლევს. თუ ამ ძალებს კუბის ზედაპირის გაპოხვით მოვსპობთ, მივიღებთ რღვევის მოსალოდნელ სქემას (ნახ.1,ბ). ნორმების მიხედვით კუბი გამოიცდება საპოხის გარეშე. ხახუნის ძალების გავლენით ბეტონის ერთი და იმავე შედგენილობის კუბური ნიმუშის სიმტკიცე დამოკიდებულია მის ზომებზე: რაც ნაკლებია კუბის

წიბოს ზომა – მეტია სიმტკიცე (უფრო მნიშვნელოვანია ხახუნის გავლენა). ამიტომ არის, რომ კუბის სიმტკიცე, რომლის წიბო 100 მმ-ის ტოლია, უდრის $1,12R$ –ს, ხოლო კუბისა, რომლის წიბოც 200 მმ-ის ტოლია – $0,93R$ –ს.

რადგან რეალური ელემენტები ფორმით განსხვავდება კუბისაგან, კუბური სიმტკიცე ბეტონის სიმტკიცეს რეალურად ვერ ასახავს, ამიტომ უშუალოდ გაანგარიშებებში არ იხმარება. იგი ეტალონური სიდიდეა და გამოიყენება მხოლოდ ბეტონის ხარისხის კონტროლისათვის.



ნახ. 1. ბეტონის სიმტკიცის განსაზღვრა:
1 – ხახუნის ძალები; 2 – საპოხი

ბეტონის პრიზმის კუმშვაზე გამოცდის შედეგად დადგინდა, რომ h სიმაღლის ფუძის გვერდის a ზომასთან შეფარდების გაზრდით სიმტკიცე კლებულობს (ნახ.1,დ). როდესაც $h/a \geq 4$ სიმტკიცე პრაქტიკულად სტაბილური ხდება და ტოლია $0,7...0,8R$ –ის. ეს გარემოება იმით აიხსნება, რომ პრიზმის ფუძეებთან აღძრული ხახუნის ძალები გავლენას ახდენენ პრიზმის მხოლოდ ბოლოებთან ახლოს, ხოლო შუა ნაწილი თავისუფალია ამ გავლენისაგან და ირღვევა ძალის პარალელური მიმართულების ბზარებით (ნახ.1,გ), უფრო ნაკლებ დატვირთვაზე, ვიდრე კუბური ნიმუში. სტანდარტულ პირობებში გამყარებულ, სტანდარტული პრიზმის 28-ე დღეს გამოცდის შედეგად მიღებულ R_b სიმტკიცეს პრიზმული სიმტკიცე ეწოდება. იგი არის ბეტონის რეალური სიმტკიცე, რომელიც გაანგარიშებებში გამოიყენება.

პრიზმული სიმტკიცე შეიძლება გამოითვალოს ფორმულითაც

$$R_b = \varphi R, \text{ სადაც } \varphi = 0,77 - 0,001R \geq 0,72; \quad (2.2)$$

გაჭიმვაზე სიმტკიცე გამოითვლება ემპირიული ფორმულით

$$R_{bt} = 5R/(45 + R), \text{ ან } R_{bt} = 0,5\sqrt[3]{R^2}; \quad (2.3)$$

ჭრაზე სიმტკიცის ფორმულაა

$$R_{b,sh} = 0,7\sqrt{R_b R_{bt}}, \text{ ახლესაზე } R_{b,sh} = (1,5...2)R_{bt}; \quad (2.4)$$

თელვაზე (ადგილობრივ კუმშვაზე) სიმტკიცე

$$R_{b,loc} = \varphi_b R_b; \text{ აქ, } \varphi_b = \sqrt[3]{A_{loc,2}/A_{loc,1}} \quad (2.5)$$

$A_{loc,1}$ – თელვის ფართობი, $A_{loc,2}$ – საანგარიშო ფართობი.

მრავალჯერ განმეორებადი დატვირთვის მოქმედებისას სიმტკიცე ტოლია: კუმშვისას $\gamma_{bt}R_b$, გაჭიმვისას $\gamma_{bt}R_{bt}$, სადაც γ_{bt} – მრავალჯერ განმეორებადი დატვირთვის მოქმედებისას მუშაობის პირობების გამოვალისწინებელი კოეფიციენტი ($\gamma_{bt}=0,75\dots 1$).

ხანგრძლივად მოქმედი დატვირთვისას (რაც ძირითადად მოქმედებს რკინაბეტონის ელემენტებზე) ბეტონში ვითარდება მნიშვნელოვანი პლასტიკური (არადრეკადი) დეფორმაციები (ცოცვადობა), იცვლება სტრუქტურა და სიმტკიცე მცირდება 10...20%-ით.

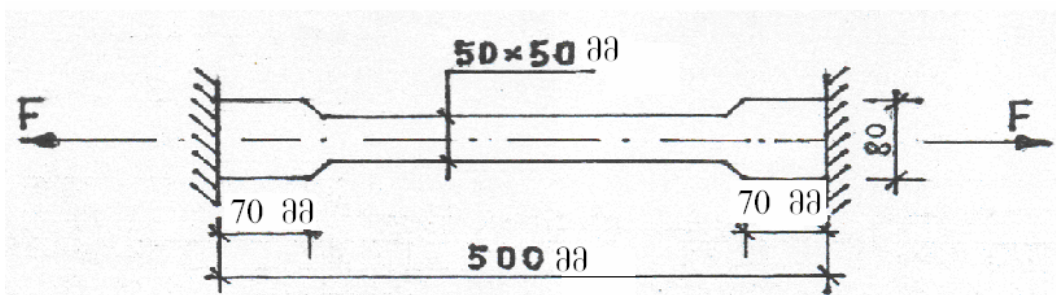
სწრაფად მოქმედი დინამიკური დატვირთვისას (დარტყმა, აფეთქება, სეისმური ბიძგი) ბეტონში არადრეკადი დეფორმაციები განვითარებას ვერ ასწრებს, სტრუქტურა თითქმის არ იცვლება, მუშაობს, როგორც დრეკადი სხეული და წინაღობა იზრდება 20...30%-ით, ვიდრე სტანდარტულ პირობებში გამოცდილი ბეტონის ნიმუშის სიმტკიცე.

2.3. ბეტონის კლასი და მარკა

რკინაბეტონის კონსტრუქციის დაპროექტებისას, მისი დანიშნულებისა და ექსპლუატაციის პირობების მიხედვით, ნორმებით დადგენილია ბეტონის ხარისხის მაჩვენებლები, რომელთა შორის მთავარია: ბეტონის კლასი სიმტკიცის მიხედვით კუმშვასა და გაჭიმვაზე და მარკა: ყინვამდევობის, წყალშეუღწევობის, საშუალო სიმკვრივისა და თვითდაძაბვის მიხედვით.

ბეტონის B კლასი სიმტკიცის მიხედვით კუმშვაზე არის სიმტკიცის ის კონტროლირებული მინიმუმი, რომლის სტატისტიკური ალბათობის საიმედოობა არის 0,95. კლასი მიიღება სტანდარტული რაოდენობის 150X150X150 მმ ზომის კუბური ნიმუშის კუმშვაზე გამოცდით, 20 ± 2 °C ტემპერატურისა და არანაკლებ 90% ტენიანობის პირობებში გამტკიცების 28-ე დღეს. ნორმებში მოყვანილია ბეტონის კლასები B3,5-დან B60-მდე, სადაც რიცხვი შეესაბამება სიმტკიცის კონტროლირებულ მინიმუმს კუმშვაზე, გამოსახულს მეგაპასკალებით.

ბეტონის B_t კლასი სიმტკიცის მიხედვით გაჭიმვაზე განისაზღვრება ანალოგიურად, ოღონდ შესაბამისი ნიმუშის (ნახ.2) გამოცდით გაჭიმვაზე, ან გამოითვლება ემპირიული ფორმულებით. ნორმებში მოცემულია ბეტონის კლასები გაჭიმვაზე B_{t0,8}-დან B_{t3,2}-მდე.



ნახ. 2. ბეტონის გაჭიმვაზე გამოსაცდელი ნიმუში

ბეტონის მარკა, როგორც ზემოთ აღინიშნა, განსაზღვრავს ბეტონის ხარისხს სხვადასხვა თვისების მიხედვით:

ა) ბეტონის მარკა ყინვამდევობის მიხედვით – F5-დან F500-მდე. აქ რიცხვი უჩვენებს გაყინვა-გაღბობის ციკლების იმ რაოდენობას, რომლის შემდეგ

ბეტონის სიმტკიცე შედარებით უმნიშვნელოდ მცირდება (15%-მდე). მარკა ყინვამდებობის მიხედვით ინიშნება ისეთი კონსტრუქციისათვის, რომელიც ექსპლუატაციისას დატენიანებულ მდგომარეობაში განიცდის მონაცვლეობით მრავალჯერად გაყინვა-გაღებობას;

ბ) ბეტონის მარკა წყალშეუღწევობის მიხედვით – W2-დან W12-მდე. რიცხვი არის წყლის ჰიდროსტატიკური დაწნევა კგ/სმ²-ობით, რომლის დროსაც 150 მმ სისქის ნიმუშში არ აღინიშნება წყლის გაჟონვა. მარკა წყალშეუღწევობის მიხედვით ინიშნება იმ შემთხვევაში, თუ კონსტრუქცია მუშაობს წყლის დაწნევის ქვეშ (რეზერვუარი, სადაწნეო მილები და სხვა);

გ) ბეტონის მარკა საშუალო სიმკვრივის მიხედვით – D800 კგ/მ³-დან D2500 კგ/მ³-მდე ბეტონის სახეობის მიხედვით ინიშნება იმ შემთხვევაში, თუ ბეტონს სხვა კონსტრუქციულ მოთხოვნებთან ერთად წაეყენება თბოიზოლაციის მოთხოვნებიც;

დ) ბეტონის მარკა თვითდაძაბვის მიხედვით – S_{p0,6}...S_{p4}. აქაც რიცხვები გამოსახავს გაფართოებადი ბეტონისაგან გაჭიმული არმატურის მიერ ბეტონში აღძრულ წინასწარი მკუმშავი ძაბვის სიდიდეს მგპა-ობით. ეს მარკა ინიშნება თვითდაბვად კონსტრუქციაში, მის მიმართ წაყენებული ბზარმდებლობისა და სიხისტის მოთხოვნების მიხედვით.

ამჟამად ყველაზე ფართო გამოყენება აქვს მკვრივი სტრუქტურის ჩვეულებრივ, მძიმე ბეტონს, რომლის მჭიდა მასალაა ცემენტი. იგი გამოიყენება პრაქტიკულად ყველა მზიდი კონსტრუქციისათვის, თუ ამას რაიმე სპეციალური მოთხოვნა არ ეწინააღმდეგება. შედარებით მაღალი კლასის მსუბუქი ბეტონიც გამოიყენება მზიდ კონსტრუქციაში. უმრავლეს შემთხვევაში მსუბუქი ბეტონი, აგრეთვე დაფორმებული და უჯრედოვანი ბეტონი, გამოიყენება შემომზღუდავ კონსტრუქციაში.

ბეტონის ოპტიმალური კლასის შერჩევა ხდება ყველა კონკრეტულ შემთხვევაში ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშების საფუძველზე: კონსტრუქციის ტიპის, დამზადების ხერხის, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის პირობების გათვალისწინებით.

მზიდ კონსტრუქციაში ძირითადად გამოიყენება: ჩვეულებრივ (დაუძაბავ) რკინაბეტონის ღუნვად ელემენტებში – ბეტონები B15... B30 კლასის, შეკუმშულ ელემენტებში (მაგ. სვეტებში) – B20... B40, წამწეებში და თაღებში – B30... B50. წინასწარდაძაბულ კონსტრუქციაში ბეტონის კლასი ინიშნება გამოყენებული არმატურის კლასის მიხედვით. მაგალითად, A-IV კლასის არმატურისათვის არა უმცირესი B15-ისა, A-VI – არა უმცირესი B30-ისა. მაღალი კლასის ბეტონის გამოყენება, განსაკუთრებით წინასწარ დაძაბულ ელემენტში, ეკონომიკურად ხელსაყრელია. B7,5-ზე ნაკლები კლასის მძიმე და წვრილმარცვლოვანი ბეტონის გამოყენება მზიდ კონსტრუქციაში, ნორმებით არ დაიშვება.

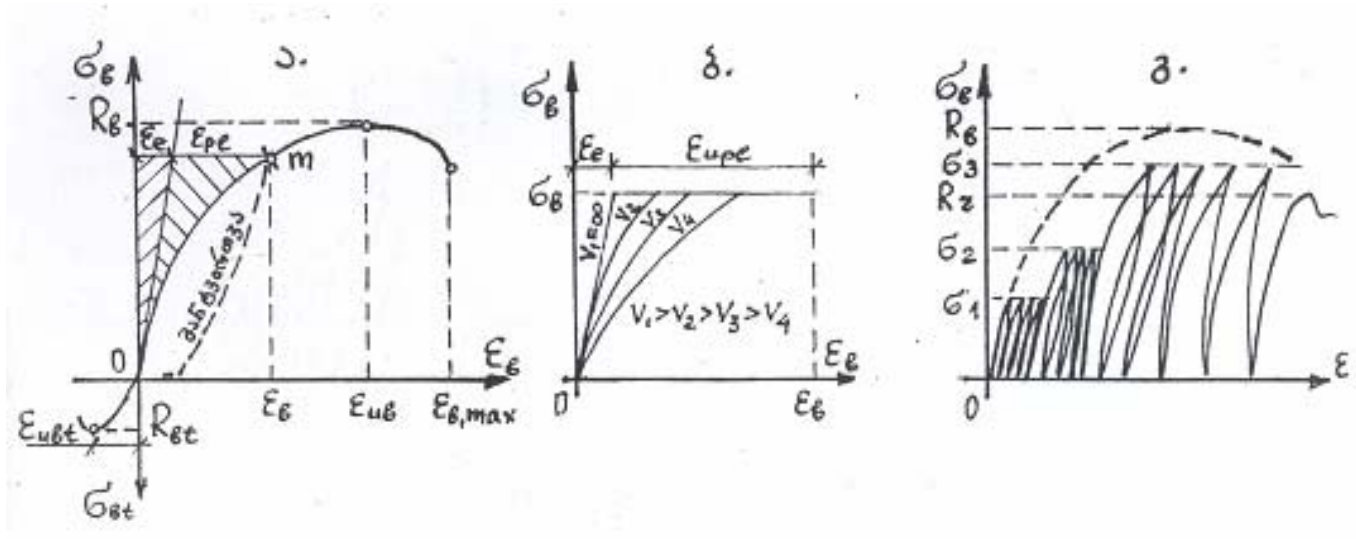
2.4. ბეტონის დეფორმაცია

ბეტონში შეიძლება განვითარდეს ორი სახის დეფორმაცია: არაძალისმიერი (შეკლება, ტემპერატურისა და ტენიანობის ცვლილება) და ძალისმიერი. არაძალისმიერი დეფორმაცია მოცულობითია და ვითარდება სხეულის ყველა მიმართულებით, ხოლო ძალისმიერი – ძირითადად ძალის მოქმედების მიმართულებით. თუმცა, ამავე დროს წარმოიქმნება განივი მიმართულების მცირე დეფორმაციებიც, რომელთა შეფარდება გრძივ დეფორმაციებთან გამოისახება პუასონის კოეფიციენტით – $\nu=0,2$.

ბეტონი ჰაერზე გამყარებისას მოცულობაში კლებულობს (შეკლება), ხოლო წყალში გამყარებისას – მატულობს (გაჯირჯევა). შეკლება გამოვლინდება უფრო მეტად, რაც მეტია ცემენტისა და წყლის რაოდენობა ბეტონში და ნაკლებია ტენიანობა გამყარების დროს. რადგან წყლის აორთქლება არათანაბარია

ელემენტის ზედაპირიდან და სიღრმიდან, ამიტომ შეკლებაც არათანაბარია, რაც იწვევს დამატებითი ძაბვების წარმოქმნას და ხშირად – შეკლების ბზარებს. შეკლების შესამცირებლად მიმართავენ ტექნოლოგიურ და კონსტრუქციულ ზომებს: გამყარებისას – ელემენტის ზედაპირის დატენიანებას, წყალ-ცემენტის შეფარდების და ცემენტის რაოდენობის შემცირებას, კონსტრუქციებში შეკლების ნაკერების მოწყობას და სხვა. მძიმე ბეტონისათვის შეკლების საშუალო სიდიდე აიღება $2 \cdot 10^{-4} \dots 4 \cdot 10^{-4}$ ფარგლებში. შეკლება ვითარდება ბეტონის ცოცვადობასთან ერთად ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. ტემპერატურული ცვლილებებისას ტემპერატურის გაზრდით ბეტონი ფართოვდება, შემცირებით – პირიქით. თუ კვეთში ტემპერატურის ცვლილება ვითარდება არათანაბრად, ან დეფორმაციის განვითარებაა შეზღუდული, წარმოიქმნება დამატებითი ძაბვები, რომლებსაც შეუძლია გამოიწვიოს ბზარების წარმოქმნა. ამ ძაბვების გაანგარიშება ხდება მასალათა გამძლეობის ფორმულებით, ხოლო ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტი აიღება $\alpha_{bt} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ -ის ტოლი.

დატვირთვის მოქმედების მიხედვით ძალისმიერი დეფორმაციები შეიძლება იყოს გამოწვეული: ხანმოკლე დატვირთვის ერთჯერადი მოქმედებით, დატვირთვის ხანგრძლივი და მრავალჯერადი მოქმედებით. ნახ. 3-ზე მოცემულია სამივე სახის ძალისმიერი დეფორმაციის „ $\sigma_b - \epsilon_b$ “ გრაფიკები.



ნახ. 3. ბეტონის დეფორმაცია დატვირთვის რეჟიმზე დამოკიდებულებით:
 ა-ერთჯერადი ხანმოკლე დატვირთვა, ბ-ხანგრძლივი დატვირთვა,
 გ-მრავალჯერადი დატვირთვა

გრაფიკების მიხედვით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ, რომ ერთჯერადი დატვირთვისას ნებისმიერი m წერტილის შესაბამისი ϵ_b მთლიანი დეფორმაცია შედგება ϵ_e დრეკადი და ϵ_{pl} პლასტიკური დეფორმაციებისაგან. რაც მაღალი სიდიდისაა დატვირთვა და შესაბამისი ძაბვა უახლოვდება R_b ზღვრულ სიდიდეს, მით მეტია პლასტიკური დეფორმაციების წილი (ნახ. 3,ა).

ხანგრძლივი დატვირთვის მოქმედებისას, სანამ ძაბვა ნულიდან განსახილველ σ_b სიდიდემდე მიაღწევს, გრაფიკი ისეთივეა, როგორც ერთჯერადი ხანმოკლე დატვირთვისას, ხოლო $\sigma_b - \epsilon_b$ შესაბამისი დატვირთვის ხანგრძლივი მოქმედებისაგან გამოწვეული პლასტიკური დეფორმაციები ვითარდება ისე, რომ ძაბვა

პრაქტიკულად არ იცვლება და გრაფიკი თითქმის ϵ ღერძის პარალელურად ვითარდება (ნახ.3,ბ). აღსანიშნავია, რომ თუ დატვირთვის ნულიდან σ_b -ს სიდიდემდე ზრდის სიჩქარეს შევამცირებთ, შესაბამის დეფორმაციებში პლასტიკური დეფორმაციის წილი იზრდება, ხოლო σ_b -ს ძაბვის შესაბამის დატვირთვის ხანგრძლივი მოქმედების დეფორმაციები ვითარდება ერთნაირად. პროცესს, როდესაც ბეტონში პლასტიკური დეფორმაციები ვითარდება ძაბვის სიდიდის შეუცვლელად, ბეტონის ცოცვადობა ეწოდება.

დატვირთვის მრავალჯერადი მოქმედებისას, დატვირთვა-განტვირთვის ციკლების გარკვეული რაოდენობის შემდეგ პლასტიკური დეფორმაციები, რომლებიც განტვირთვის დროს ჩვეულებრივ აღარ აღდგება, თანდათან ამოიწურება და ბეტონი მუშაობს დრეკად. თუ დატვირთვა-განტვირთვას გავაგრძელებთ უფრო დიდ დატვირთვაზე, პროცესი მეორდება და ა.შ. როდესაც მრავალჯერადი დატვირთვის შესაბამისი ძაბვა მეტი გახდება ბეტონის ამტანობის R_r ზღვარზე, მაშინ დეფორმაციები მკვეთრად იზრდება, მრუდები სიმრუდის ნიშანს იცვლის და ბეტონი ირღვევა. ამ დროს მოქმედი დატვირთვა ნაკლებია ერთჯერადი დატვირთვის შესაბამის ზღვრულ დატვირთვაზე (ნახ.3,გ).

ბეტონის ზღვრული დეფორმაციები ϵ_{bu} კუმშვასა და $\epsilon_{bt,u}$ გაჭიმვაზე დამოკიდებულია ბეტონის სიმტკიცეზე, შედგენილობაზე და დატვირთვის მოქმედების ხანგრძლივობაზე. პრიზმის კუმშვაზე გამოცდისას ბეტონის ზღვრული კუმშვადობა $\epsilon_{bu}=(0,8...3)10^{-3}$. საშუალოდ - $\epsilon_{bu}=2\cdot 10^{-3}$. კოჭის შეკუმშულ ზონაში ბეტონის ზღვრული კუმშვადობა მეტია, იგი დამოკიდებულია განივი კვეთის ფორმასა და შეკუმშული ზონის ფარდობით სიმაღლეზე და უდრის $(2,7...4,5)10^{-3}$. ბეტონის ზღვრული გაჭიმვადობა $10...20$ -ჯერ ნაკლებია. საშუალოდ აიღება $\epsilon_{bt,u}=1,5\cdot 10^{-4}$.

2.5. ბეტონის დრეკადობისა და სრული დეფორმაციის მოდულები

ბეტონის დეფორმაციასა და ძაბვას შორის ანალიზური კავშირის დამყარება ხდება E_b კოეფიციენტით, რომელსაც მოდული ეწოდება.

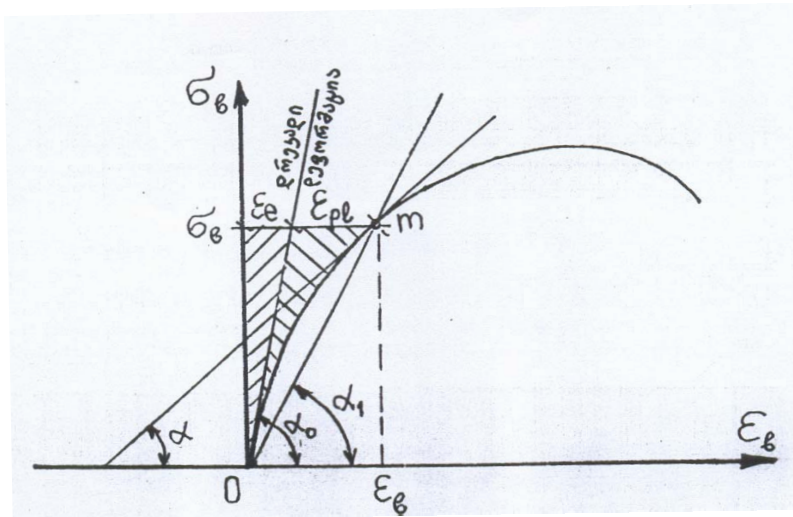
ბეტონი იდეალურად დრეკადი სხეული რომ იყოს, მაშინ ძაბვასა და დეფორმაციას შორის პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულების გამო ნახ. 4-ზე გამოსახული „ $\sigma_b - \epsilon_b$ “ გრაფიკი იქნებოდა წრფე და შესაბამისად დრეკადობის მოდული

$$E_b = \sigma_b / \epsilon_b . \quad (2.6)$$

ბეტონი მუშაობს, როგორც დრეკადი სხეული მხოლოდ მცირე დატვირთვებისას ($\sigma_b \leq 0,2R_b$), ამიტომ მისი შესაბამისი გრაფიკი არის წრფე, ნახ.4-ზე გამოსახული მრუდის მხები, გავლებული კოორდინატთა სათავეში. ამ წრფის ϵ_b ღერძთან დახრის კუთხის ტანგენსი, ანუ $tg \alpha_0 = \sigma_b / \epsilon_b = E_b$ იქნება განსახილველი ბეტონის საწყისი დრეკადობის მოდული, რომელიც ბეტონის კლასთან დამოკიდებულებით გამოითვლება ემპირიული ფორმულით

$$E_b = \frac{550000B}{270 + B} . \quad (2.7)$$

ბეტონის საწყისი დრეკადობის E_b მოდულის მნიშვნელობები კუმშვისა და გაჭიმვისას, ბეტონის სახეობისა და კლასის მიხედვით, მოცემულია ნორმებში.



ნახ. 4. დიაგრამა ბეტონის დრეკადობისა და დეფორმაციის მოდულის დასადგენად

როდესაც ბეტონზე მოქმედებს მკუმშავი ძალა, რომლის შესაბამისი ძაბვა $\sigma_b > 0,2R_b$ -ზე, $\sigma_b - \epsilon_b$ დამოკიდებულება ხდება არაწრფივი და გამოისახება ნახ. 4-ზე მოცემული მრუდის სახით. ამ მრუდზე მდებარე ნებისმიერი m წერტილის შესაბამისი E'_b დეფორმაციის მოდული ცვლადი სიდიდეა, რადგან დამოკიდებულია დატვირთვაზე და გამოისახება ამ წერტილზე მრუდისადმი გავლებული მხების მიერ ϵ_b ღერძთან შედგენილი კუთხის ტანგენსით

$$E'_b = d\sigma_b / d\epsilon_b = tg \alpha . \quad (2.8)$$

ცალკეულ კერძო შემთხვევებში ბეტონის დეფორმაციის მრუდის ანალიზური გამოსახულება არ არის ცნობილი, ამიტომ E'_b -ის მიხედვით სრული დეფორმაციის გამოთვლა გაძნელებულია. პრაქტიკული გაანგარიშებისას სარგებლობენ საშუალო, ანუ დრეკად-პლასტიკურობის E'_b მოდულით, რომელიც არის „ $\sigma_b - \epsilon_b$ “ მრუდის ადებულ წერტილიდან კოორდინატთა სათავეში გავლებული მკვეთის ϵ_b ღერძთან დახრის α_1 კუთხის ტანგენსი

$$E'_b = \sigma_b / \epsilon_b = tg \alpha_1 . \quad (2.9)$$

დრეკადობის საწყის E_b მოდულსა და დრეკად-პლასტიკურობის E'_b მოდულს შორის დამოკიდებულების დადგენა შესაძლებელია, თუ ერთსა და იმავე ძაბვას გამოვსახავთ ϵ_e დრეკადი დეფორმაციისა და ϵ_b სრული დეფორმაციის საშუალებით (იხ.ნახ. 4).

$$\sigma_b = \epsilon_e E_b = \epsilon_b E'_b, \quad \text{აქედან} \quad E'_b = \frac{\epsilon_e}{\epsilon_b} \cdot E_b = \nu E_b . \quad (2.10)$$

ν არის დრეკადი დეფორმაციების შეფარდება სრულ დეფორმაციებთან და ეწოდება ბეტონის დრეკად-პლასტიკურობის კოეფიციენტი. ცდებით დადგენილია, რომ კუმშვის დროს იგი იცვლება 1-დან (დრეკადი მუშაობა) 0,15-მდე (რღვევა), ხოლო გაჭიმვისას -1-დან 0,5-მდე.

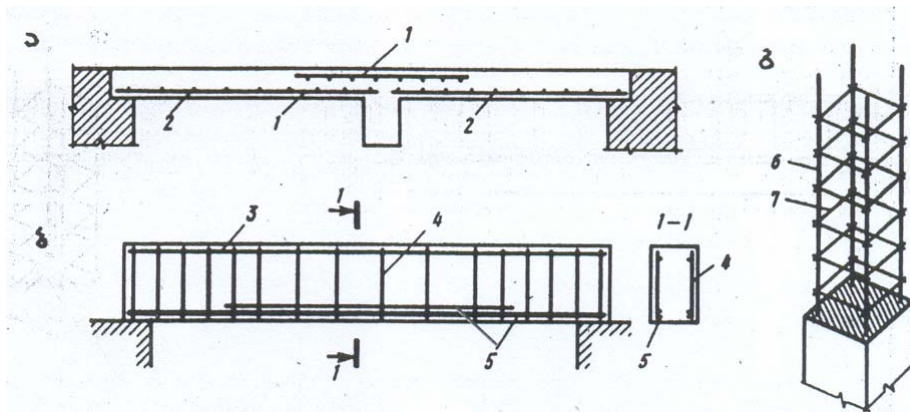
2.6. არმატურა

2.6.1. არმატურის სახეობები, კლასიფიკაცია, გამოყენება

არმატურა არის მოქნილი ან ხისტი ღეროები, რომლებიც ბეტონში განლაგებულია გაანგარიშების, კონსტრუქციული და საწარმოო მოთხოვნების შესაბამისად. არმატურად გამოიყენება ძირითადად ფოლადი. შეიძლება სხვა მასალის, მაგალითად მინაპლასტიკური არმატურის გამოყენება, მაგრამ ძვირია და შეიძლება გამოყენებული იქნას კონსტრუქციებში, რომლებსაც წაყენება კოროზიამდეგობის, ელექტროიზოლაციური თვისებებისა და არამაგნიტურობის სპეციალური მოთხოვნები.

რკინაბეტონის კონსტრუქციებში დანიშნულების მიხედვით არის მუშა და სამონტაჟო (კონსტრუქციული) არმატურა. მუშა არმატურა ლაგდება გაანგარიშების მიხედვით, კონსტრუქციაში გამჭიმავი ძაბვების ასატანად და შეკუმშული ბეტონის გასაძლიერებლად. იგი შეიძლება იყოს გრძივი და განივი. სამონტაჟო არმატურა ლაგდება კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური მოსაზრების მიხედვით: უზრუნველყოფს მუშა არმატურის საპროექტო მდებარეობის დაფიქსირებას, ცალკეულ ღეროებს შორის ძაღვების თანაბარ განაწილებას, ბეტონის შეკვებისა და ტემპერატურული ცვლილებებისაგან წარმოქმნილ, ანგარიშით გაუთვალისწინებელი ძაღვების ატანას და სხვა.

ასაწყობ კონსტრუქციებზე, ასაწყვად, ტრანსპორტირებისათვის და ასაწყობად, ჩაეტანება სამონტაჟო ყულფები ან მილები. ასაწყობი ელემენტების ერთმანეთთან დასაკავშირებლად გამოიყენება ლითონის ჩასატანებელი დეტალები. მთელი არმატურა: მუშა, სამონტაჟო, ასაწყვი ყულფები და ჩასატანებელი დეტალები ერთიანდება საარმატურო ნაკეთობებად (კარკასები და ბადეები), რომლებიც შეიძლება იყოს ხელით შეკრული ან შედუღებით დამზადებული.



ნახ. 5. რკინაბეტონის ელემენტების დაარმატურება:

- ა-ფილა; ბ-კოჭი; გ-სვეტი; 1-ფილის გრძივი მუშა არმატურა;
2-კონსტრუქციული; 3-სამონტაჟო; 4-კოჭის განივი არმატურა (ცალკული); 5-კოჭის გრძივი მუშა არმატურა; 6-სვეტის გრძივი მუშა არმატურა; 7-სვეტის განივი არმატურა

არმატურა შეიძლება დაიყოს შემდეგი ნიშნით:

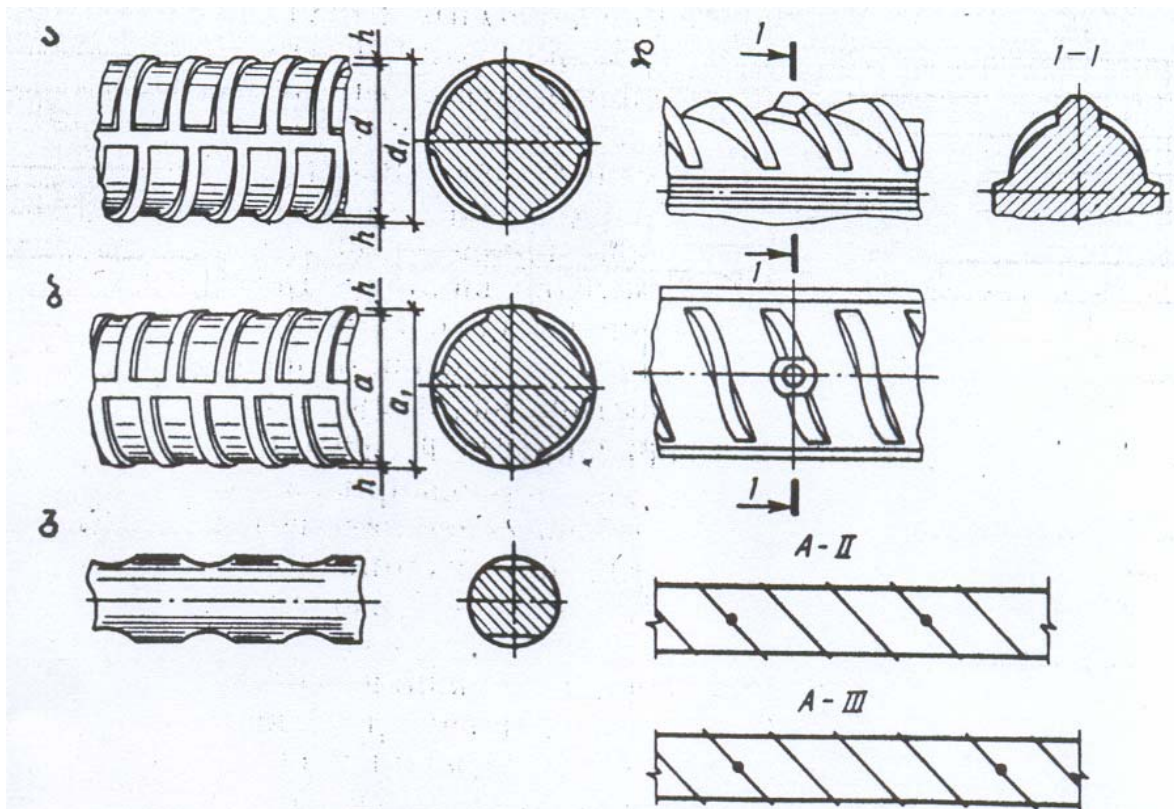
ა) დამზადების მიხედვით – ცხლად გლინული ღეროვანი არმატურა დიამეტრით 6...40 მმ და მავთულოვანი არმატურა, მიღებული ცივად გამოჭიმვით 3...8 მმ დიამეტრით. 10 მმ და მეტი დიამეტრის ღეროვანი არმატურა გამოდის ღეროების სახით, უფრო მცირე დიამეტრის – 1300 კგ-მდე მასის ხვეულის (ბუხტის) სახით.

ბ) ზედაპირის პროფილის მიხედვით – გლუვი და პერიოდული პროფილის (ნახ. 6) პერიოდული პროფილის არმატურა ძირითადია, რადგან ბეტონთან უკეთესი შეჭიდულობა აქვს, თუმცა ციკლური (მრავალჯერ განმეორებადი) დატვირთვის მოქმედებისას ნაშევრებთან ხდება დაბვათა კონცენტრაცია, რის გამოც არმატურის წინაღობა მცირდება.

გ) გამოყენების მიხედვით – დაძაბული არმატურა (წინაწარ დაძაბულ რკინაბეტონის ელემენტში) და დაუძაბავი (ჩვეულებრივ რკინაბეტონში).

გარდა ზემომოყვანილი მოქნილი არმატურისა, საჭიროების შემთხვევაში გამოიყენება ხისტი (თვითმზიდი) არმატურა ფოლადის გლინული სორტამენტის ან მცირე ზომის განივკვეთის კუთხოვანებით შეკრული კარკასის სახით.

არმატურის კლასიფიკაცია ხდება აგრეთვე კლასების მიხედვით, რომლებიც აერთიანებენ ერთნაირი სიმტკიცისა და დეფორმირებადობის თვისებების ფოლადებს, ამასთან ერთსა და იმავე კლასს შეიძლება ეკუთვნოდეს სხვადასხვა ქიმიური შედგენილობის (მარკის) ფოლადები.



ნახ. 6. პერიოდული პროფილის არმატურა:

ა – A-II კლასის ღეროვანი არმატურა; ბ – A-III...A-IV კლასის ღეროვანი არმატურა; გ – მაღალი სიმტკიცის B_p-II კლასის მავთულოვანი არმატურა; დ – მარკირების გლინული ნიშნები, რომელთა შორის განლაგებული წიბოს (ნაშევრის) რაოდენობა ასახავს არმატურის კლასს

ღეროვანი არმატურა აღინიშნება A ასოთი, ხოლო კლასი რომელიც ციფრით, რაც მეტია ციფრი, მით მეტია არმატურის სიმტკიცე:

- A-I კლასის – გლუვი, ცხლად გლინული, გამოიყენება როგორც სამონტაჟო;
- A-II, A-III, A-IV, A-V, A-VI კლასის – პერიოდული პროფილის, ცხლად გლინული: A-II – გამოიყენება სამონტაჟო არმატურად ან თუ A-III კლასის არმატურის გამოყენება არ არის ხელსაყრელი – მუშა არმატურად; A-III –

მუშა არმატურად, მხოლოდ დაუძაბავ რკინაბეტონში; A-IV და მეტი – იშვიათად, ხელით შეკრულ კარკასებში, ჩვეულებრივ რკინაბეტონში, ძირითადად კი წინასწარ დაძაბულ კონსტრუქციებში.

- A_T-III, A_T-IV, A_T-V, A_T-VI, A_T-VII კლასის – პერიოდული პროფილის, თერმულად გამტკიცებული, გამოიყენება მხოლოდ წინასწარ დაძაბულ კონსტრუქციებში.

ღეროვანი არმატურის დამატებითი თვისებების აღსანიშნავად შემოტანილია აღნიშვნები: „C“ აღნიშნავს შედუღებადობას (A_T-III C), „K“ აღნიშნავს კოროზია-მედეგობას (A_T-IV K), პატარა „c“ აღნიშნავს არმატურას, რომელიც გამოიყენება დაბალი ტემპერატურის პირობებში მომუშავე ელემენტებისათვის (A_C-II).

მათულოვანი არმატურა აღინიშნება B ასოთი და იყოფა ორ კლასად: B_p-I-ჩვეულებრივი საარმატურო მათული, პერიოდული პროფილის (შეჭყლექილი ან ხვეულად დაკაწრული), დაბალნახშირბადიანი, გამოიყენება შედუღებული ბადეების დასამზადებლად; B-II, B_p-II – გლუვი და პერიოდული პროფილის, მაღალი სიმტკიცის (მრავალჯერ ცივად გამოჭიმული) მათული, ძირითადად გამოიყენება წინასწარ დაძაბულ კონსტრუქციებში.

ცალკეული მათულებით დაარმატურება შრომატევადია და ამიტომ ისინი გაერთიანებულია (შეგრეხილი) 1,5...5 მმ დიამეტრის მათულებით K-7 შვიდმათულიან და K-19 ცხრამეტმათულიან ბაგირებად.

2.6.2. არმატურის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

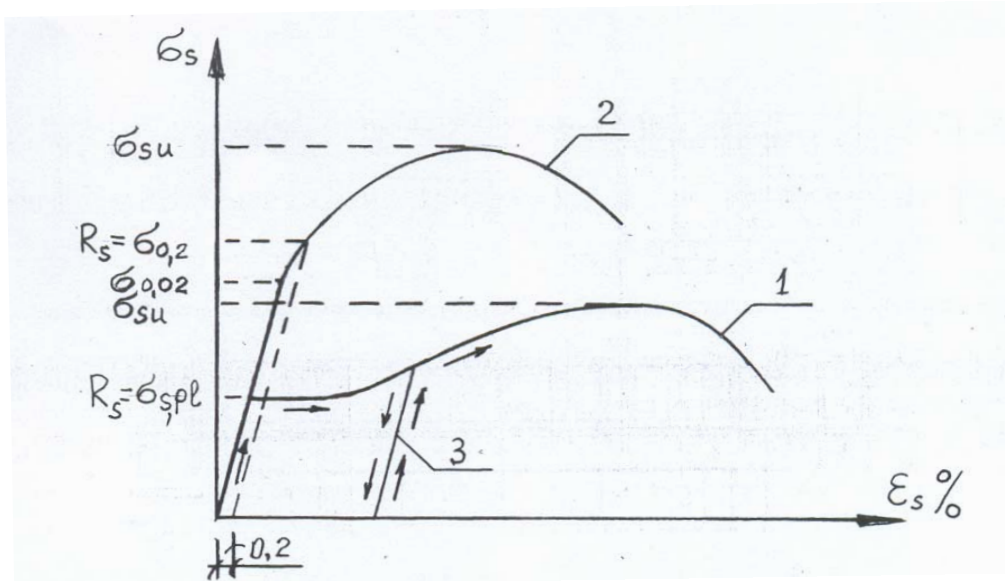
არმატურის თვისებები დამოკიდებულია ფოლადის ქიმიურ შედგენილობაზე, აგრეთვე მისი დამზადებისა და დამუშავების ხერხზე. საარმატურო ფოლადის შედგენილობაში შედის ნახშირბადი 0,2...0,8%-მდე და მალეგირებელი დანამატები. ნახშირბადის რაოდენობის ზრდა იწვევს სიმტკიცის ზრდას, დეფორმირებადობისა და შედუღებადობის შემცირებას. მალეგირებელი დანამატები მნიშვნელოვნად ცვლის ფოლადის თვისებებს. მაგალითად, მანგანუმი და ქრომი ზრდის სიმტკიცეს დეფორმაციულობის მცირე შემცირებით, კაუბადიც ზრდის სიმტკიცეს, მაგრამ აუარესებს შედუღებადობას და ა.შ.

ფოლადის ქიმიური შედგენილობის განმსაზღვრელია მარკა. მაგალითად, A-III კლასის არმატურის ფოლადის 25Г2С მარკაში რიცხვი „25“ აღნიშნავს ნახშირბადის შემცველობას მეასედ პროცენტში (0,25), „Г2“- ფოლადი ლეგირებულია მანგანუმით 2%-მდე რაოდენობით, „С“- ფოლადი კაუბადსაც შეიცავს (რადგან C-ს შემდეგ ციფრი არ არის, ე.ი. ეს ნივთიერება 1%-მდეა). ფოლადის სხვა მარკებში შეიძლება იყოს ქრომი (X), ტიტანი (Т), ცირკონიუმი (Ц), ნიკელი (N), მოლიბდენი (M).

საარმატურო ფოლადის სიმტკიცისა და დეფორმაციის მახასიათებლები განისაზღვრება სტანდარტული ნიმუშების გაჭიმვაზე გამოცდის შედეგად მიღებული „σ-ε“ დიაგრამის მიხედვით (ნახ. 7).

დიაგრამიდან ჩანს, რომ რბილ ფოლადს აქვს ნათლად გამოხატული დენადობის ბაქანი, მტკიცე ფოლადის დენადობა ნათლად არ არის გამოხატული. საარმატურო ფოლადის სიმტკიცის საანგარიშო მახასიათებელია R_s. რბილი ფოლადისათვის ეს არის დენადობის ზღვარი σ_{s,pl}, მტკიცე ფოლადისათვის – σ_{0,2} ტოლი ძაბვისა, რომლის დროს ნარჩენი დეფორმაციები უდრის 0,2%. ფოლადის სიმტკიცის ზღვრული სიდიდეა σ_{su} (დროებითი წინაღობა) და ზღვრული წაგრძელება გაწყვეტისას ε_{su}, რომელიც ფოლადის პლასტიკური თვისებების გამომსახველია. სიმტკიცისა და დეფორმირებადობის გარდა რიგ შემთხვევაში საჭირო ხდება სხვა თვისებების გათვალისწინებაც: შედუღებადობა, რეოლოგიური თვისებები (ფოლადის ცოცვადობა დიდი ძაბვების წარმოქმნისას ან მუდმივი,

დაფიქსირებული სიგრძის ნიმუშში ძაბვების შემცირება), დაღლილობითი რღვევა, მაღალი ან დაბალი ტემპერატურისადმი მედეგობა და სხვა.



ნახ. 7. საარმატურო ფოლადის „ძაბვა-დეფორმაციის“ ($\sigma_s - \epsilon_s$) დიაგრამა:
 1 - რბილი ფოლადი, 2 - მტკიცე ფოლადი,
 3 - მექანიკური გამოჭიმვით განმტკიცებული ფოლადი

ჩვეულებრივი, ცხლად გლინული რბილი საარმატურო ფოლადის სიმტკიცის გაზრდა შესაძლებელია თერმული განმტკიცებით და მექანიკური გაჭიმვით. თერმული განმტკიცებისას არმატურას გაახურებენ 800 °C-მდე და ზეთში სწრაფად გაცივებენ, შემდეგ ისევ გაახურებენ 300...400 °C-მდე თანდათან გაცივებით. მექანიკური გამოჭიმვისას არმატურა წაგრძელებად 3...5%-ით და კრისტალური გისოსის სტრუქტურული ცვლილების გამო ხდება განმტკიცება.

ყველა სახის საარმატურო ფოლადის სიმტკიცისა და დეფორმაციის მახასიათებლები კლასებისა და დიამეტრის მიხედვით მოცემულია სათანადო ნორმებში (დანართი 12).

2.6.3. არმატურის ნაკეთობები

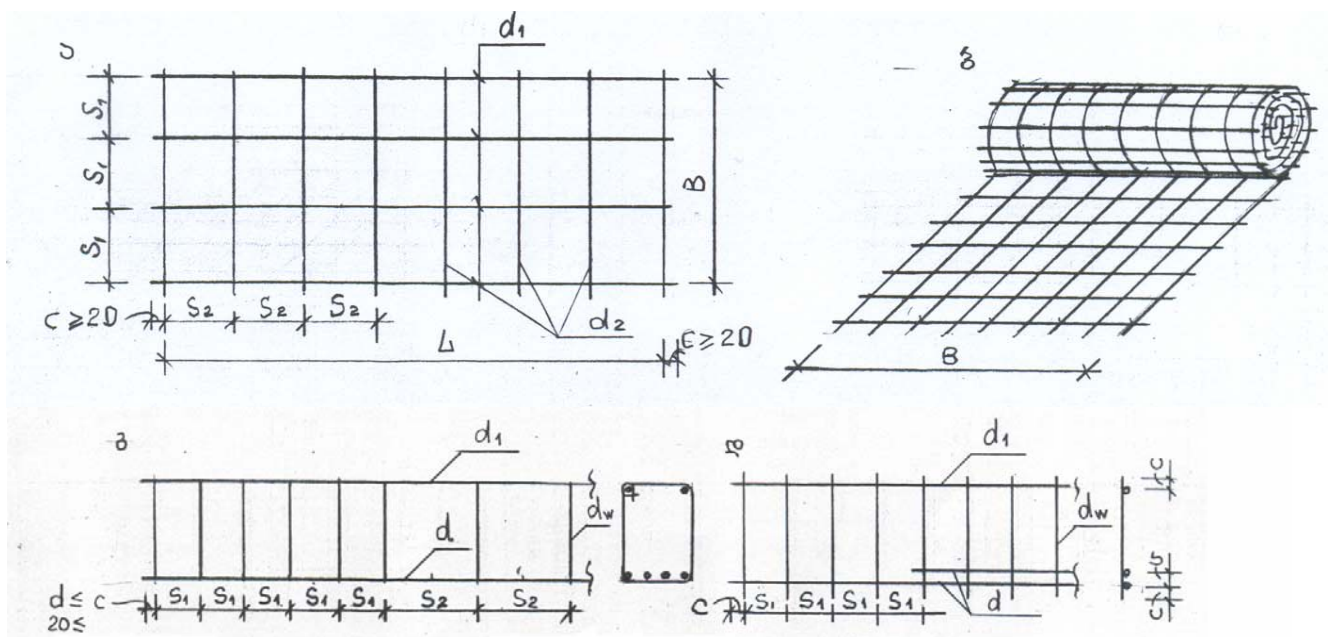
არმატურა გამოიყენება არა მარტო ცალკეული დეროებისა ან მავთულების სახით, არამედ ძირითადად ხელით შეკრული ან შედუღებული ბადეებისა და კარკასების სახით. ამ უკანასკნელთა დამზადების ინდუსტრიალიზაციის შესაძლებლობა მათ დიდ უპირატესობას ანიჭებს.

ბადეებით დაარმატურება ხდება ბრტყელი ფილების ან თხელკედლიანი სივრცითი კონსტრუქციებისა. მუშა არმატურა შეიძლება იყოს გრძივი ან განივი მიმართულების, აგრეთვე ორივე მიმართულებისაც. მუშა არმატურის მართობული მიმართულებით განლაგებულია გამანაწილებელი (სამონტაჟო) დეროები (ნახ.8). მუშა არმატურის დიამეტრისა და განლაგების მიხედვით მზადდება ბრტყელი ბადეები. თუ გრძივი არმატურის დიამეტრი 8 მმ და ნაკლებია, მზადდება გრძელი ბადეები, რომლებსაც შემდეგ დაახვევენ რულონებად.

არმატურის კარკასი გამოიყენება დეროვანი ელემენტების (კოჭი, სვეტი, ჩარჩო, წამწე) დასაარმატურებლად. მონოლითურ რკინაბეტონში გამოიყენება როგორც ხელით შეკრული სივრცული კარკასი, რომელიც უშუალოდ სამშენებლო მოედანზე მზადდება, ასევე, ბრტყელი შედუღებული კარკასები, რომლებიც

მზადდება ქარხანაში. შემდეგ, ადგილზე ყალიბებში ჩაწყობისას ორი, სამი, ან საჭიროების შემთხვევაში, ოთხი კარკასი ერთიანდება სივრცით კარკასად რამდენიმე ადგილას მოკლე ღეროების მიღულებით. კარკასებში განივი არმატურის დიამეტრი დამოკიდებულია გრძივი მუშა არმატურის d დიამეტრზე, აიღება $3...10$ მმ, არა უმეტესი $d/3...d/4$ -ისა. სამონტაჟო არმატურის დიამეტრი $2...10$ მმ-ით მეტია, ვიდრე განივი არმატურის დიამეტრი.

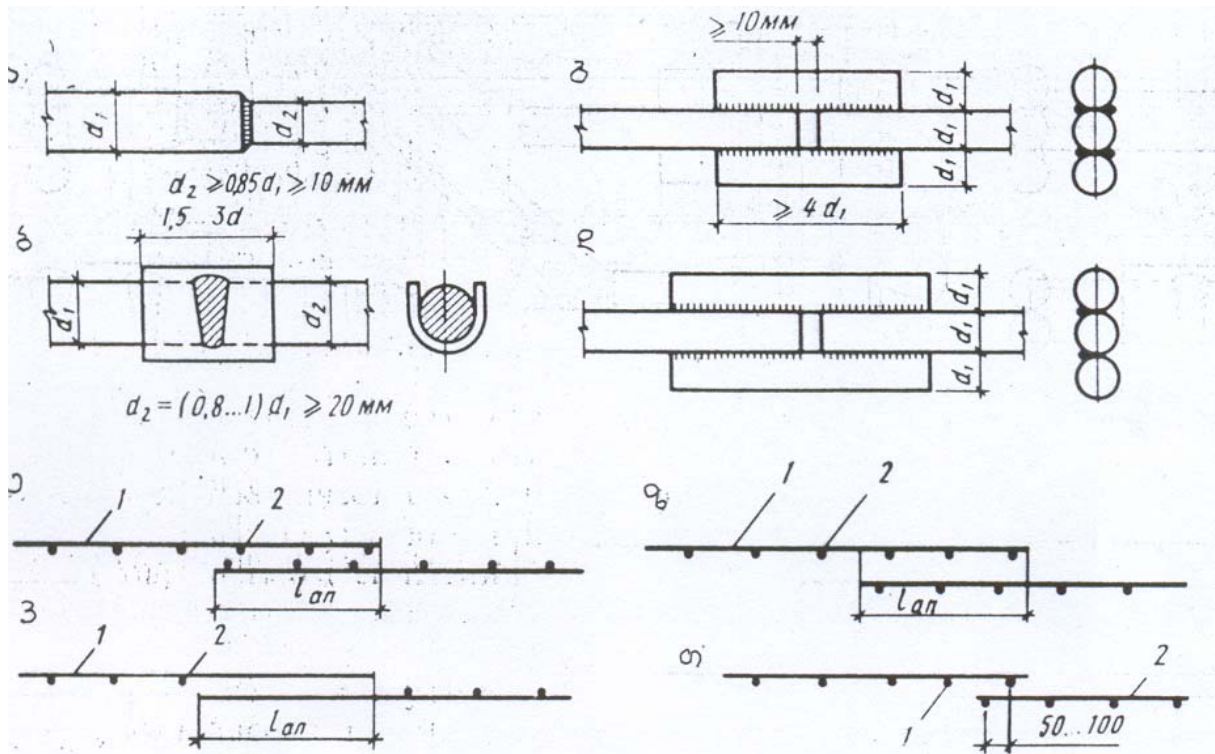
დაუძაბავი არმატურის გადაბმა ხდება გადადებით ან პირაპირა და აბაზანური შედუღებით. გადადებით შეერთება დასაშვებია A-I, A-II და A-III კლასის ღეროებისათვის მხოლოდ იმ კვეთებში, სადაც გამჭიმავი ძალა არ მოქმედებს, თანაც ერთ კვეთში შესაძლებელია გადადებით გადაიბას მთელი არმატურის მხოლოდ 50% (გლუვი არმატურისას - 25%). ღეროების გადადების სიგრძეა $20...30 d$. ქარხნებში 10 მმ და მეტი დიამეტრის არმატურის შეერთება ხდება კონტაქტურ-პირაპირა შედუღებით სპეციალურ დანადგარებზე. არმატურის



ნახ. 8. არმატურის ნაკეთობები:

ა-ბრტყელი ბადე; ბ-რულონური ბადე; გ-ხელით შეკრული სივრცითი კარკასი; დ-შედუღებული კარკასი

ნაკეთობების ან ასაწყობი ელემენტების მონტაჟისას კვანძებში არმატურის გადაბმა ხდება: რკალური ($d < 20$ მმ) ან აბაზანური ($d \geq 20$ მმ) შედუღებით (ნახ.9). უკანასკნელ ხანს გავრცელდა არმატურის ხრახნიანი ქუროებით შეერთება.



ნახ. 9. დაუძაბავი არმატურის შედუღებული პირაპირები და ბადეების გადაბმა: ა-კონტაქტურ-პირაპირა; ბ-აბაზანური; გ, დ-რკალური (ორმხრივი და ცალმხრივი ფლანგური ნაკერი); ე-ბადეების გადადებით შეერთება გლუვი და პერიოდული პროფილის, მუშა მიმართულებით და არამუშა მიმართულებით

2.7. არმატურის შეჭიდულობა ბეტონთან და რკინაბეტონის კოროზია

ბეტონისა და არმატურის ერთობლივი მუშაობა განპირობებულია მათ შორის შეჭიდულობით, რომელიც უზრუნველყოფილია ბეტონის შეკლებითა და არმატურის პერიოდული პროფილის ნაშევრებში ბეტონის ჩაჭიდებით წარმოქმნილი ხახუნის ძალებით (იხ. 1.1. პარაგრაფი).

ხახუნის ძალები, წარმოქმნილი ბეტონსა და არმატურას შორის, არათანაბრად არის განაწილებული არმატურის ბეტონში ჩამაგრების სიგრძეზე (ჩაანკერების l_{an} სიგრძეზე). ხახუნის (ჩამაგრების) ძაბვის საშუალო სიდიდე იქნება

$$\tau_m = \frac{N}{\pi d_s l_{an}}, \quad (2.11)$$

სადაც N არმატურის ამომგლეჯი ძალაა; d_s -არმატურის დიამეტრი; l_{an} -ჩამაგრების სიგრძე.

ნორმების მიხედვით დაუძაბავი, პერიოდული პროფილის არმატურის გადაცილება იმ კვეთიდან, რომელშიც იგი გაითვალისწინება მთელი საანგარიშო R_s წინაღობით, l_{an} აიღება არა უმცირესი 200...250 მმ-ისა. თუ ეს შეუძლებელია, არმატურის ბოლოს ეწყობა კაუჭი (გლუვი არმატურა) ან სპეციალური ანკერი ფირფიტის, ქანჩის საყელურის, კუთხოვანის ან მოკლე ღეროების მიღულებით.

რკინაბეტონის კოროზია გულისხმობს ბეტონის კოროზიას და როგორც შედეგს-არმატურის კოროზიას.

ბეტონის კოროზია დამოკიდებულია მის სიმტკიცეზე, სიმკვრივეზე, ცემენტისა და აგრესიული გარემოს თვისებებზე.

არმატურის კოროზია შეიძლება გამოიწვიოს ბეტონის კოროზიამ, ცემენტის არასაკმარისმა რაოდენობამ, ცემენტში მავნე ნივთიერების მინარევებმა, ბზარების მნიშვნელოვანმა გახსნამ, ბეტონის დამცველი შრის არასაკმარისმა სისქემ.

კოროზიის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა გარემოს აგრესიულობის შემცირება, სპეციალურ შემკვრელზე დამზადებული მკვრივი ბეტონის გამოყენება, ბეტონის ზედაპირზე სპეციალური დამცველი დაფარვის მოწყობა, ელემენტის ბზარმედეგობის გაზრდა, ბეტონის დამცველი შრის საკმარისი სისქის უზრუნველყოფა.

ბეტონის დამცველი შრე არმატურის კოროზიისაგან დასაცავად გრძივი, მუშა არმატურისათვის აიღება არანაკლები არმატურის ღეროს ან ბაგირის დიამეტრის ნახევრისა და არა უმცირეს: 10 მმ-სა – 100 მმ და ნაკლები სისქის ფილებსა და კედლებში; 150 მმ-სა – 100 მმ-ზე მეტი სისქის ფილებში, კედლებსა და 250 მმ-ზე ნაკლები სიმაღლის კოჭებში; 20 მმ-სა – 25 მმ და მეტი სიმაღლის კოჭებში, წიბოებსა და სვეტებში; 35 მმ-სა – რკინაბეტონის მონოლითური საძირკვლების ქვედა არმატურისათვის, თუ იგი ბეტონის მომზადებაზე (შრეზე) ეყრდნობა, თუ არა – არა უმცირესი 70 მმ-ისა. განივი, კონსტრუქციული და გამანაწილებელი არმატურისათვის ბეტონის დამცველი შრის სისქე აიღება არა უმცირეს შესაბამისი არმატურის დიამეტრისა და არა უმცირეს 10 მმ-სა, როდესაც $h < 250$ მმ-ზე და 15 მმ-სა, როდესაც $h \geq 250$ მმ. ელემენტის ბოლოდან (ტორსიდან) გრძივი, მუშა არმატურის ბოლომდე დაშორება აიღება 10, 15, და 20 მმ, შესაბამისად 9, 12 და 12 მ-ზე გრძელი ელემენტებისათვის. წინასწარ დაძაბულ ელემენტებში არმატურის ბოლოებთან (საყრდენებთან) დამცველი შრე აიღება 2...3d და არანაკლებ 40 მმ-ისა. აგრესიულ გარემოში, მაღალი ტექნოლოგიური ტემპერატურის ან მაღალი ტენიანობის პირობებში მომუშავე რკინაბეტონის კონსტრუქციებისათვის დამცველი შრის სისქე იზრდება 5...15 მმ-ით.

საკონტროლო საკითხები

1. როგორი ბეტონი გამოიყენება რკინაბეტონის კონსტრუქციებში.
2. როგორია ბეტონის სიმტკიცის მახასიათებლები. განმარტეთ კუბური და პრიზმული სიმტკიცის არსი.
3. ბეტონის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები – კლასი და მარკა. მათ შორის განსხვავება. რის მიხედვით ინიშნება სამშენებლო ნორმებით მათი მნიშვნელობები.
4. როგორია ძაბვასა და დეფორმაციას შორის დამოკიდებულებების გრაფიკები ხანმოკლე ერთჯერადი, ხანგრძლივი და მრავალჯერ განმეორებადი დატვირთვების მოქმედებისას.
5. რა არის დრეკადობის საწყისი და დრეკად-პლასტიკური დეფორმაციების მოდული.
6. რა ნიშნის მიხედვით ხდება არმატურის კლასიფიკაცია.
7. გამოხაზეთ რბილი და მტკიცე არმატურისათვის ძაბვასა და დეფორმაციას შორის დამოკიდებულების გრაფიკი.
8. არმატურის კლასები და მათი გამოყენება რკინაბეტონის კონსტრუქციებში.
9. როგორია არმატურის ნაკეთობები და რომელ ელემენტში, რომელი ნაკეთობა გამოიყენება.
10. რა უზრუნველყოფს ბეტონსა და არმატურას შორის შეჭიდულობას.
11. რკინაბეტონის კოროზიის მიზეზები და მისგან დაცვის ხერხები.
12. ბეტონის დამცველი შრის მნიშვნელობა და ნორმირება.

3. რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშების საფუძვლები

3.1. გაანგარიშების მეთოდები

რკინაბეტონი რთული სამშენებლო მასალაა, რადგან შედგება ერთმანეთისგან განსხვავებული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მქონე მასალებისაგან – ბეტონისა და ფოლადისაგან. კონსტრუქციების ექსპლუატაციისას წარმოქმნილი არადრეკადი (პლასტიკური) დეფორმაციების და გაჭიმულ ზონაში ბზარების წარმოქმნის გამო ძნელდება დრეკადი მასალებისათვის განკუთვნილი გაანგარიშების მეთოდების გამოყენება. ამიტომაც, რომ რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშების თანამედროვე მეთოდები ძირითადად ეყრდნობა ექსპერიმენტულ მონაცემებს, მყარი, დეფორმირებადი სხეულის მექანიკის კანონებს და სხვადასხვა სიდიდის დატვირთვის მოქმედების შესაბამის, ელემენტში აღძრულ რეალურ დაძაბულ მდგომარეობას.

რკინაბეტონის გაანგარიშების მეთოდების განვითარებისა და სრულყოფის პროცესი ხასიათდება სამი ძირითადი ეტაპით. პირველი ეტაპია, როდესაც რკინაბეტონს ანგარიშობდნენ უკვე არსებული ქვისა და თუჯის კონსტრუქციების ანალოგიით – დასაშვებ ძაბვათა მეთოდით.

დასაშვებ ძაბვათა მეთოდის გამოყენებისას, რკინაბეტონი წარმოდგენილი იყო, როგორც დრეკადი სხეული, ხოლო რეალური კვეთის ნაცვლად – დაყვანილი, ერთგვაროვანი კვეთი, სადაც არმატურისა და ბეტონის დრეკადობის მოდულების შეფარდების ($\alpha = E_s / E_b$) მეშვეობით არმატურის ნაცვლად იგულისხმებოდა ბეტონის ეკვივალენტური ფართობი. ასეთ დაყვანილ კვეთში, მასალათა გამძლეობის მეთოდით განისაზღვრებოდა საექსპლუატაციო დატვირთვისაგან ბეტონსა და არმატურაში აღძრული ძაბვები, რომლებიც ნაკლები უნდა ყოფილიყო ნორმებით დასაშვებ ძაბვებზე. ეს უკანასკნელი, თავის მხრივ, არ ითვალისწინებდა მასალების რეალურ თვისებებს და მხოლოდ 50%-ით გამოიყენებდა ელემენტის შესაძლებლობებს. ამიტომ, კონსტრუქცია გამოდიოდა დიდი კვეთის – არაეკონომიური.

მრღვევ ძაღვათა მეთოდით გაანგარიშებისას, დიდი რაოდენობის ექსპერიმენტულ მონაცემზე დაყრდნობით, განისაზღვრებოდა ის ზღვრული ძაღვები, რისი ატანაც შეეძლო რეალურ კონსტრუქციას, ე.ი. გამოითვლებოდა ელემენტის ზიდვის უნარი. საექსპლუატაციო დატვირთვების მოქმედებისას აღძრული ძაღვები ნაკლები უნდა ყოფილიყო სიდიდეზე, რომელიც მიიღებოდა ზღვრული ძაღვების გაყოფით ერთიან მარაგის კოეფიციენტზე. ამ მეთოდის მთავარი ნაკლი ის იყო, რომ ერთიან მარაგის კოეფიციენტში მხოლოდ მიახლოებით იყო გათვალისწინებული ის მრავალნაირი ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ კონსტრუქციის მუშაობაზე. დროთა განმავლობაში ელემენტების დამზადების ტექნოლოგიის დახვეწის და მასალების ხარისხის ამაღლების გამო, სიმტკიცის პირობის მიხედვით შემცირდა განივკვეთების ზომები, ე. ი. შემცირდა ელემენტების სიხისტე. ამან გამოიწვია დეფორმაციების (ჩაღუნვა, ბზარის გახსნის სიდიდე) გაზრდა იმდენად, რომ შეიქმნა კონსტრუქციების ნორმალური ექსპლუატაციის შეფერხების საშიშროება. საჭირო გახდა სიმტკიცისა და დეფორმაციების გაანგარიშებისადმი დიფერენცირებული მიდგომა.

1955 წლიდან რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშება ხდება ზღვრულ მდგომარეობათა მეთოდით, რომელიც საფუძვლად დაედო შესაბამის სამშენებლო ნორმებსა და წესებს. ეს მეთოდი მრღვევ ძაღვათა მეთოდის შემდგომი განვითარებაა, სადაც ნათლად არის განსაზღვრული ის ზღვრული მდგომარეობები, რომლებიც შეიძლება დაუდგეს კონსტრუქციას.

ზღვრულ მდგომარეობად იგულისხმება კონსტრუქციის ისეთი მდგომარეობა, რომლის დადგომისას მისი შემდგომი ექსპლუატაცია საერთოდ შეუძლებელია ან ნორმალური ექსპლუატაციაა შეუძლებელი, იმის გამო, რომ:

კონსტრუქცია ირღვევა, კარგავს მდგრადობას (ზღვრული მდგომარეობის პირველი ჯგუფი), წარმოიქმნება ბზარები, როდესაც ნორმებით არ არის დაშვებული, ბზარები გაიხსნება ნორმებით დასაშვებზე მეტად, განვითარდება ნორმებით დაუშვებელი სიდიდის ჩაღუნვები, ჩამაგრებული კვეთის მობრუნება, რხევის ამპლიტუდები და სხვა (მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობები). როგორც ვხედავთ, დადგინდა ზღვრულ მდგომარეობათა ორი ჯგუფი: პირველი – ზიდვის უნარის მიხედვით, მეორე – ნორმალური ექსპლუატაციისადმი გამოსადეგადობის მიხედვით.

ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით კონსტრუქციების გაანგარიშება გარანტიას იძლევა, რომ შენობებისა და ნაგებობების ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდში, გარე დატვირთვების ნებისმიერი არახელსაყრელი შეხამებისას და მასალათა წინაღობის შესაძლო ცვლილებებისას, მთლიანად კონსტრუქციას და მის შემადგენელ ელემენტებს არ დაუდგებათ არც ერთი ზღვრული მდგომარეობა.

პირველი ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშება ძირითადია და გამოიყენება კვეთების შერჩევისათვის. მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით გაიანგარიშება ის კონსტრუქციები, რომელთა სიმტკიცე უზრუნველყოფილია გაანგარიშებით, ოღონდ ექსპლუატაციის სპეციფიკის მიხედვით აუცილებელია სათანადო ბზარმდეგობისა და სიხისტის უზრუნველყოფა.

იმისათვის, რომ არ დაიშვას არც ერთი ზღვრული მდგომარეობა შემოღებულია კოეფიციენტების სისტემა, რომელიც ითვალისწინებს კონსტრუქციაზე მოქმედი ყველა ფაქტორის შესაძლო არახელსაყრელ გადახრას: დატვირთვების საიმედოობის კოეფიციენტები; ბეტონისა და არმატურის წინაღობის საიმედოობის კოეფიციენტები; შენობებისა და ნაგებობების დანიშნულების მიხედვით პასუხისმგებლობის ხარისხის საიმედოობის კოეფიციენტი; მასალების მუშაობის პირობების კოეფიციენტები, რომლებიც შეაფასებენ მასალების მუშაობის ისეთ პირობებს, რომელთა გათვალისწინება უშუალოდ ანგარიშში შეუძლებელია.

3.2. დატვირთვები და ზემოქმედებები

კონსტრუქციების დამზადების, ტრანსპორტირების, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის დროს მასზე მოქმედებს სხვადასხვა სახის დატვირთვა.

დატვირთვები მოქმედების ხანგრძლივობის მიხედვით არის: მუდმივი და დროებითი (ხანგრძლივი, ხანმოკლე და განსაკუთრებული);

მუდმივი დატვირთვებია: მზიდი და შემომფარგვლელი კონსტრუქციების საკუთარი მასისაგან გამოწვეული დატვირთვა, გრუნტის წონა და დაწნევა, წინასწარ მომკუმშავი ძალა;

დროებითი ხანგრძლივი დატვირთვებია: სტაციონარული დანადგარებისა და მანქანების წონა; სითხის, მყარი ან ფხვიერი მასის წონა, რომელიც დანადგარებშია მოთავსებული; დატვირთვები გამოწვეული საწყობებში, წიგნსაცავებში, მაცივრებსა და სხვა მსგავს ნაგებობებში სართულშორის გადახურვაზე დაწყობილი მასალებისაგან.

დროებით ხანმოკლე დატვირთვებს განეკუთვნება: ადამიანისაგან, თოვლისაგან, ქარისაგან, ამწე-სატრანსპორტო მანქანებისაგან გამოწვეული დატვირთვები. აგრეთვე, კონსტრუქციის მონტაჟისა და რემონტისას აღძრული დატვირთვები.

განსაკუთრებული დატვირთვები შეიძლება აღიძრას სეისმური ან აფეთქების ზემოქმედების, აგრეთვე ტექნოლოგიური პროცესის დარღვევის (ავარიის) შედეგად.

ჩაღუნვებზე და ბზარმდეგობაზე გაანგარიშებისას ზოგჯერ საჭირო ხდება ხანმოკლე დროებითი დატვირთვის ნაწილის ხანგრძლივ დატვირთვისადმი

მიკუთვნება. ეს არის 30...60% თოვლი და 50...70% ხიდურა ამწეებისაგან გამოწვეული დატვირთვა.

ზღვრული მდგომარეობების მიხედვით გაანგარიშებისას დატვირთვები სიდიდის მიხედვით იყოფა ნორმატიულ და საანგარიშო დატვირთვებად. ნორმატიულია F_n დატვირთვა, რომელიც ნაგებობის ნორმალური ექსპლუატაციისას კონსტრუქციაზე მოქმედ შესაძლო დატვირთვებიდან საშუალოა ან მაქსიმალური და შეტანილია სათანადო ნორმებში. ამ ფაქტობრივი დატვირთვების ნორმატიული მნიშვნელობიდან შესაძლო გადახრის გათვალისწინება ხდება დატვირთვის მიხედვით საიმედოობის γ_f კოეფიციენტის საშუალებით. მიიღება საანგარიშო დატვირთვა $F = \gamma_f F_n$.

პირველი ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა გაანგარიშებისას γ_f მიიღება: მუდმივი დატვირთვისას – 1,1...1,3; დროებითისთვის – 1,2...1,4; თოვლის დატვირთვისათვის – 1,4...1,6. თუ კონსტრუქციის მასის შემცირება იწვევს მისი მუშაობის გაუარესებას (მაგალითად საყრდენი კედლის გადაყირავებაზე გაანგარიშებისას), მაშინ – $\gamma_f = 0,8...0,9$.

მეორე ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშებისას $\gamma_f = 1$. ამით შემცირებულია ამ მდგომარეობათა დადგომის საშიშროება, რადგან გაანგარიშება ხდება ფაქტობრივად ნორმატიულ (საექსპლუატაციო) დატვირთვებზე, რომლებიც ნაკლებია საანგარიშოზე.

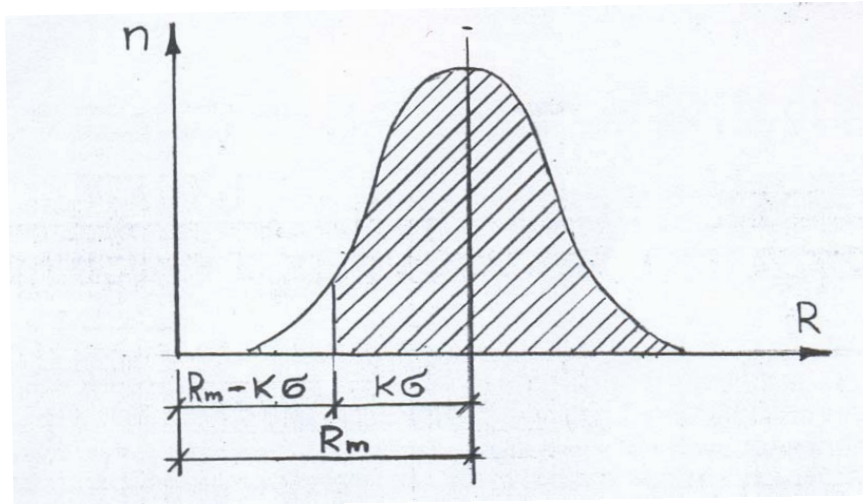
შენობისა და ნაგებობის ექსპლუატაციისას ყველა დატვირთვა შეიძლება მოქმედებდეს კონსტრუქციაზე სხვადასხვა შეხამებით. გაანგარიშება ხდება დატვირთვების ყველაზე არახელსაყრელ შეხამებაზე. ნორმებით გათვალისწინებულია ორი სახის შეხამება: ძირითადი – მუდმივი, ხანგრძლივი და ხანმოკლე დატვირთვები და განსაკუთრებული – მუდმივი, ხანგრძლივი, ხანმოკლე და ერთ-ერთი განსაკუთრებული დატვირთვა. ამ დატვირთვების ერთდროულად მაქსიმალური სიდიდით მოქმედების ალბათობის გათვალისწინება ხდება შეხამების ψ_1 (ხანგრძლივი დატვირთვა) და ψ_2 (ხანმოკლე დატვირთვა) კოეფიციენტებით. თუ შეხამებაში მხოლოდ ერთი დროებითი (ხანგრძლივი ან ხანმოკლე) დატვირთვაა შეყვანილი, მაშინ $\psi_1 = \psi_2 = 1$. თუ ორი და მეტი დროებითი დატვირთვაა – $\psi_1 = 0,95$ და $\psi_2 = 0,9$.

3.3. ბეტონისა და არმატურის ნორმატიული და საანგარიშო წინააღობები

ბეტონის სიმტკიცის მახასიათებლები, მისი სტრუქტურის მნიშვნელოვანი არაერთგვაროვნების გამო, ცვალებადია. ამიტომ კონსტრუქციის სათანადო საიმედოობის უზრუნველსაყოფად გაანგარიშებისას უნდა გავითვალისწინოთ ბეტონის სიმტკიცის ისეთი მნიშვნელობები, რომლებიც უმრავლეს შემთხვევაში ნაკლები იქნება, ვიდრე განხორციელებულ კონსტრუქციაში ბეტონის შესაძლო ფაქტიური სიმტკიცე. სიმტკიცის ცვალებადობა გამოისახება სტატისტიკური მრუდით (ნახ.10), რომელიც ასახავს n რაოდენობის ბეტონის კუბების გამოცდის შედეგად მიღებულ სიმტკიცეთა ცვალებადობას. სიმტკიცის საშუალო მნიშვნელობა R_m ასე გამოითვლება

$$R_m = (n_1 R_1 + n_2 R_2 + \dots + n_k R_k) / n. \quad (3.1)$$

აქ n_1, n_2, \dots, n_k კუბების რაოდენობაა, რომელთა გამოცდის შედეგად მიღებულია შესაბამისად R_1, R_2, \dots, R_k სიმტკიცე. ყველა ეს სიმტკიცის მაჩვენებელი გადახრილია სიმტკიცის საშუალო მნიშვნელობის ორივე მხარეს და დიდი რაოდენობის კუბების გამოცდისას მრუდი თითქმის სიმეტრიულია, თანაც, რაც მეტია სიმტკიცის მაჩვენებლის გადახრა საშუალოდან, მით ნაკლებია შესაბამისი სიმტკიცის კუბების



ნახ. 10. ბეტონის სიმტკიცის განაწილების მრუდი

რაოდენობა. სიმტკიცის ცვალებადობის დახასიათება ხდება საშუალო კვადრატული გადახრის ანუ σ სტანდარტის საშუალებით

$$\sigma = \sqrt{\frac{n_1 \Delta_1^2 + n_2 \Delta_2^2 + \dots + n_k \Delta_k^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}}, \quad (3.2)$$

სადაც $\Delta_i = R_i - R_m$.

სტანდარტის გამოთვლის შემდეგ, ალბათობის თეორიის მიხედვით, შესაძლებელია სიმტკიცის ისეთი R_{min} მინიმალური სიმტკიცის გამოთვლა, რომლის ალბათობის საიმედოობა იქნება წინასწარ დანიშნულის ტოლი

$$R_{min} = R_m - k\sigma = R_m \left(1 - k \frac{\sigma}{R_m}\right) = R_m (1 - k\nu). \quad (3.3)$$

$\nu = \sigma/R_m$ არის ცვალებადობის კოეფიციენტი, ანუ ვარიაციის კოეფიციენტი, k – საიმედოობის მაჩვენებელი.

ვარიაციის ν კოეფიციენტი გამოითვლება ყოველი კონკრეტული ქარხნისათვის. რაც ნაკლებია კოეფიციენტის სიდიდე, მით სტაბილურია ბეტონის სიმტკიცე. ნორმების მიხედვით მიღებულია კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობა $\nu=0,135$, რომლის დროს ბეტონის ხარისხი დამაკმაყოფილებელია, ხოლო $k=1,64$, რაც ნიშნავს, რომ R_{min} -ზე ნაკლებ სიმტკიცეს კუბების მხოლოდ 5% აჩვენებს. ასეთნაირად გამოთვლილი R_{min} არის ბეტონის სიმტკიცის ძირითადი მახასიათებელი, აღინიშნება B -თი და მას კლასი ეწოდება. მაშასადამე, კლასი ბეტონის სიმტკიცის ის კონტროლირებული მინიმუმია, რომლის ალბათობის საიმედოობა არის 0,95. სხვანაირად რომ ვთქვათ, 100 გამოცდილი კუბიდან (150X150X150 მმ წიბოთი, 20 ± 2 °C ტემპერატურის და არა უმცირეს 90% ტენიანობის პირობებში გამყარებული ბეტონის კუბების 28-ე დღეზე გამოცდით) 95 კუბი იქნება ასეთი და მეტი სიმტკიცის, ხოლო 5 კუბის სიმტკიცე იქნება კონტროლირებულ მინიმუმზე (კლასზე) ნაკლები. ბეტონის კლასის მნიშვნელობა შეტანილია ნორმებში ე.ი. იგი ბეტონის კუბური სიმტკიცის R_n ნორმატიული მნიშვნელობაა და (3.3)-ის მიხედვით გამოითვლება ფორმულით

$$R_n = B = R_m(1 - 1,64\nu). \quad (3.4)$$

მაშასადამე, ბეტონის კუბური სიმტკიცის R_n ნორმატიული მნიშვნელობის სიდიდე რიცხობრივად ბეტონის კლასის ტოლია.

რკინაბეტონის კონსტრუქციის დაპროექტებისას გაანგარიშებაში სარგებლობენ ბეტონის პრიზმული სიმტკიცის ნორმატიული მნიშვნელობით. იგი გამოითვლება კუბური სიმტკიცის ნორმატიულ მნიშვნელობასთან დამოკიდებულებით, (2.2) ფორმულის მიხედვით

$$R_{b,n} = R_n(0,77 - 0,001R_n) \geq 0,72R_n. \quad (3.5)$$

$R_{b,n}$ -ის მნიშვნელობები ბეტონის კლასების მიხედვით მოცემულია ნორმების სათანადო ცხრილებში.

ანალოგიურად გამოითვლება ღერძულ გაჭიმვაზე ბეტონის ნორმატიული წინაღობა (სიმტკიცე)

$$R_{bt,n} = R_{bt,m}(1 - 1,64\nu). \quad (3.6)$$

$R_{bt,n}$ -ის მნიშვნელობები ბეტონის კლასის მიხედვით მოცემულია ნორმებში.

ზემოგანხილულიდან ჩანს, რომ ბეტონის სიმტკიცის ცვალებადობის გათვალისწინება ხდება ალბათური მეთოდებით. მაგრამ რეალური კონსტრუქციების დამზადებისას მოსალოდნელია სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა (მაგალითად, ბეტონის ნარევის გადაზიდვა, ბეტონის ჩალაგება ყალიბში, ვიბრირება, გამყარება), რის გამოც ბეტონის ფაქტობრივი სიმტკიცე განსხვავებული იქნება ნორმატიული მნიშვნელობებისაგან. შესაძლებელია აგრეთვე, დამზადებული რკინაბეტონის ელემენტების ფაქტიური გომექტრიული ზომების განსხვავება დაპროექტების დროს მიღებულისაგან. ამ გადახრების სტატისტიკური მეთოდებით გათვალისწინება ჯერ ვერ ხერხდება. ამიტომ, ბეტონის წინაღობის მნიშვნელობის შესაძლო გადახრა უშუალოდ კონსტრუქციაში, გათვალისწინებულია სპეციალური საიმედოობის γ_b კოეფიციენტით. ბეტონის ნორმატიული წინაღობის გაყოფით γ_b კოეფიციენტზე მიიღება წინაღობის ის R_b საანგარიშო მნიშვნელობა, რომელიც უზრუნველყოფს დასაპროექტებელი კონსტრუქციის სრულ საიმედოობას და გამოიყენება სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას:

$$\text{კუმშვისას} - R_b = R_{bn} / \gamma_{bc}; \quad \text{გაჭიმვისას} - R_{bt} = R_{bt,n} / \gamma_{bt}. \quad (3.6)$$

პირველი ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით კონსტრუქციების კუმშვაზე გაანგარიშებისას $\gamma_{bc} = 1,3$; ხოლო გაჭიმვაზე გაანგარიშებისას - $\gamma_{bt} = 1,5$. მეორე ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშებისას - $\gamma_{bc} = \gamma_{bt} = 1$. მაშასადამე, დეფორმაციებზე გაანგარიშებისას ბეტონის საანგარიშო წინაღობები $R_{b,ser}$ და $R_{bt,ser}$, ფაქტობრივად ტოლია ნორმატიული წინაღობებისა.

საარმატურო ფოლადისათვის $R_{s,n}$ ნორმატიულ წინაღობად მიიღება სიმტკიცის ის კონტროლირებული მინიმალური მნიშვნელობა, რომელიც დადგენილია სათანადო სტანდარტით და მოწმდება ქარხნის ლაბორატორიაში: ღეროვანი არმატურისთვის, მაღალი სიმტკიცის მავთულისა და საარმატურო ბაგირებისათვის R_{sn} ტოლია ფიზიკური ან პირობითი დენადობის ზღვრის, ჩვეულებრივი მავთულოვანი არმატურისათვის - დროებითი წინაღობის 0,75-ის. საარმატურო ფოლადის ნორმატიული წინაღობა, როგორც ბეტონისათვის, მიიღება ალბათობის 0,95 საიმედოობით.

პირველი და მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობებისათვის არმატურის საანგარიშო R_s და $R_{s,ser}$ წინაღობა მიიღება ნორმატიული წინაღობის გაყოფით სათანადო საიმედოობის კოეფიციენტზე

$$R_s = R_{sn} / \gamma_s. \quad (3.7)$$

γ_s -ს მნიშვნელობა პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობებისათვის A-I და A-II კლასის ღეროვანი არმატურისათვის არის - 1,05; A-III კლასის

არმატურისათვის დიამეტრის მიხედვით – 1,07...1,1; ღეროვანი არმატურის დანარჩენი კლასებისათვის – 1,15...1,20; მავთულოვანი არმატურისათვის: B_p-I – 1,1, B_p-II, B-II – 1,20. მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობებისათვის $\gamma_s=1$.

არმატურის საანგარიშო წინაღობა მრავლდება მუშაობის პირობების γ_{si} კოეფიციენტზე, არმატურის კვეთში ძაბვების არათანაბარი განაწილების, დადლილობით რღვევის საშიშროებისა და დენადობის პირობით ზღვარზე უფრო მაღალი ძაბვებით არმატურის შესაძლო მუშაობის გასათვალისწინებლად.

3.4. ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშებების ძირითადი დებულებები

ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშება ხდება ზიდვის უნარის მიხედვით (პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობები) და ნორმალური ექსპლუატაციისათვის გამოსადეგობის მიხედვით (მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობები).

კონსტრუქციებს და მათ შემადგენელ ელემენტებს ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით, როგორც წესი, გაიანგარიშებენ დამზადების, ტრანსპორტირების, აგების და ექსპლუატაციის სტადიებისათვის. თანაც, საანგარიშო სქემა ყველა შემთხვევაში უნდა შეესაბამებოდეს კონსტრუქციის რეალურ დაძაბულ მდგომარეობას.

პირველი ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშებისას უნდა შესრულდეს პირობა

$$F \leq F_u. \quad (3.8)$$

ამ უტოლობის მარცხენა მხარეს საანგარიშო ძალვაა (M, N ან Q), იმ შესაძლო მაქსიმალური ძალვის ტოლი, რომელიც განსახილველ კვეთში აღიძვრება საანგარიშო დატვირთვების ან ზემოქმედების ყველაზე არახელსაყრელი შეხამებისას. საანგარიშო დატვირთვები მიიღება ნორმატიული დატვირთვების გამრავლებით: დატვირთვების საიმედოობის, შეხამების და შენობა-ნაგებობების დანიშნულების მიხედვით საიმედოობის შესაბამის კოეფიციენტებზე. უტოლობის მარჯვენა მხარესაა კონსტრუქციის ზიდვის უნარი, ანუ ის F_u შესაბამისი მაქსიმალური (საანგარიშო) ძალვა, რისი ატანაც შეუძლია კვეთს. F_u ფუნქციაა: კვეთის ფორმისა და ზომების, ბეტონისა და არმატურის საანგარიშო წინაღობების, მასალათა მუშაობის პირობების კოეფიციენტების, რომლებიც კონსტრუქციის დამზადებისა და ექსპლუატაციის არახელსაყრელ პირობებს ითვალისწინებენ.

მეორე ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშებისას დაცული უნდა იყოს შემდეგი პირობები:

ა) ბზარების წარმოქმნის მიხედვით გაანგარიშებისას (ბზარმდეგობის I კატეგორიის მოთხოვნა)

$$F \leq F_{crc}. \quad (3.9)$$

F საანგარიშო ან ნორმატიული დატვირთვებით აღძრული ძალვაა, ხოლო F_{crc} იმავე ძალვის ის მნიშვნელობა, რომლის მოქმედებისას წარმოიქმნება ბზარები;

ბ) წარმოქმნილი ბზარების დახურვის პირობაზე გაანგარიშება (ბზარმდეგობის II კატეგორიის მოთხოვნა) გულისხმობს, რომ რიგ შემთხვევებში მთლიანი ნორმატიული დატვირთვით გამოწვეული ბზარები უნდა დაიხუროს ხანმოკლე დატვირთვის მოხსნის შემდეგ. ეს მოხდება, თუ გაჭიმულ ზონაში არმატურა იმუშავებს დრეკადად, ე.ი.

$$\sigma_{sp} + \sigma_s \leq 0,8R_{s,ser}. \quad (3.10)$$

σ_{sp}, σ_s წინასწარ მომკუმშავი ძალისა და სრული დატვირთვისაგან გაჭიმულ არმატურაში გამოწვეული ძაბვებია;

გ) რკინაბეტონის ელემენტის გრძივი ღერძისადმი ნორმალურ და დახრილ კვეთებში ბზარის გახსნის სიღრმის მიხედვით გაანგარიშებისას (ბზარმდეგობის III კატეგორიის მოთხოვნა)

$$a_{crc} \leq a_{crc,u} \cong 0,05...0,3 \text{ მმ.} \quad (3.11)$$

a_{crc} არის ბზარის გახსნის სიღრმე ნორმატიული დატვირთვისაგან, $a_{crc,u}$ – ნორმებით დადგენილი, ბზარების გახსნის მაქსიმალური სიღრმე;

დ) საერთო დეფორმაციების (ჩაღუნვის) მიხედვით გაანგარიშებისას

$$f \leq f_u = \frac{l}{200} \dots \frac{l}{600} . \quad (3.12)$$

აქ f არის ნორმატიული დატვირთვით გამოწვეული ჩაღუნვა, f_u – აღნიშნული კონსტრუქციისათვის ნორმებით დადგენილი ზღვრული ჩაღუნვა, l – ღუნვადი ელემენტის მალი.

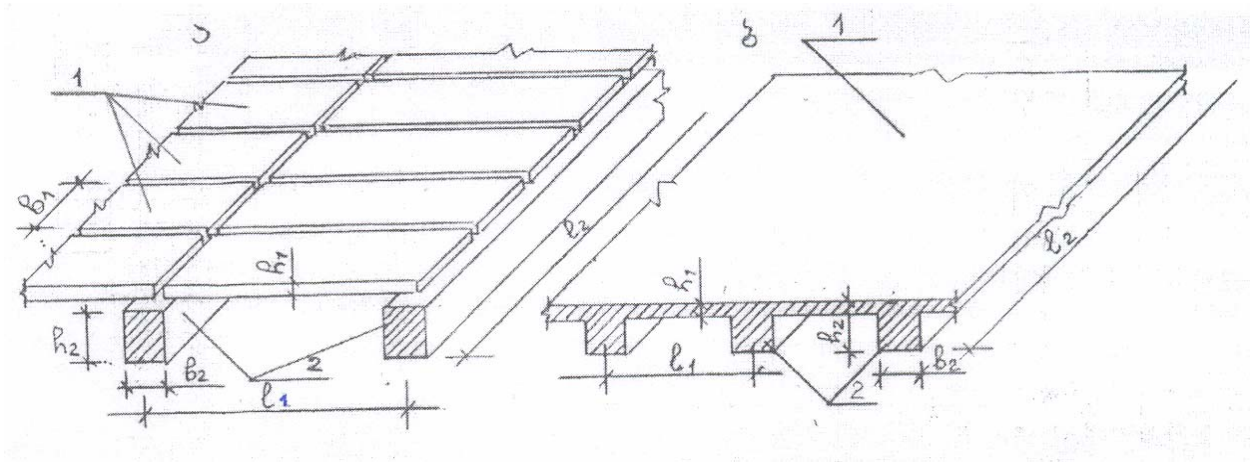
საკონტროლო საკითხები

1. რომელი მეთოდები უძლოდა წინ რკინაბეტონის გაანგარიშების თანამედროვე მეთოდს. ამ მეთოდების ნაკლი.
2. ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით განგარიშების საფუძვლები. ზღვრულ მდგომარეობათა ჯგუფები.
3. პირველი და მეორე ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშების მიზნები.
4. კონსტრუქციაზე მოქმედი დატვირთვების კლასიფიკაცია. ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვები. დატვირთვების შეხამება.
5. როგორია დატვირთვების მიხედვით საიმედოობის კოეფიციენტების მნიშვნელობები ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშებისას.
6. რა არის ბეტონის ნორმატიული წინაღობა. როგორია მისი დამოკიდებულება სიმტკიცის საშუალო მნიშვნელობასთან.
7. როგორ გამოითვლება ბეტონის საანგარიშო წინაღობა ზღვრულ მდგომარეობათა პირველი და მეორე ჯგუფისათვის.
8. რისთვის შემოაქვთ გაანგარიშებაში ბეტონის მიხედვით სიმტკიცის საიმედოობის კოეფიციენტი და მუშაობის პირობების კოეფიციენტები.
9. როგორ ინიშნება სხვადასხვა ფოლადის არმატურისათვის ნორმატიული წინაღობა.
10. არმატურის საანგარიშო წინაღობები. საიმედოობისა და მუშაობის პირობების კოეფიციენტები.
11. ჩაწერეთ ზოგადი სახის გამოსახულებები, რომლებიც გამორიცხავენ პირველი და მეორე ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა დადგომას. ასხენით მათი არსი.
12. ჩამოთვალეთ რკინაბეტონის კონსტრუქციების ბზარმდეგობისადმი წაყენებული სამი კატეგორიის მოთხოვნა. დაასაბუთეთ ამ მოთხოვნების შესრულება სათანადო გაანგარიშების პრინციპებით.

4. ჩვეულებრივი (დაუძაბავი) რკინაბეტონის ელემენტების კონსტრუქცია და სიმტკიცეზე გაანგარიშება

4.1. ღუნვადი ელემენტის კონსტრუქციული თავისებურებები

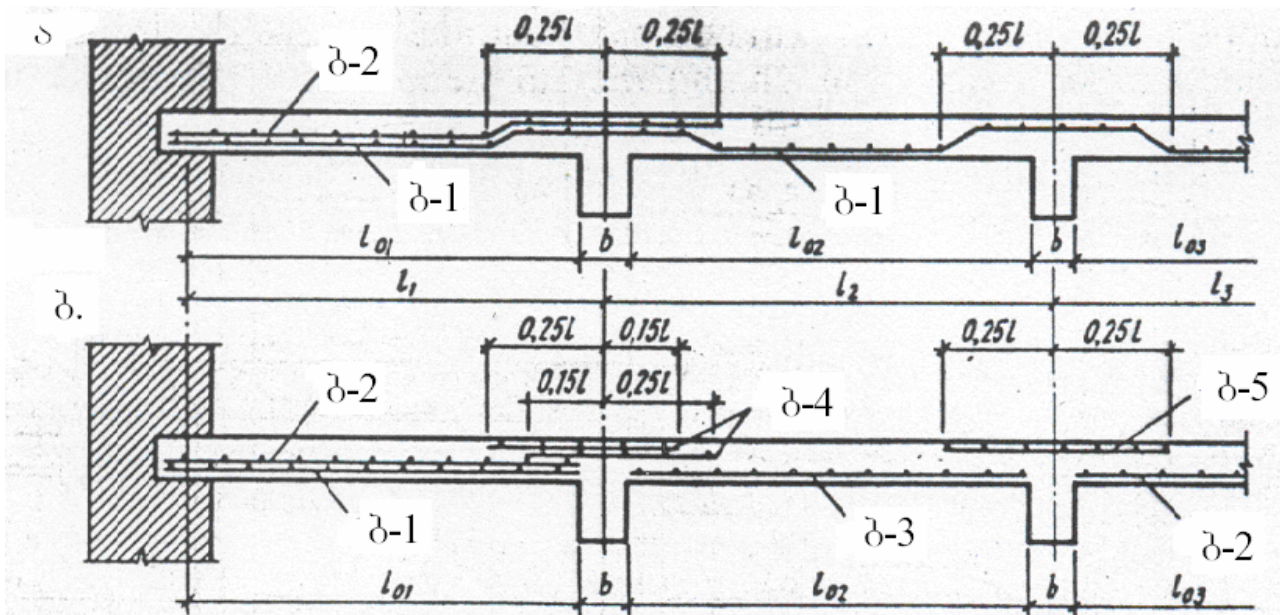
ღუნვადი ელემენტებია ფილა და კოჭი. ფილა ღუნვადი ელემენტია, რომლის h_1 სისქე გაცილებით მცირეა l_1 მალზე და b_1 სიგანეზე (ნახ.11,ა). კოჭის განივკვეთის ზომები (h_2 სიმაღლე და b_2 სიგანე) მნიშვნელოვნად ნაკლებია l_2 მალზე. ფილისათვის $h/l=1/20\dots 1/40$ და შეიძლება ნაკლებიც იყოს. კოჭისათვის $h/l=1/8\dots 1/20$, ხოლო $b/h=0,25\dots 0,5$. კოჭი და ფილა გამოიყენება, როგორც ცალკეული კონსტრუქციული ელემენტი, ისე ერთმანეთთან დაკავშირებული, როდესაც ქმნიან ერთიან, სართულთშორისი გადახურვის კონსტრუქციას (ნახ.11,ბ).



ნახ. 11. რკინაბეტონის ღუნვადი ელემენტები:
1-ფილა, 2-კოჭი

ფილა შეიძლება იყოს კოჭური და კონტურზე დაყრდნობილი. თუ ფილა ოთხივე კიდეზე ეყრდნობა და მიმდებარე გვერდების სიგრძეთა შეფარდება არის 2:1 ან ნაკლები, მაშინ ფილა იღუნება ორი მიმართულებით და მას კონტურზე დაყრდნობილი ფილა ეწოდება. როდესაც გვერდების სიგრძეთა შეფარდება მეტია, ვიდრე 2:1, მაშინ იგი მუშაობს (იღუნება) მხოლოდ ერთი, მოკლე გვერდის მიმართულებით და ამიტომ მას კოჭური ფილა ეწოდება. კოჭურია აგრეთვე ყველა ის ფილა, რომელიც ეყრდნობა მხოლოდ ორი, ერთმანეთის მოპირდაპირე გვერდით. მიღებულია, რომ ფილის მინიმალური სისქე მონოლითურ გადახურვაში არის 40 მმ, სამოქალაქო შენობის სართულთშორისი გადახურვაში – 50 მმ, სამრეწველოში – 60 მმ, გადახურვის ასაწყობ პანელებში, რომლებიც ქარხნებში მზადდება ფილის სისქე შეიძლება იყოს 25...30 მმ.

ფილების დაარმატურება ხდება უპირატესად შედუღებული რულონური ან ბრტყელი ბადეებით (ნახ.12). მუშა არმატურა ძირითადად ბადის გრძივი მიმართულებით ლაგდება, რომელიც გაანგარიშებით შეირჩევა.

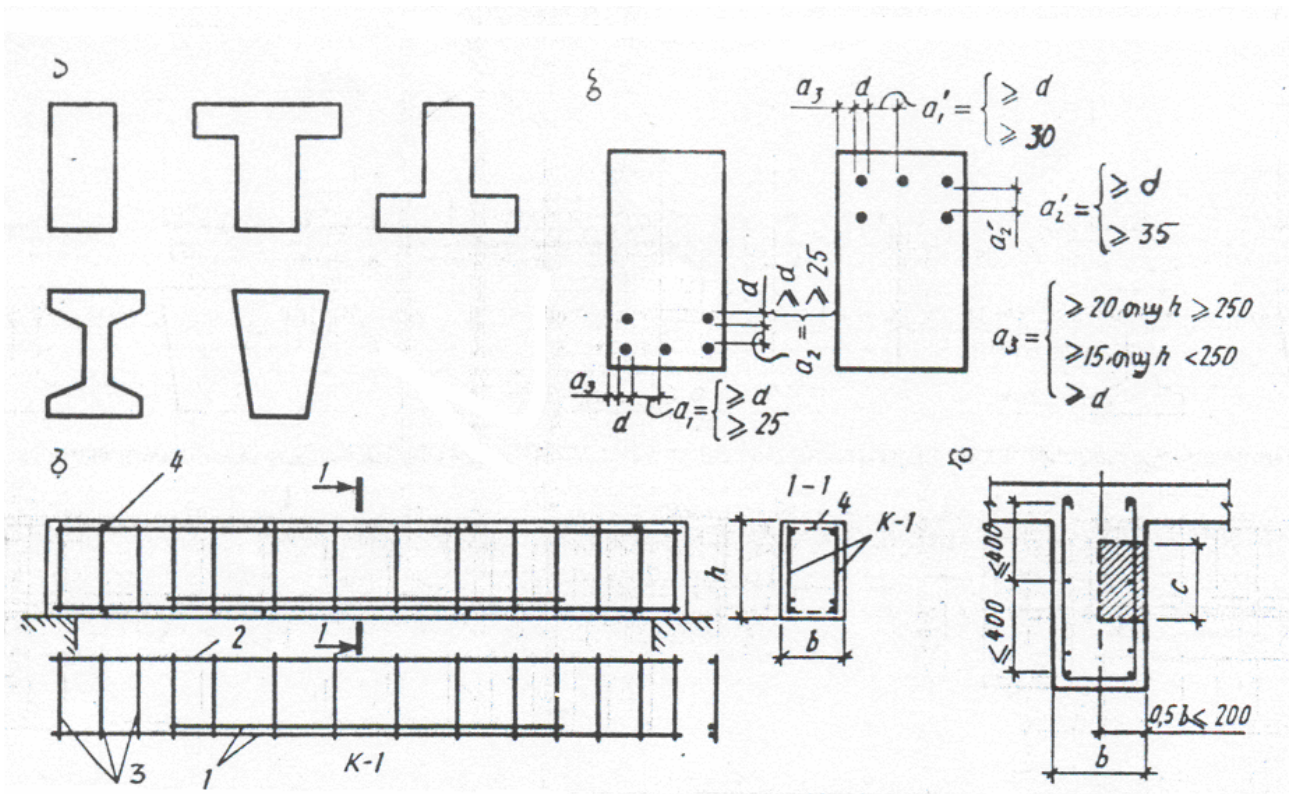


ნახ. 12. რკინაბეტონის მონოლითური მრავალმალიანი ფილის დაარმატურება: ა-რულონური ბადეები, გრძივი მუშა არმატურით; ბ-ბრტყელი ბადეები, განივი მუშა არმატურით

განივი მიმართულებით ლაგდება უპირატესად გამანაწილებელი არმატურა, რომლის დიამეტრი და ბიჯი კონსტრუქციული მოსაზრებით ინიშნება. მუშა არმატურა ლაგდება გაჭიმულ კიდესთან, მღუნავი ეპიურის შესაბამისად. თუ ფილა კონტურზე დაყრდნობილია, მაშინ მუშა არმატურა ჩალაგდება ორივე მიმართულებით. შედუღებული რულონური ბადეები მზადდება B_p-I კლასის მავთულოვანი არმატურისაგან დიამეტრით 3...5 მმ. 6...10 მმ დიამეტრის ღეროვანი, A-III კლასის არმატურა გამოიყენება, როგორც რულონურ ბადეში (მუშა არმატურის განივი მიმართულებით განლაგება), ისე ბრტყელ შედუღებულ ბადეში. ხელით შეკრული ბრტყელი ბადე მზადდება A-I და A-III კლასის 6...10 მმ-ის ღეროვანი არმატურით ან სქელ ფილებში A-III კლასის 12 მმ და მეტი დიამეტრის ღეროებით. მუშა ღეროებს შორის დაშორებაა 100...200 მმ. გამანაწილებელი, 3...6 მმ დიამეტრის არმატურა ლაგდება ყოველ 250...300 მმ-ზე, მაგრამ არა უშორეს 350 მმ-ისა. ფილის დაარმატურებისას, თუ ეს გაანგარიშებით შესაძლებელია, ღეროების ნაწილს (არა უმეტეს მუშა არმატურის 50-60%-ისა) ფოლადის ეკონომიის მიზნით, შეწყვეტენ მალში. ბეტონის დამცველი შრე მუშა არმატურისათვის აიღება არანაკლები 10 მმ-ისა, 100 მმ-ზე უფრო სქელ ფილებში - არა უმცირეს 15 მმ-სა.

რკინაბეტონის კოჭების განივი კვეთის ფორმა უმრავლეს შემთხვევაში მართკუთხაა, თუმცა გვხვდება T-სებრი, I-სებრი და ტრაპეციის ფორმის კვეთები (ნახ.13). კოჭის განივი კვეთის სიმაღლე აიღება 50 მმ-ის ჯერადი, თუ იგი 600 მმ და ნაკლებია, ხოლო თუ უფრო დიდი სიმაღლისაა - 100 მმ-ის ჯერადი.

კოჭების დაარმატურება ხდება გრძივი მუშა არმატურით, ძირითადად A-III კლასის ფოლადის 12...32 მმ ღეროებით, იშვიათად A-II კლასის არმატურით. განივ არმატურად გამოიყენება A-I, A-II ან A-III კლასის 6...10 მმ ღეროვანი ან B_p-I კლასის 3...5 მმ დიამეტრის მავთულოვანი არმატურა. სამონტაჟო არმატურად ძირითადად აიღება 10...12 მმ A-I კლასის არმატურა. გრძივი, განივი და სამონტაჟო ღეროები გაერთიანებულია შედუღებულ ბრტყელ (შედარებით იშვიათად ხელით შეკრულ სივრცით) კარკასებად. ყალიბში ჩაწყობილი რამდენიმე ბრტყელი კარკასი მოკლე ღეროების მიღუღებით ერთიანდება სივრცულ კარკასად.



ნახ. 13. კოჭების განივი კვეთის სახეობა და დაარმატურება:
 ა-განივი კვეთის ფორმები; ბ-კვეთში გრძივი არმატურის განლაგება;
 გ-ერთმალისანი რკინაბეტონის კოჭის დაარმატურება; დ-დამატებითი
 გრძივი არმატურა კოჭის გვერდით წახნაგზე, როდესაც $h > 700$ მმ-ზე;
 1-მუშა არმატურა; 2-სამონტაჟო არმატურა; 3-განივი ღეროები; 4-
 არმატურის ბრტყელი კარკასების შემაერთებელი ღეროები

მუშა არმატურა გაჭიმულ ზონაში შეიძლება ჩალაგდეს ერთ ან ორ რიგად ერთმანეთისაგან ისეთი დაშორებით, რომ შესაძლებელი გახდეს ბეტონის მჭიდრო, თანაბარი ჩალაგება, მისი არმატურასთან საკმარისი შეჭიდულობის უზრუნველსაყოფად. ამისთვის საჭიროა მუშა ღეროებს შორის სიმაღლეში დაშორება იყოს არანაკლები ღეროს უდიდესი დიამეტრისა; დაბეტონების გასაადვილებლად ქვედა არმატურისათვის - არანაკლები 25 მმ-სა, ზედასათვის - 35 მმ-ისა. სიგანეში ღეროებს შორის მანძილი რეკომენდებულია ქვედა არმატურისათვის - 25 მმ, ზედასათვის - 30 მმ. განივი არმატურის რაოდენობა, დიამეტრი და მათ შორის მანძილი მიიღება გაანგარიშებით ან კონსტრუქციული მოსაზრებით. კოჭებსა და გადახურვის წიბოებში, როდესაც განივი კვეთის სიმაღლე $h \leq 150$ მმ, აგრეთვე მრავალსიღრუიან პანელში, რომლის სიმაღლე $h < 300$ მმ-ზე, განივი არმატურა შეიძლება არ მოეწყოს. დანარჩენ შემთხვევებში განივი არმატურა აუცილებელია. როდესაც კოჭის განივი კვეთის სიმაღლე $h \leq 450$ მმ განივი არმატურებს შორის მანძილი, საყრდენებიდან მალის $1/4$ ნაწილზე აიღება არა უმეტეს $h/2$ -ისა, მაგრამ არა უმეტეს 150 მმ-ისა; კოჭებისათვის, როდესაც $h > 450$ მმ-ზე - არა უმეტეს $h/3$ -ისა, მაგრამ არა უმეტეს 500 მმ-ისა. მალის შუა ნაწილში, როდესაც $h > 300$ მმ-ზე - არა უმეტეს $(3/4)h$ -ისა და არა უმეტეს 500 მმ-ისა. თუ კოჭის განივი კვეთის სიმაღლე $h > 700$ მმ-ზე, განივი არმატურის თავისუფალი სიგრძის შესამცირებლად სიმაღლის ყოველ 400 მმ-ზე ლაგდება გრძივი სამონტაჟო ღეროები, საერთო ფართობით გრძივი მუშა არმატურის განივი კვეთების

ფართობის არანაკლებ 0,1%-ისა. ხელით შეკრულ სივრცულ კარკასებში განივ არმატურას ცალკეები ეწოდება.

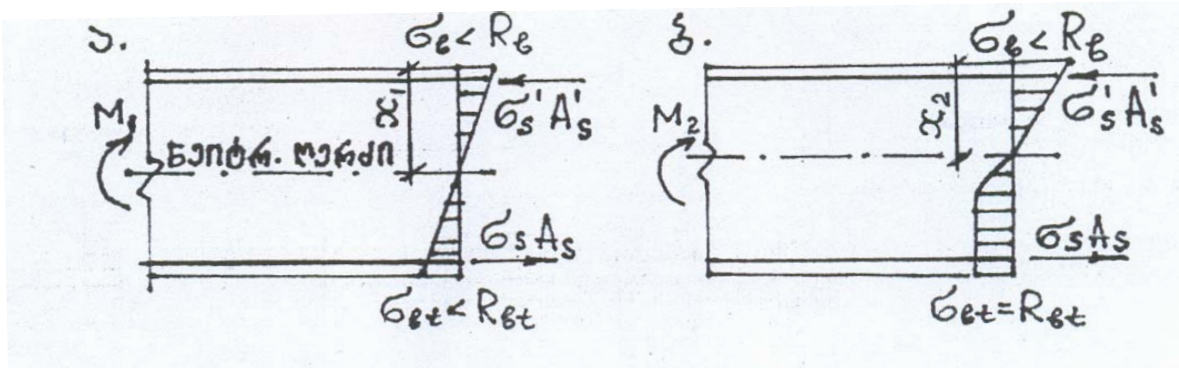
ღუნვადი ელემენტის დაპროექტებისას ერთი და იმავე ზიდვის უნარის მიღწევა შესაძლებელია კვეთის გეომეტრიული ზომების (ძირითადად სიმაღლის) და დაარმატურების პროცენტის $\mu\% = (A_s/bh_0) \cdot 100$ სათანადო შერჩევით. ეკონომიკური მოსაზრების მიხედვით ელემენტის განივი კვეთის გაზრდით შეიძლება არმატურის რაოდენობის (განივკვეთის ჯამური ფართობის) შემცირება და პირიქით, დაარმატურების პროცენტის გაზრდით შეიძლება ელემენტის განივი კვეთის სიმაღლის შემცირება. რკინაბეტონის კონსტრუქციის დაპროექტებისას განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს სწორი დაარმატურება: დადგინდეს დაარმატურების ოპტიმალური პროცენტი გამომდინარე იმ მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობებიდან, რომელთა ფარგლებიდან გამოსვლა, როგორც ტექნიკურად, ისე ეკონომიკურად გაუმართლებელია. ნორმების მიხედვით ღუნვადი ელემენტისათვის მუშა გაჭიმული არმატურით დაარმატურების მინიმალური პროცენტია $\mu_{\min}\% = 0,05\%$. თუ გაანგარიშებით გამოვიდა ამ რიცხვზე ნაკლები, არმატურა მხედველობაში არ მიიღება, ე.ი. იანგარიშება, როგორც დაუარმატურებელი ბეტონის ელემენტი. დაარმატურების მაქსიმალური პროცენტი დამოკიდებულია ბეტონის კლასზე, არმატურის კლასზე, დიამეტრზე და მოცემულია ნორმებში. დაპროექტების პრაქტიკით მიღებულია, რომ $\mu_{\max}\% = 3\%$ -ს. დაპროექტების გამოცდილების მიხედვით ფილისათვის დაარმატურების ოპტიმალურია $\mu_{opt}\% = 0,3...0,6\%$, კოჭისათვის $\mu_{opt}\% = 1...2\%$.

4.2. ღუნვადი ელემენტის ნორმალური კვეთის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობათა სტადიები

დატვირთვის ქვეშ რკინაბეტონის კონსტრუქციების რეალური დაძაბული მდგომარეობის დადგენა შესაძლებელია მხოლოდ ცდებით, რომლის მიხედვით ღუნვადი ელემენტის თანდათანობითი დატვირთვისას, ნულიდან მრღვევ სიდიდემდე, ბეტონისა და არმატურის თვისებების მნიშვნელოვანი განსხვავების გამო, ნებისმიერ კვეთში ძაბვები იცვლება განსხვავებულად, არა მარტო რაოდენობრივად, არამედ ხარისხობრივადაც.

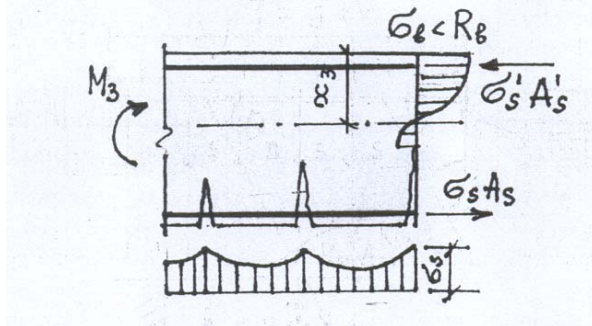
ნორმალური კვეთისათვის განასხვავებენ დაძაბული მდგომარეობის სამ დამახასიათებელ სტადიას.

I სტადია. დატვირთვის ჯერ კიდევ მცირე სიდიდისას ბეტონი და არმატურა კვეთში მუშაობს დრეკადად (ნახ.14,ა). სტადიის ბოლოს (ნახ.14,ბ) გაჭიმულ ბეტონში ვითარდება არადრეკადი დეფორმაციები (მართკუთხა ეპიურა) და ძაბვა უტოლდება ზღვრულ სიდიდეს ($\sigma_{bt} = R_{bt}$).



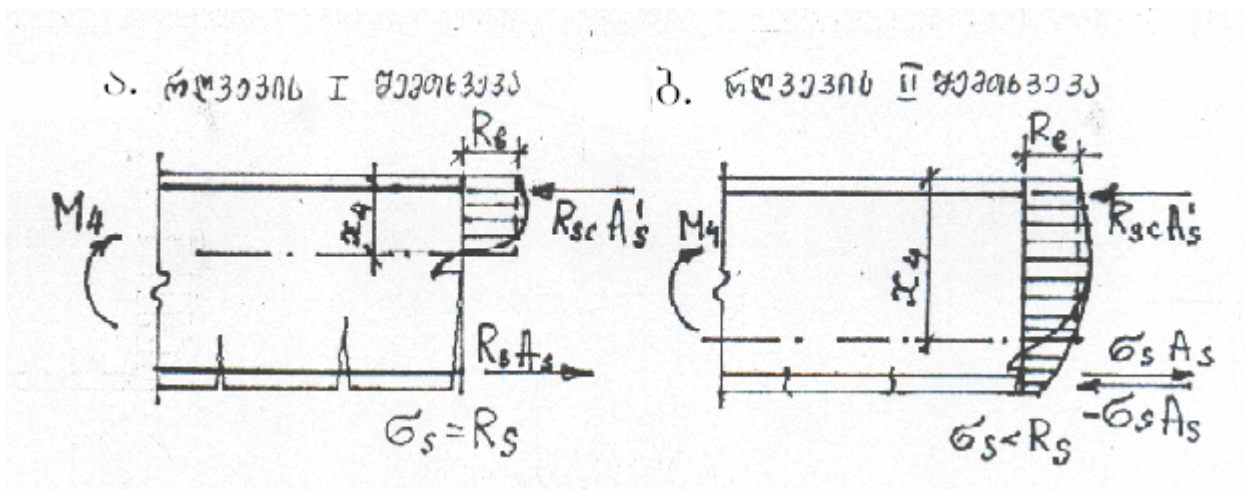
ნახ. 14. ღუნვადი ელემენტის კვეთის დაძაბული მდგომარეობის I სტადია

II სტადია. დატვირთვის შემდგომი გაზრდისას გაჭიმულ ბეტონში წარმოიქმნა ბზარი ეი $\sigma_{bt}=0$. შეკუმშულ ბეტონში, შეკუმშულ არმატურასა და გაჭიმულ არმატურაში (ნახვენებია ნახაზზე არმატურაში გამჭიმავი ძაბვების ეპიურა) ძაბვებს ჯერ არ მიუღწევია თავისი ზღვრული მნიშვნელობისათვის. II სტადია არის ექსპლუატაციის შესაბამისი დაძაბული მდგომარეობა.



ნახ. 15. დაძაბული მდგომარეობის II სტადია

III სტადია. ეს რღვევის სტადიაა. მოსალოდნელია რღვევის ორი შემთხვევა: I შემთხვევის დროს (ნახ.16,ა) ჯერ გაჭიმულ არმატურაში აღწევს ძაბვა ზღვრულ მნიშვნელობას (დენადობას), ხოლო შემდეგ, გაჭიმული არმატურის პლასტიკური დეფორმაციების გამო, შეკუმშულ ზონაში – ბეტონსა და არმატურაში. რღვევის II შემთხვევა (ნახ.16,ბ) მოსალოდნელია, როდესაც კვეთის გაჭიმულ ზონაში ბზარმდეგობის გასაზრდელად ან სხვა მოსაზრებით ჩალაგებულია ჭარბი რაოდენობის არმატურა. მაშინ ძაბვები ზღვრულ მნიშვნელობას აღწევს ჯერ შეკუმშულ ზონაში, ბეტონსა და არმატურაში, მაგრამ სანამ ძაბვები გაჭიმულ არმატურაშიც მიაღწევდეს ზღვრულ მნიშვნელობას, შეკუმშული ბეტონი იმსხვრევა (პლასტიკური დეფორმაციების სიმცირის გამო) და კვეთიც წყვეტს წინააღმდეგობას. გაჭიმულ ზონაში შესაძლებელია იმდენად ჭარბი არმატურა აღმოჩნდეს, რომ ბეტონი მთლიანად მთელ კვეთში შეიკუმშოს. ცხადია, რღვევის II შემთხვევის შესაბამისი დაარმატურება არაეკონომიურია, რადგან გაჭიმული არმატურის შესაძლებლობები სრულად არ არის გამოყენებული.



ნახ. 16. ღუნვადი ელემენტის კვეთის დაძაბული მდგომარეობის III სტადია

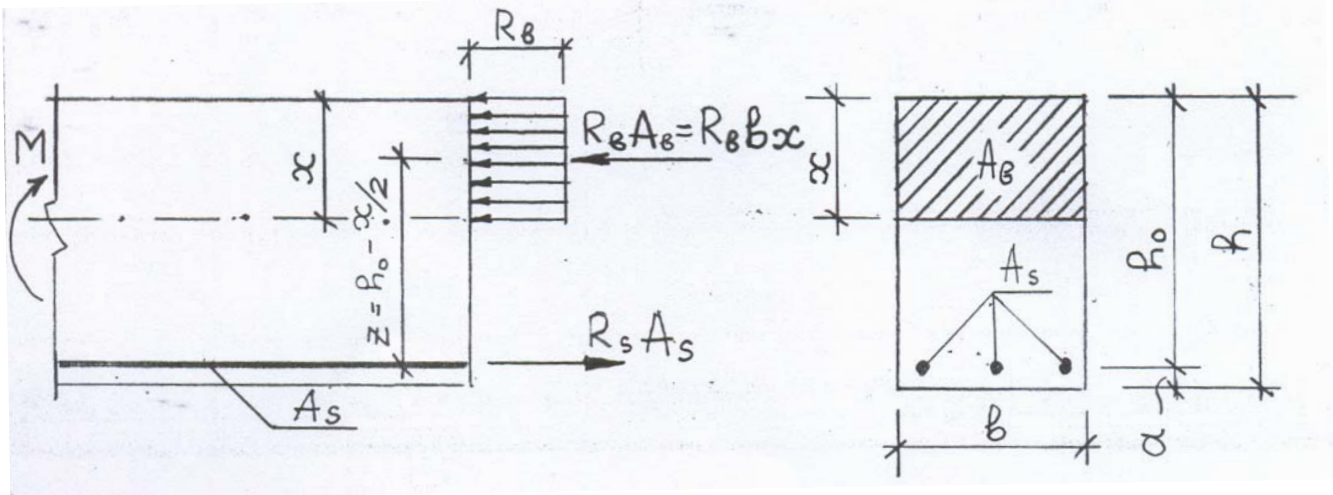
დაძაბული მდგომარეობის I სტადიის დასასრული საფუძვლად უდევს გაანგარიშებას ბზარების წარმოქმნის მიხედვით (II ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობა). II სტადია საფუძვლად უდევს გაანგარიშებას ექსპლუატაციის პირობებში ბზარების გახსნის სიდიდის მიხედვით და ჩაღუნვაზე (II ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობები). III სტადიის მიხედვით რკინაბეტონის ელემენტის კვეთი იანგარიშება სიმტკიცეზე (პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობა).

4.3. ღუნვადი ელემენტის ნორმალური, მართკუთხა, ცალფაარმატურიანი კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცის მიხედვით

რკინაბეტონის ღუნვადი ელემენტის ღერძის მიმართ ნორმალურ კვეთში გარე დატვირთვებისაგან აღძრული მომენტის მოქმედება გამოიხატება გამჭიმავი და მკუმშავი ძაბვების წარმოქმნით. როდესაც გამჭიმავი ძაბვების ასატანად კვეთის გაჭიმულ მხარეს ჩალაგებულია არმატურა, ხოლო შეკუმშულ ზონაში ძაბვები გადაეცემა მხოლოდ ბეტონს, ასეთ კვეთს ცალფაარმატურიანი ეწოდება. რკინაბეტონისათვის დამახასიათებელია სწორედ ცალფაარმატურიანი კვეთი, რადგან ხელსაყრელია კუმშვაზე მუშაობდეს მხოლოდ ბეტონი. შეკუმშულ ზონაში უნდა იყოს მხოლოდ სამონტაჟო არმატურა, რომელიც ინიშნება კონსტრუქციული მოსაზრებით.

როგორც 4.2 პარაგრაფში იყო აღნიშნული, სიმტკიცეზე გაანგარიშებას საფუძვლად უდევს დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის III სტადია. იმისათვის, რომ მივიღოთ საანგარიშო სქემა, განსახილველ კვეთს მოვაცილოთ ელემენტის მარჯვენა მხარე და მისი გავლენა შევცვალოთ სათანადო შიგა ძალებით (ნახ.17).

იმის გამო, რომ კვეთში ძაბვების რეალური განაწილება საკმაოდ რთულია, გამოიყენება ექსპერიმენტულად დასაბუთებული გამარტივებები: ა) შეკუმშულ ბეტონში ძაბვების სიდიდე ზღვრული მდგომარეობისას ტოლია R_b საანგარიშო წინაღობის; ბ) შეკუმშულ ზონაში ძაბვათა ნამდვილი განაწილების ეპიურა შეცვლილია მართკუთხა ეპიურით ანუ ბეტონის შეკუმშულ ფართობზე ძაბვები თანაბრად არის განაწილებული. ასეთი ეპიურის გამოყენება მხოლოდ 2...8% ცდომილებას იძლევა, მაგრამ მნიშვნელოვნად მარტივდება საანგარიშო გამოსახულებები; გ) გაჭიმულ ზონაში ბზარის თავზე არსებული ბეტონის გამჭიმავი ძაბვები სიმცირის გამო მხედველობაში არ მიიღება; დ) ზღვრული მდგომარეობისას გაჭიმულ არმატურაში ძაბვები მიიღება R_s საანგარიშო წინაღობის ტოლი.



ნახ. 17. ღუნვადი ელემენტის ცალფაარმატურიანი კვეთის საანგარიშო სქემა

ელემენტი რღვევის წინ ზღვრულ წონასწორობაშია, ე.ი. მის მიმართ მართებულია წონასწორობის პირობები: $\sum X = 0$, $\sum Y = 0$ და $\sum M = 0$. ჩავთვალოთ ელემენტის ღერძი X ღერძად. მაშინ $\sum X = 0$ (X ღერძზე ყველა ძალის გვემილების ჯამი უდრის ნულს), პირობიდან გვექნება

$$R_b b x - R_s A_s = 0, \text{ საიდანაც } x = R_s A_s / R_b b; \quad (4.1)$$

აქ b არის მართკუთხა კვეთის სიგანე, x – კვეთის შეკუმშული ზონის სიმაღლე. თუ კვეთის შიგა ძალების მომენტების ჯამს ავიღებთ გაჭიმული არმატურის კვეთის სიმძიმის ცენტრის ან ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმძიმის ცენტრის მიმართ, $\sum M = 0$ წონასწორობის პირობიდან გვექნება

$$M = R_b b x (h_0 - x/2); \quad M = R_s A_s (h_0 - x/2); \quad (4.2)$$

შევცვალოთ ტოლობა უტოლობით, მივიღებთ კვეთის სიმტკიცის პირობას, რადგან თუ გარე დატვირთვის საანგარიშო M მომენტი ნაკლებია შიგა საანგარიშო ძალების მომენტების ჯამზე, კვეთის სიმტკიცე უზრუნველყოფილია:

$$M \leq R_b b x (h_0 - x/2), \quad (4.3)$$

$$M \leq R_s A_s (h_0 - x/2). \quad (4.4)$$

(4.1) გამოსახულების ორივე მხარე გავყოთ h_0 -ზე, მივიღებთ

$$\frac{x}{h_0} = \xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0} = \mu \frac{R_s}{R_b}, \quad (4.5)$$

სადაც $\mu = A_s / b h_0$ დაარმატურების კოეფიციენტია. თუ მას გავამრავლებთ 100-ზე, მივიღებთ კვეთის დაარმატურების პროცენტს – $\mu\%$ -ს; $\xi = x/h_0$ არის კვეთში ბეტონის შეკუმშული ზონის ფარდობითი სიმაღლე. დაპროექტების დროს მოსახერხებელია ξ და μ უგანზომილებო სიდიდეებით ოპერირება, რადგან შესაძლებელია მათი ტაბულირება და სიდიდეთა ზღვრების დადგენა. დაარმატურების პირობიდან ცნობილია, რომ $\mu_{\min}\% = 0,05\%$, ხოლო $\mu_{\max}\% = 3\%$ -ს. დაპროექტების გამოცდილებიდან ფილისათვის ოპტიმალური დაარმატურების პროცენტი არის 0,3...0,6%, კოჭისათვის – 1...2%. შეკუმშული ზონის ფარდობითი სიმაღლე განსაზღვრავს თუ რამდენად რაციონალურად არის ელემენტი დაარმატურებული და კვეთის რღვევის რომელი შემთხვევაა: I შემთხვევა ($\xi \leq \xi_R$), როდესაც კვეთში ძაბვები ზღვრულ მნიშვნელობას აღწევს ჯერ არმატურაში და შემდგომ ბეტონში, თუ II შემთხვევა ($\xi > \xi_R$), ξ იმდენად დიდია, რომ კვეთის რღვევა იწყება შეკუმშული ბეტონის მსხვრევით და არმატურის შესაძლებლობა გამოუყენებელი რჩება. ξ_R კვეთის შეკუმშული ზონის სასაზღვრო ფარდობითი სიმაღლეა, რომლის დროსაც შეკუმშულ ბეტონსა და გაჭიმულ არმატურაში ძაბვები ერთდროულად აღწევს R_b და R_s საანგარიშო წინაღობას. ექსპერიმენტებით დადგენილია შეკუმშული ზონის ξ ფარდობითი სიმაღლის დამოკიდებულება გაჭიმული არმატურის დეფორმაციასთან, რის დაფუძველზეც

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{R_{sc}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)}, \quad (4.6)$$

სადაც $\omega = \alpha - 0,008 R_b$ ($\alpha = 0,85$ მძიმე ბეტონისთვის, $\alpha = 0,8$ – მსუბუქისთვის), R_b , R_s , R_{sc} საანგარიშო წინაღობებია ბეტონში, გაჭიმულ და შეკუმშულ არმატურაში.

I შემთხვევა ($\xi \leq \xi_R$).

პრაქტიკული გაანგარიშების გამარტივებისათვის (4.3) და (4.4) ფორმულებში შემოღებულია უგანზომილებო პარამეტრები. მაგალითად, (4.3) ფორმულაში თუ გავითვალისწინებთ, რომ $x = \xi h_0$ და ფრჩხილებს გარეთ გავიტანთ h_0 -ს, მივიღებთ

$$M = R_b b h_0^2 \xi (1 - 0,5\xi) = \alpha_m R_b b h_0^2, \quad (4.7)$$

სადაც $\alpha_m = \xi(1 - 0,5\xi)$; $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m}$; $h_0 = \sqrt{M / (\alpha_m R_b b)}$.

ანალოგიურად, (4.4) ფორმულის გარდაქმნით მივიღებთ

$$M = R_s A_s h_0 (1 - 0,5\xi) = R_s A_s h_0 \zeta, \quad (4.8)$$

აქ $\zeta = 1 - 0,5\xi$. (4.8)–დან $A_s = M / R_s \zeta h_0$. (4.9)

მიღებული ფორმულები სამართლიანია, თუ სრულდება პირობა

$$\alpha_m = \xi(1 - 0,5\xi) \leq \alpha_R = \xi_R(1 - 0,5\xi_R). \quad (4.10)$$

მაქსიმალური მომენტი რისი ატანაც შეუძლია ცალფაარმატურიან კვეთს

$$M_{\max} = \alpha_R R_b b h_0^2. \quad (4.11)$$

ξ, α_m, ζ უგანზომილებო სიდიდეები ურთიერთკავშირშია და საკმარისია გავიანგარიშოთ ან დავნიშნოთ ერთ–ერთი, რომ დანარჩენი ცნობილია სპეციალურად შედგენილი ცხრილის მიხედვით (დანართი 13).

მიღებული ფორმულებით სხვადასხვა პარამეტრის გაანგარიშების ბლოკ–სქემები და რიცხვითი მაგალითები მოცემულია 1-ელ, მე-2 და მე-3 დანართებში.

II შემთხვევა – ($\xi > \xi_R$). საანგარიშო ფორმულები იგივეა, რაც I შემთხვევისას, ოღონდ, რადგან გაჭიმულ არმატურაში დაბვა ვერ აღწევს R_s წინაღობას, საანგარიშო ფორმულაში მის ნაცვლად ჩაისმება σ_s :

$$M \leq R_b b x (h_0 - x/2); \quad (4.12)$$

$$M \leq \sigma_s A_s (h_0 - x/2); \quad (4.13)$$

$$\sigma_s A_s = R_b b x; \quad x = \sigma_s A_s / R_b b. \quad (4.14)$$

როდესაც რკინაბეტონის ელემენტის ბეტონის კლასია B30 და ნაკლები, ხოლო არმატურა A–III და ნაკლები კლასისაა, σ_s გამოითვლება ემპირიული ფორმულით

$$\sigma_s = \left(2 \frac{1 - \xi}{1 - \xi_R} - 1 \right) R_s. \quad (4.15)$$

პრაქტიკული გაანგარიშებისას შეკუმშული ზონის ფარდობით სიმაღლეს იღებენ ξ_R სასაზღვრო სიდიდის ტოლს. მაშინ მომენტი, რომელსაც აიტანს კვეთი, იქნება

$$\bar{M} = R_b b h_0^2 \xi_R (1 - 0,5\xi_R) = \alpha_R R_b b h_0^2. \quad (4.16)$$

შევადარებთ მას გარე საანგარიშო დატვირთვისაგან წარმოქმნილ M მომენტს და თუ პირობა $M \leq \bar{M}$ დაცულია, კვეთის სიმტკიცე უზრუნველყოფილია.

4.4. ღუნვადი ელემენტის ნორმალური, მართკუთხა, ორფაარმატურიანი

კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცის მიხედვით

ორფაარმატურიანია კვეთი, როდესაც მუშა არმატურა განლაგებულია, როგორც გაჭიმულ, ისე შეკუმშულ ზონაში. თუ დავუშვებთ, რომ შეკუმშულ ზონაში საანგარიშო არმატურის ფართობი ნულის ტოლია, მაშინ გვექნება ცალფაარმატურიანი კვეთი. რკინაბეტონისათვის უფრო დამახასიათებელია ცალფაარმატურიანი კვეთი, რადგან კუმშვაზე ხელსაყრელია მუშაობდეს მხოლოდ ბეტონი. შეკუმშულ ზონაში უნდა იყოს მხოლოდ სამონტაჟო არმატურა, რომელიც ინიშნება კონსტრუქციული მოსაზრებით.

თუ ცალფაარმატურიან კვეთს არ ძალუძს აიტანოს გარე დატვირთვისაგან აღძრული მომენტი იმის გამო, რომ შეკუმშული ბეტონი ვერ უძლებს შესაბამის მკუმშავ ძალას, მაშინ მოსალოდნელია კვეთის რღვევა შეკუმშული ბეტონის მსხვრევის გამო (რღვევის II შემთხვევა). ეს შესაძლებელია მოხდეს შეკუმშული

ბეტონის დაბალი სიმტკიცის, განივკვეთის მცირე გეომეტრიული ზომების ან გაჭიმული არმატურის დიდი რაოდენობის (ჭარბარმატურიანი კვეთი) შედეგად. ეს უმრავლეს შემთხვევაში სასურველი არ არის კონსტრუქციული და ეკონომიკური მოსაზრებით, ამიტომ მიმართავენ შეკუმშული ზონის გაძლიერებას: უფრო მტკიცე ბეტონის გამოყენებით, კვეთის ზომების გაზრდით (იზრდება შეკუმშული ზონის ფართობი – მცირდება მკუმშავი ძაბვა) ან მუშა არმატურის ჩალაგებით შეკუმშულ ზონაში. იმ შემთხვევაში, როდესაც გამოყენებული ბეტონის სიმტკიცე ნორმებით რეკომენდებულს შეესაბამება, ან რაიმე მიზეზით არ შეიძლება გაზრდა, ხოლო კონსტრუქციის განივკვეთის ზომების შეცვლა არქიტექტურული ან კონსტრუქციული მოსაზრებით შეუძლებელია, მაშინ რჩება მხოლოდ მუშა არმატურის ჩალაგება შეკუმშულ ზონაში, ე.ი. ვიღებთ ორფაარმატურიან კვეთს. ორფაარმატურიანი კვეთი არაეკონომიურია: 1) შეკუმშულ ზონაში საჭიროა უფრო ძვირი მუშა არმატურის კლასი – A-III, მაშინ, როდესაც კონსტრუქციული არმატურისათვის A-I-იც საკმარისია; 2) მუშა არმატურის რაოდენობა და დიამეტრი შეიძლება კონსტრუქციულზე მეტი აღმოჩნდეს; 3) განივი არმატურა შეკუმშულ ზონაში უნდა ჩალაგდეს უფრო ხშირად (ბიჯი 15d ხელით შეკრულ კარკასში და 20d – შედუღებულში), რომ შეკუმშულ მუშა არმატურას არ მიეცეს ამობურცვის საშუალება.

აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ არმატურის გამოყენება შეკუმშულ ზონაში შეზღუდულია ბეტონის მცირე დეფორმირებადობის გამო, რადგან ღეროვანი არმატურა ბეტონის რღვევის შემდეგ კუმშვაზე დამოუკიდებლად ვერ იმუშავებს – მხოლოდ აიღუნება. ბეტონის საშუალო ზღვრული ფარდობითი დეფორმაცია $\epsilon_{bu} = 0,002$ -ს. ამ დროს არმატურაშიც განვითარდება იმავე სიდიდის ϵ_s დეფორმაცია, რადგან იგი ბეტონთან ერთად იკუმშება. გამოვთვალოთ შესაბამისი σ_{sc} ძაბვა არმატურაში

$$\sigma_{sc} = \epsilon_s E_s = \epsilon_{bu} \times E_s = 0,002 \times 2 \cdot 10^5 = 400 \text{ მგპა.} \quad (4.16)$$

გამოთვლის შედეგად ჩანს, თუ შეკუმშულ ზონაში ჩავალაგებთ ისეთ არმატურას, რომლის წინაღობა ნაკლებია ან ტოლი 400 მგპა-ზე (A-II, A-III-კლასი), მაშინ მისი შესაძლებლობები, მთლიანად გამოიყენება. თუ A-IV-კლასის არმატურას გამოვიყენებთ – მაშინ ნაწილობრივ. ხანგრძლივი დატვირთვის მოქმედებისას, როდესაც $\gamma_b < 1$, მაშინ $\epsilon_{bu} = 0,0025$. ცხადია ამ დროს მაქსიმალურად შესაძლებელი ძაბვა შეკუმშულ არმატურაში $\sigma_{sc} = 500$ მგპა-ს.

საანგარიშო სქემა ორფაარმატურიანი მართკუთხა კვეთისათვის მოცემულია მე-18 ნახაზზე. სიმტკიცის საანგარიშო ფორმულა (სიმტკიცის პირობა) ჩაიწერება $\sum M = 0$ წონასწორობის პირობიდან

$$M \leq M_b + M'_s = R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = \alpha_m R_b b h_0^2 + R_{sc} A'_s (h_0 - a') . \quad (4.17)$$

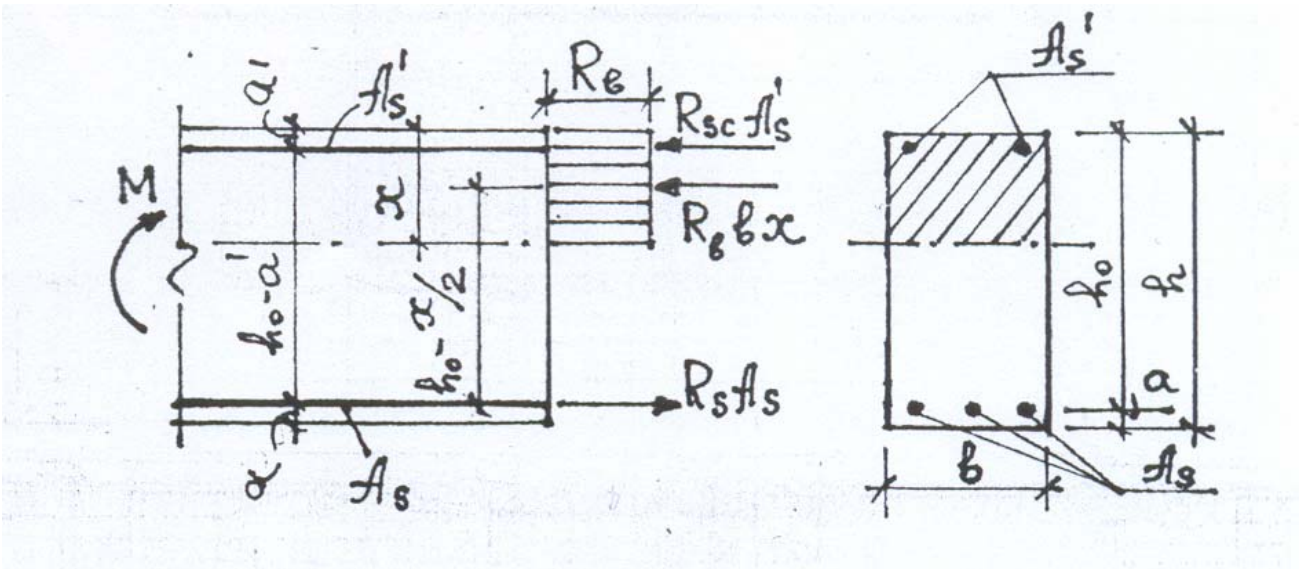
აქ M_b არის მომენტი, რომლის ატანა შეუძლია შეკუმშულ ბეტონს და მის შესაბამის გაჭიმულ არმატურას;

M'_s – მომენტი, რომლის ატანა შეუძლია შეკუმშულ არმატურას და გაჭიმული არმატურის დარჩენილ ნაწილს.

პირობიდან $\sum X = 0$, გამოვთვლით ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმაღლეს

$$R_b b x + R_{sc} A'_s = R_s A_s ,$$

საიდანაც
$$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} . \quad (4.18)$$



ნახ. 18. ღუნვადი ელემენტის ორფაარმატურიანი კვეთის საანგარიშო სქემა

ორფაარმატურიანი კვეთის სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას შეიძლება შეგვხვდეს ორი ტიპის ამოცანა: 1. შეკუმშულმა ბეტონმა ამოწურა თავისი შესაძლებლობები ანუ ბეტონს გადაეცემა მკუმშავი ძალების ის ნაწილი, რისი ატანაც მას შეუძლია, ხოლო დანარჩენი ძალების ასატანად ლაგდება შეკუმშული არმატურა, რომლის რაოდენობა უცნობია და უნდა გამოვთვალოთ; 2. შეკუმშულ ზონაში ჩალაგებული არმატურის რაოდენობა წინასწარ არის დანიშნული კონსტრუქციული მოსაზრებით ან იმის გამო, რომ მოქმედებს ელემენტზე ცვლადი ნიშნის მღუნავი მომენტები.

პირველი ტიპის ამოცანის გადაწყვეტისათვის ცნობილია, რომ $\xi = \xi_R$, ე.ი. $\alpha_m = \alpha_R$, მაშინ შიგა და გარე მომენტების ტოლობიდან გვაქვს

$$M'_s = R_{sc} A'_s (h_0 - a') = M - M_b = M - \alpha_m R_b b h_0^2 = M - \alpha_R R_b b h_0^2,$$

საიდანაც
$$A'_s = \frac{M - \alpha_R R_b b h_0^2}{R_{sc} (h_0 - a')}. \quad (4.19)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $x = x_R = \xi_R h_0$, მაშინ პირობიდან $\sum X = 0$ (ფორმულა 4.18) განვსაზღვრავთ გაჭიმული არმატურის A_s ფართობს

$$A_s = \frac{R_{sc} A'_s + R_b b \xi_R h_0}{R_s}; \quad (4.20)$$

მეორე ტიპის ამოცანის ამოხსნისათვის, როდესაც ცნობილია A'_s , პირობიდან $\sum M = 0$, განვსაზღვრავთ α_m -ს (ფორმულა 4.17).

$$\alpha_m = \frac{M - R_{sc} A'_s (h_0 - a')}{R_b b h_0^2}. \quad (4.21)$$

α_m -ის მიხედვით სათანადო ცხრილიდან (დანართი 13) მოვძებნით შესაბამის ξ -ს, გავითვალისწინებთ, რომ $x = \xi h_0$, შევიტანთ (4.18) გამოსახულებაში და განვსაზღვრავთ გაჭიმული არმატურის ფართობს

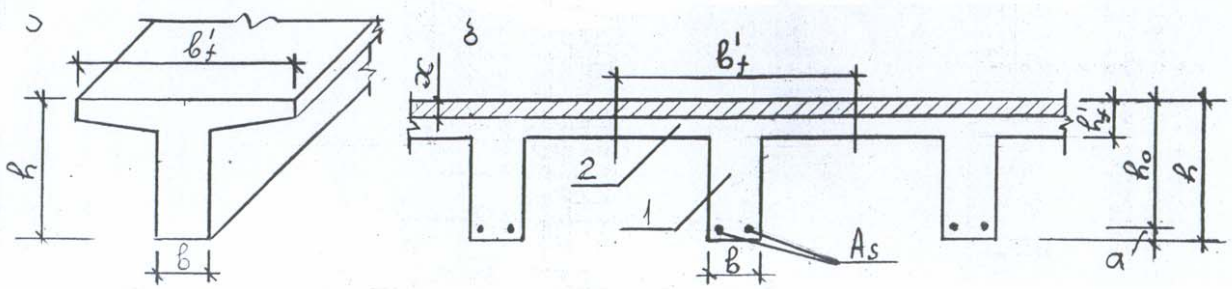
$$A_s = \frac{R_{sc} A'_s + R_b b \xi h_0}{R_s}. \quad (4.22)$$

ეს ამოცანაც ამოხსნილია.

განგარიშების ბლოკ-სქემები და რიცხვითი მაგალითები მოცემულია მე-4 და მე-5 დანართებში.

4.5. T-სებრი კვეთის ელემენტები

T-სებრი განივი კვეთის ელემენტები ფართოდ გამოიყენება მშენებლობაში ცალკეული კოჭის (ნახ.19,ა), პანელის სახით ან როგორც მონოლითური სართულთშორისი გადახურვის შემადგენელი ნაწილი (ნახ.19,ბ). ცდებით დადგენილია,



ნახ. 19. T-სებრი კვეთის ღუნვადი ელემენტები:
1- წიბო; 2 - თარო

რომ წიბოსაგან დაშორებულ თაროს ბოჭკოებში მკუმშავი ძაბვები მცირდება. ამიტომ ნორმები ზღუდავს თაროს შევრილების სიდიდეს წიბოდან ორივე მხარეს. იგი უნდა იყოს არა უმეტესი მაღის $1/6$ -ისა და არა უმეტესი: ა) თუ $h_f' \geq 0,1h$ - წიბოებს შორის მანძილის ნახევრისა (ნახ.19,ბ), ბ) თუ $h_f' < 0,1h - 6h_f'$ -ისა.

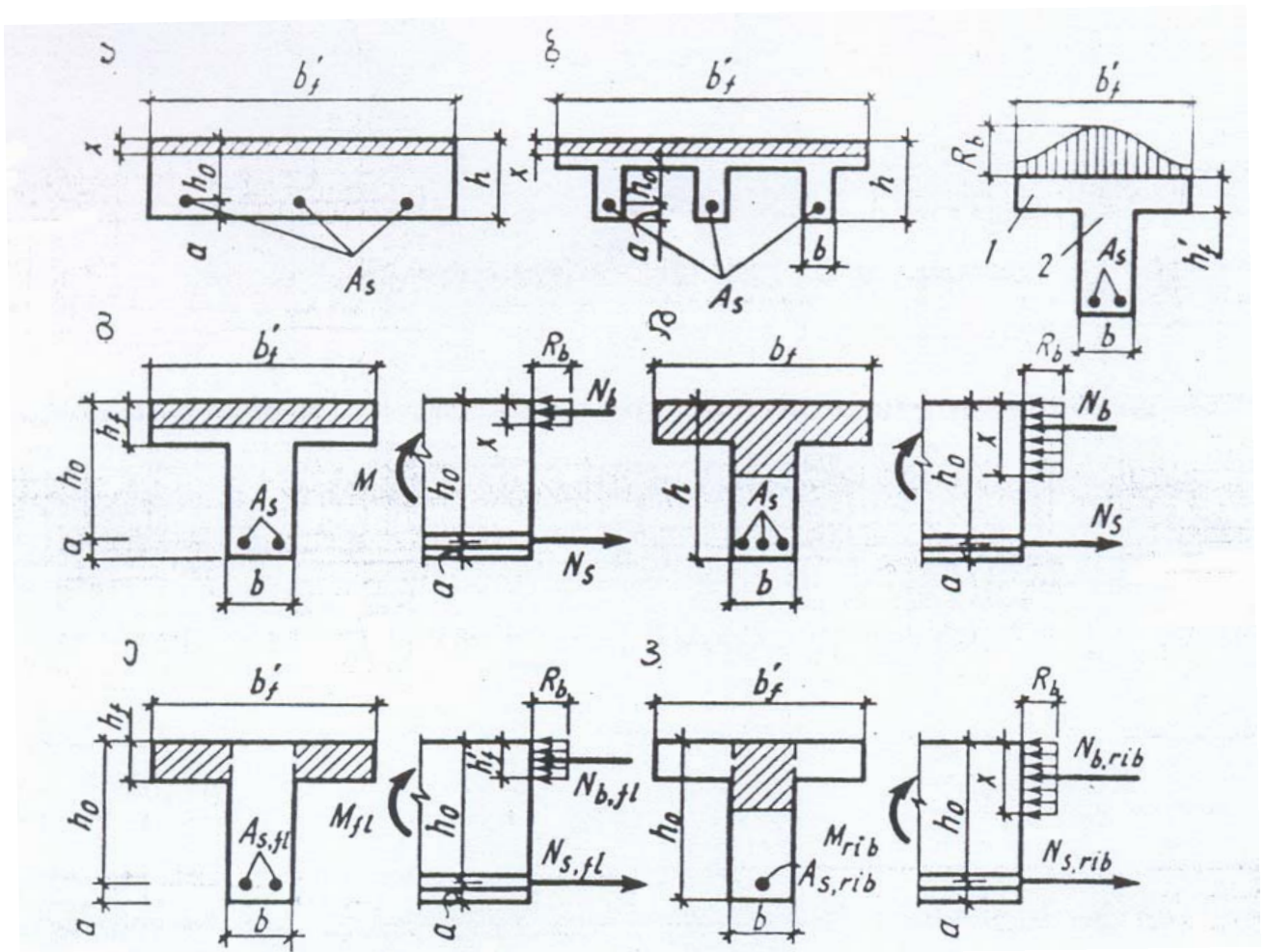
ცალკეულ T-სებრი განივიკვეთის კოჭებში თაროს კონსოლური შევრილების და b_f' სიგანის სიდიდე აიღება: ა) თუ $h_f' \geq 0,1h - 6h_f'$; $b_f' = b + 12h_f'$; ბ) თუ $h_f' < 0,05h$ თაროს შევრილები მხედველობაში არ მიიღება და განიხილება როგორც b სიგანის სწორკუთხა კვეთი.

T-სებრი განივიკვეთის კოჭის სიმტკიცეზე განგარიშებისას განიხილავენ ორ შემთხვევას: შეკუმშული ზონა თაროს ფარგლებშია ($x \leq h_f'$) (ნახ.20,ა,ბ,გ), ან მოიცავს წიბოს ნაწილსაც ($x > h_f'$) (ნახ. 20,დ).

შემთხვევა 1 ($x \leq h_f'$) გვხვდება, როდესაც თაროს სისქე საკმარისია გარე დატვირთვისაგან აღძრული მკუმშავი ძაბვების ასატანად. ამ შემთხვევის დასადგენად უნდა შესრულდეს პირობა

$$M \leq \bar{M}_{x=h_f'} = R_b b_f' h_f' (h_0 - x/2).$$

ასეთი ტიპის T-სებრი კვეთი იანგარიშება, როგორც ცალფაარმატურიანი მართკუთხა კვეთი, რომლის ზომებია $b_f' \times h$.



ნახ. 20 საანგარიშო სქემები T-სებრი კვეთის გასანგარიშებლად

შემთხვევა 2 ($x > h'_f$) გვექნება თუ ზემოთ მოყვანილი პირობა არ შესრულდა. მაშინ საანგარიშო სქემა იყოფა ორ ნაწილად (ნახ.20,ე,ვ). სიმტკიცის პირობა იქნება $M \leq \bar{M}_1 + \bar{M}_2$. თითოეული იანგარიშება, როგორც მართკუთხა განივი კვეთის ღუნვადი ელემენტი: 1. \bar{M}_1 -ის შემთხვევაში შეკუმშული ზონა არის თაროს შევრიღების ფართობი $(b'_f - b) \cdot h'_f$, კვეთის სიმაღლე h . განისაზღვრება შესაბამისი ზღვრული \bar{M}_1 მომენტი და არმატურის A_{s1} ფართობი. 2. \bar{M}_2 -ის გამოთვლისას შეკუმშული ზონის ფართობია $b \cdot x$, კვეთის სიმაღლე - h . აქაც განისაზღვრება შესაბამისი ზღვრული \bar{M}_2 მომენტი და არმატურის A_{s2} ფართობი. ცხადია, T-სებრი კვეთის გაჭიმული, მუშა არმატურის განივი კვეთის ჯამური ფართობი იქნება $A_{s1} + A_{s2}$.

გაანგარიშების შესაბამისი ბლოკ-სქემა და რიცხვითი მაგალითი მოცემულია მე-6 დანართში.

4.6. ღუნვადი ელემენტის დახრილი კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცის მიხედვით

4.6.1. ძირითადი საანგარიშო დებულებები

ღუნვად ელემენტში საყრდენებთან განივი ძალისა და მღუნავი მომენტის ერთობლივი მოქმედებით წარმოიქმნება მთავარი გამჭიმავი და მთავარი მკუმშავი ძაბვები

$$\sigma_{mc} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2}{4} - \tau_{xy}^2} \quad (4.23)$$

აქ σ_x და σ_y x და y ღერძების მიმართულების მიმართ ნორმალური ძაბვებია;

τ_{xy} – მხები ძაბვები (x ღერძი, იმავე ელემენტის გრძივი ღერძია).

ელემენტში მოსალოდნელია დახრილი ბზარის წარმოქმნა, ხოლო არასაკმარისი არმატურის შემთხვევაში – რღვევა, თუ მთავარი გამჭიმავი σ_{mt} ძაბვები მიაღწევს ზღვრულ R_{bt} -ს მნიშვნელობას. თუ მთავარი მკუმშავი σ_{mc} ძაბვები მიაღწევს ზღვრულ R_b სიდიდეს, მაშინ დახრილ ბზარებს შორის მოთავსებული ბეტონის ზოლი დაირღვევა კუმშვისაგან.

მართალია, დახრილი ბზარი წარმოიქმნება M მომენტისა და Q განივი ძალის ერთობლივი მოქმედებით, მაგრამ დახრილი კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცეზე ხდება ცალკე განივი ძალისა და ცალკე მღუნავი მომენტის მოქმედებაზე.

დახრილ ბზარებს შორის ბეტონის ზოლის სიმტკიცე მთავარი მკუმშავი ძაბვების მიხედვით უზრუნველყოფილია თუ დაცულია შემდეგი პირობა

$$Q \leq 0,3\phi_{w1}\phi_{b1}R_b b h_0 \quad (4.24)$$

ϕ_{w1} კოეფიციენტი ითვალისწინებს საკიდების გავლენას, ϕ_{b1} კოეფიციენტი – ბეტონის სიმტკიცის გავლენას, ორივე კი გამოითვლება ნორმების მიხედვით. თუ ზემოთ მოყვანილი პირობა არ სრულდება, მაშინ საჭიროა ელემენტის განივკვეთის გეომეტრიული ზომების გაზრდა.

დახრილ ბზარზე ელემენტის სიმტკიცე M მომენტის მოქმედების გამო უზრუნველყოფილია, თუ დახრილი ბზარის დასაწყისში გრძივი მუშა არმატურა საკმარისია უშუალოდ აქ გავლელულ ნორმალურ კვეთში მოქმედი მღუნავი მომენტის ასატანად, ამავე დროს, ეს არმატურა საყრდენზე საიმედოდ არის ჩაანკერებული (ჩამაგრებული) ნორმების სათანადო კონსტრუქციული რეკომენდაციების გათვალისწინებით.

4.6.2. მართკუთხა კვეთიანი ელემენტის დახრილი კვეთის გაანგარიშება

სიმტკიცეზე განივი ძალის მიხედვით

დახრილი ბზარი ელემენტში არ წარმოიქმნება თუ დაცულია პირობა

$$\sigma_{mt} \leq \gamma_{b3} R_{bt,ser} \quad (4.25)$$

აქ მძიმე ბეტონისათვის $\gamma_{b3}=0,6$, მსუბუქი ბეტონისათვის – $\gamma_{b3}=0,4$. იგი ითვალისწინებს დახრილ კვეთში ბეტონის ორღერძა დატვირთვის გავლენას მის ბზარმედგობაზე. მართლაც, თუ გაჭიმულ ელემენტს მეორე მიმართულებით შევკუმშავთ, იგი აღმოჩნდება ორღერძა დატვირთვის ქვეშ (გაჭიმვა–კუმშვა, ისევე, როგორც დახრილ კვეთშია მთავარი გამჭიმავი და მთავარი მკუმშავი ძაბვების ერთდროული მოქმედებით). ვიცით, რომ მკუმშავი ძალები თავისი მოქმედების მართობი მიმართულებით იწვევს გაჭიმვის დეფორმაციებს, ე.ი. გამჭიმავ ძაბვებს, რომლებიც ემატება უშუალოდ გამჭიმავი ძალისაგან წარმოქმნილ გამჭიმავ ძაბვებს და კვეთში აღიძვრება უფრო მეტი გამჭიმავი ძაბვა, ვიდრე მხოლოდ გაჭიმვის

(ერთდერძა დატვირთვის) დროს იყო მოსალოდნელი; $R_{bt,ser}$ ბეტონის საანგარიშო წინაღობაა გაჭიმვაზე, როდესაც საიმედოობის კოეფიციენტი $\gamma_{bt} = 1$, ე.ი. ფაქტობრივად ნორმატიული წინაღობაა.

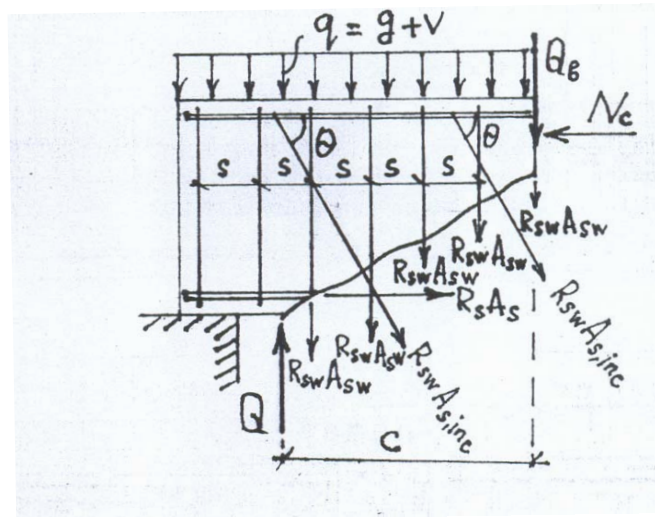
ზემოთ მოყვანილი (4.25.) პირობა თუ არ შესრულდა, მაშინ გაჩნდება დახრილი ბზარი და საჭიროა მასზე გამავალი დახრილი კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცეზე. დახრილ კვეთში იმდენი არმატურა უნდა ჩალაგდეს, ისეთი ბიჯით, რომ უზრუნველყოფილი იქნას მისი სიმტკიცე.

განვიხილოთ დახრილი კვეთის საანგარიშო სქემა, ისევე როგორც ეს იყო ნორმალური კვეთის დროს: გავკვეთოთ ელემენტი დახრილ ბზარზე, მოვდოთ შესაბამისი ძალები და განვიხილოთ მარცხენა მხარის (ნაწილის) წონასწორობა.

პირობიდან $\sum y = 0$ (y ღერძი ელემენტის გრძივი x ღერძის მართობია) გვექნება

$$Q \leq Q_{sw} + Q_{s,inc} + Q_b = \sum R_{sw} A_{sw} + \sum R_{sw} A_{s,inc} \sin \theta + Q_b. \quad (4.26)$$

აქ Q გარე საანგარიშო დატვირთვისაგან აღძრული მაქსიმალური განივი ძალაა დახრილი კვეთის ფარგლებში;



ნახ. 21. ღუნვალი ელემენტის დახრილი კვეთის საანგარიშო სქემა

Q_{sw} და $Q_{s,inc}$ განივი ძალებია, რომელთა ატანა შეუძლია განივი და აღუნულ არმატურებს; Q_b არის განივი ძალა, რისი ატანაც შეუძლია შეკუმშულ ბეტონს დახრილ კვეთში. ემპირიული გამოკვლევით მართკუთხა კვეთისა და მძიმე ბეტონისათვის

$$Q_b = \frac{2R_{bt}bh_0^2}{c}; \quad (4.27)$$

c დახრილი ბზარის პროექციაა ელემენტის ღერძზე; A_{sw} და $A_{s,inc}$ განივი არმატურის და აღუნული ღეროების განივკვეთის ფართობებია განივი არმატურის განლაგების ერთ სიბრტყესა და აღუნვის ერთ სიბრტყეში; θ აღუნული ღეროს დახრის კუთხეა ელემენტის ღრძთან; $R_{sw} = 0,8R_s$ არის განივი არმატურისა და აღუნული ღეროების საშუალო საანგარიშო წინაღობა დახრილ ბზარში. საქმე ისაა, რომ დახრილი ბზარის გახსნის სიდიდე ელემენტის გაჭიმულ კიდედან ბზარის წვეროსაკენ თანდათან მცირდება. მაშასადამე, დახრილ ბზარში განლაგებულ არმატურებში ძაბვები არათანაბრად არის განაწილებული. ამ

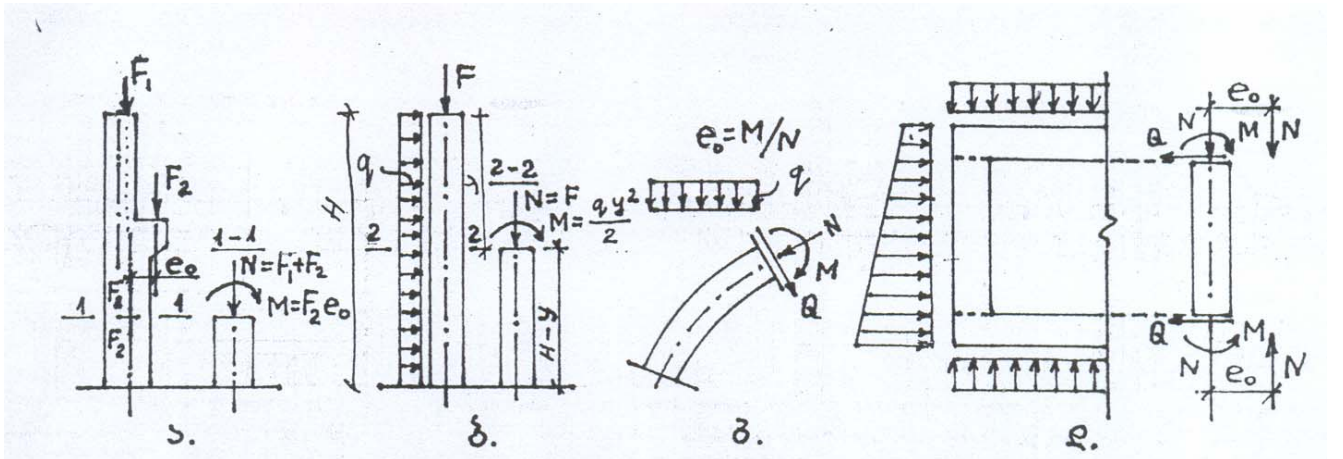
უთანაბრობის გასათვალისწინებლად შემოდებულია $R_{sw} = 0,8R_s$ საშუალო წინაღობა.

საბოლოოდ, დახრილი კვეთის გაანგარიშების მიზანია შეირჩეს იმ რაოდენობის (განივკვეთის ფართობის) განივი არმატურა და საჭიროების შემთხვევაში აღუნული დეროები, რაც ბეტონთან ერთად უზრუნველყოფს ელემენტის სიმტკიცეს დახრილ კვეთში.

დახრილი კვეთის სიმტკიცეზე გაანგარიშების ბლოკ-სქემა და რიცხვითი მაგალითი მოყვანილია მე-7 დანართში.

4.7. გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშების საფუძვლები

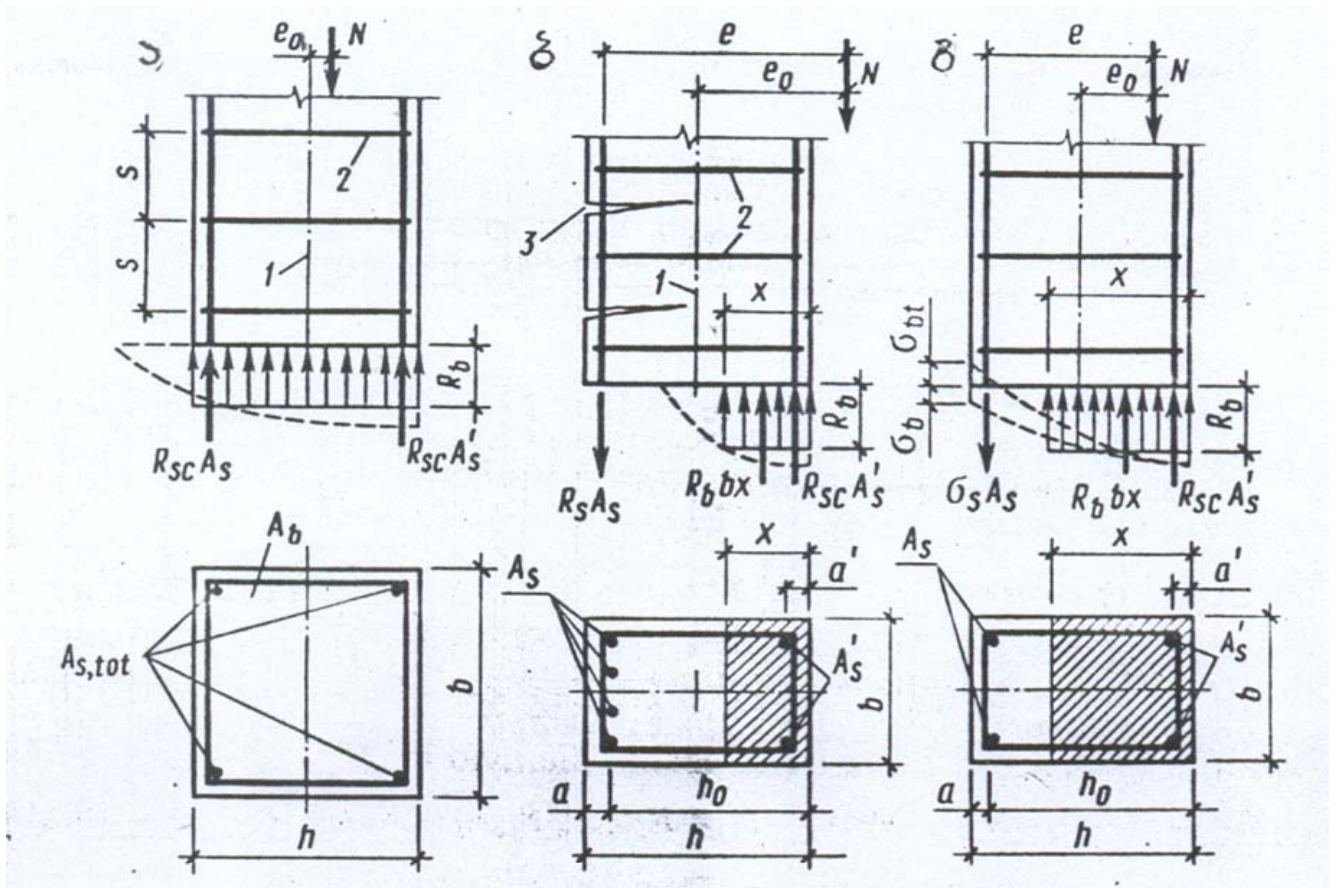
გარეცენტრულად იკუმშება რკინაბეტონის ელემენტი, როდესაც მკუმშავი ძალა მოდებულია კვეთის სიმძიმის ცენტრზე გამავალი დერძის გარეთ, გარკვეული e_0 მანძილით, რომელსაც ექსცენტრისიტეტი ეწოდება. მაგალითად, სამრეწველო შენობის სვეტი ხიდურა ამწის ზემოქმედების ქვეშ (ნახ.22,ა). გარე დატვირთვისაგან თუ ელემენტში ერთდროულად აღიძვრება N გრძივი ძალა და M მღუნავი მომენტი, ეს ეკვივალენტურია გარეცენტრული კუმშვისა. მაგალითად, სვეტი, რომელსაც გადაეცემა N მკუმშავი ძალა სახურავის მზიდი ელემენტისაგან და q ქარის დატვირთვა, რომელიც იწვევს სვეტის გაღუნვას (ნახ.22,ბ), ან მიწისქვეშა ოთხკუთხა რეზერვუარის კედელი, რომელზეც ერთდროულად მოქმედებს გრუნტის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დაწოლა. გარეცენტრულად შეკუმშულია აგრეთვე თალი, ჩარჩოს სვეტი, უირიბანო წამწის ზედა სარტყელი და ა.შ. (ნახ. 22,გ,დ).



ნახ. 22. გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტები

იმ შემთხვევაში, როდესაც N ძალის მოდების წერტილი ემთხვევა განივი კვეთის სიმძიმის ცენტრს, მაშინ ვაქვს „ცენტრალური კუმშვა“. ფაქტობრივად აქაც არის რაღაც e_a ექსცენტრისიტეტი, გამოწვეული: შემთხვევითი ჰორიზონტალური ძალებით, ელემენტის საწყისი სიმრუდით (დამზადების უზუსტობა), მონტაჟის უზუსტობით, კვეთში ბეტონის არაერთგვარობით, არმატურის განლაგების უზუსტობით, თანაბრად განაწილებული დატვირთვის უთანაბრობით, რის გამოც ტოლქმედი N მკუმშავი ძალა არ არის ზუსტად ცენტრში მოდებული (ნახ.23,ა). რადგან e_a -ს გამოთვლა ვერ ხერხდება მას უწოდებენ „შემთხვევით ექსცენტრისიტეს“ და აიღება უდიდესი შემდეგი მნიშვნელობიდან: $e_a=l/600$; $e_a=h/30$,

სადაც l ელემენტის სიგრძეა, ხოლო h – განივი კვეთის სიმაღლე. სტატიკურად რკვევადი კონსტრუქციის გაანგარიშებისას ჯამდება e_0 საანგარიშო და e_a შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტები. სტატიკურად ურკვევ კონსტრუქციებში e_a მხედველობაში არ მიიღება ძალგათა გადანაწილების გამო.



ნახ. 23. გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტების საანგარიშო სქემები:
 ა-შემთხვევითი, ბ-დიდი, გ-მცირე ექსცენტრისიტეტების შემთხვევა

შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტით შეკუმშული ელემენტის კვეთის დაარმატურება ხდება სიმეტრიულად, A-I, A-II, A-III და A-T-III კლასების არმატურით (ნახ.23,ა).

4.7.1. შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტით შეკუმშული ელემენტის სიმტკიცეზე გაანგარიშების საფუძვლები

იმ შემთხვევაში, როდესაც ელემენტის საანგარიშო სიგრძე $l_0 \leq 20h$ (h განივი კვეთის სიმაღლეა), ასეთი ელემენტის კვეთის სიმტკიცეზე გაანგარიშება ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$N \leq \eta \varphi [R_b A_b + R_{sc} (A_s + A'_s)], \quad (4.28)$$

სადაც N საანგარიშო გრძივი მკუმშავი ძალაა; $A_b = bh_0$ – განივი კვეთის ფართობი; η – კოეფიციენტი (როდესაც $h \leq 200$ მმ – $\eta=0,9$; თუ $h > 200$ მმ – $\eta=1$); φ კოეფიციენტი ითვალისწინებს ელემენტის მოქნილობას, დატვირთვის

ხანგრძლივობას, დაარმატურების სახეობას და გამოითვლება ნორმებში მოცემული ემპირიული ფორმულით: $\varphi = \varphi_b + 2(\varphi_{sb} - \varphi_b) \frac{R_{sc}(A_s + A'_s)}{R_b A_b} \leq \varphi_{sb}$.

φ_b და φ_{sb} აიღება სათანადო ცხრილებიდან (ცხრ. 6.1 [5]).

თუ განივი კვეთის ზომები დანიშნულია, მაშინ გაიანგარიშება არმატურის ჯამური ფართობი

$$A_s + A'_s = \frac{N}{\eta \varphi R_{sc}} - \frac{A_b R_b}{R_{sc}}. \quad (4.29)$$

თუ საჭიროა ელემენტის განივი კვეთის b და h ზომების განსაზღვრა, მაშინ წინასწარ დანიშნავენ $\varphi = \eta = 1$ და $\mu \% = 1\%$. იმის გამო, რომ $A_s + A'_s = \mu A_b$ განისაზღვრება განივი კვეთის A_b ფართობი (4.28)–დან

$$A_b = \frac{N}{R_b + \mu R_{sc}}, \quad (4.30)$$

შემდეგ კონსტრუქციული მოსაზრებით დანიშნავენ b -ს ან h -ს და A_b -ს მიხედვით შეარჩევენ განივი კვეთის მეორე ზომას. ამ ზომებისათვის შეირჩევა l_0/h , φ , η და ისე განისაზღვრება არმატურის ჯამური ($A_s + A'_s$) ფართობი (4.29)–ის მიხედვით.

თუ დაარმატურების პროცენტი გამოვიდა $\mu \% = 1...2\%$, კვეთი შერჩეულია დამაკმაყოფილებლად, თუ არა, საჭიროა განივი კვეთის b და h სიდიდეების კორექტირება (შემცირება ან გაზრდა).

მე-9 დანართში მოცემულია e_a შემთხვევით ექსცენტრისიტეტიანი შეკუმშული ელემენტის გაანგარიშების ბლოკ-სქემა და რიცხვითი მაგალითი.

4.7.2. საანგარიშო e_o ექსცენტრისიტეტით შეკუმშული ელემენტის სიმტკიცეზე გაანგარიშების საფუძვლები

ცდებით დადგენილია, რომ გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტები, დაძაბულ–დეფორმირებული მდგომარეობის III სტადიაზე ნორმალურ კვეთზე ირღვევა ორნაირად, იმის მიხედვით, როგორ არის დაარმატურებული გაჭიმული და შეკუმშული ზონა და რა სიდიდისაა გრძივი მკუმშავი ძალის e_o ექსცენტრისიტეტი.

I შემთხვევაა, როდესაც გვაქვს დიდი ექსცენტრისიტეტი, ხოლო გაჭიმულ ზონაში ჩალაგებულია ნორმალური რაოდენობის არმატურა (არ გვაქვს ჭარბარმატურიანი კვეთი ბზარმედგობის გასაზრდელად). ამ დროს მღუნავი მომენტის გავლენა უფრო მნიშვნელოვანია, ვიდრე მკუმშავი ძალისა და კვეთი ირღვევა ისე, როგორც ღუნვად ელემენტში: ჯერ გაჭიმულ არმატურაში ძაბვა აღწევს ზღვრულ მნიშვნელობას (დენადობას), შემდეგ შეკუმშულ ბეტონში, რის გამოც იგი იმსხვრევა (ნახ. 23,ბ);

II შემთხვევისას ექსცენტრისიტეტი არის მცირე და მკუმშავი ძალის გავლენა კვეთის დაძაბულ–დეფორმირებულ მდგომარეობაზე უფრო მნიშვნელოვანია, ვიდრე მღუნავი მომენტია. აქაც მოსალოდნელია ორი ვარიანტი: თუ ძალა კვეთის გულის შიგნით არის მოდებული, მაშინ მთელი კვეთი იკუმშება არათანაბრად, ხოლო თუ ექსცენტრისიტეტი მეტია და მკუმშავი ძალა მოდებულია კვეთის გულის გარეთ, მაშინ ძალის მოდების წერტილიდან კვეთის უფრო მოშორებულ კიდეზე წარმოიქმნება გამჭიმავი ძაბვები (მნიშვნელოვნად ნაკლები R_s საანგარიშო სიდიდეზე). გარეცენტრული კუმშვის მეორე შემთხვევის დროს ელემენტის რღვევა ხდება კვეთის შეკუმშულ (ან, მეტად შეკუმშულ) ნაწილში ბეტონსა და არმატურაში ძაბვების საანგარიშო მნიშვნელობის მიღწევით და როგორც შედეგი, ბეტონის დამსხვრევით. ამ დროს კვეთის გაჭიმულ (ან, ნაკლებად შეკუმშულ) ნაწილში განლაგებული არმატურა განიცდის გაჭიმვას, ან კუმშვას ოღონდ

ძაბვები, როგორც წესი, ვერ აღწევს თავის საანგარიშო ზღვრულ მნიშვნელობას (ნახ. 23,გ).

გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტების კვეთის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა სიმტკიცეზე გაანგარიშებებისას ანალოგიურია ღუნვადი ელემენტების კვეთის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის III სტადიისა, ამიტომ გაანგარიშებაც სიმტკიცეზე წარმოებს ღუნვადი ორფაარმატურიანი კვეთის ანალოგიურად, სადაც გარე დატვირთვის მიერ აღძრული მომენტი $M = N \cdot e$. e მანძილია N მკუმშავი ძალიდან იმ წერტილამდე, რომლის მიმართაც აიღება მომენტების ჯამი - $\sum M = 0$. უმრავლეს შემთხვევაში ეს წერტილია გაჭიმული ან შეკუმშული არმატურის განივკვეთის სიმძიმის ცენტრი. ასევე, ღუნვადი ელემენტის ანალოგიურად, კვეთის შეკუმშული ზონის ფარდობითი სიმაღლის მიხედვით შეიძლება დადგინდეს გარეცენტრული კუმშვის პირველი და მეორე შემთხვევა:

გარეცენტრული კუმშვის I შემთხვევა (დიდი ექსცენტრისიტეტის შემთხვევა), როდესაც შეკუმშული ზონის ფარდობითი სიმაღლე $\xi \leq \xi_R$;

გარეცენტრული კუმშვის II შემთხვევა (მცირე ექსცენტრისიტეტის შემთხვევა), როდესაც შეკუმშული ზონის ფარდობითი სიმაღლე $\xi > \xi_R$;

გარეცენტრული კუმშვის I შემთხვევის საანგარიშო სქემა მოცემულია ნახ. 23,ბ-ზე. ელემენტის მართკუთხა კვეთის სიმტკიცის პირობა ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$N \cdot e \leq M_b + M'_s = R_b b x (h - x/2) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'), \quad (4.31)$$

სადაც M_b არის მომენტი, რომელსაც აიტანს შეკუმშული ზონის ბეტონი, M'_s - მომენტი, რომელსაც აიტანს შეკუმშული არმატურა. $e = e_0 + h/2 - a$ მანძილია N გრძივი ძალიდან სამომენტო წერტილამდე (ამ შემთხვევაში გაჭიმული არმატურის კვეთის სიმძიმის ცენტრამდე).

კვეთის შეკუმშული ზონის x სიმაღლე განისაზღვრება $\sum x = 0$ წონასწორობის პირობიდან (ელემენტზე მოქმედი ყველა ძალის პროექციების ჯამი x ღერძზე უდრის ნულს).

$$N = N_b + N'_s - N_s = R_b b x + R_{sc} A'_s - R_s A_s. \quad (4.32)$$

ამის შემდეგ გაანგარიშება ანალოგიურია ღუნვადი ორფაარმატურიანი კვეთის გაანგარიშებისა.

გარეცენტრული კუმშვის II შემთხვევისას (ნახ.23,გ), კვეთის სიმტკიცის პირობა გამოითვლება (4.31)-ის მიხედვით, ხოლო ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმაღლე - $\sum x = 0$ წონასწორობის პირობიდან

$$N = R_b b x + R_{sc} A'_s - \sigma_s A_s. \quad (4.33)$$

აქ გაჭიმულ არმატურაში σ_s ძაბვა ნაკლებია R_s ზღვრულ მნიშვნელობაზე და გამოითვლება ემპირიული ფორმულით

$$\sigma_s = \left[2 \frac{(1-\xi)}{(1-\xi_R)} - 1 \right] R_s.$$

ნორმებით დასაშვებია, რომ გარეცენტრული კუმშვის II შემთხვევა გამოვიანგარიშოთ I შემთხვევისათვის გამოყენებული ფორმულებით, ოღონდ ξ უნდა შეიცვალოს ξ_R -ით.

მოქნილი შეკუმშული ელემენტები გარეცენტრულად მოდებული გრძივი ძალის მოქმედებით იღუნება და საწყისი e_0 ექსცენტრისიტეტი დატვირთვის პროცესში იზრდება, რის გამოც იზრდება გარე დატვირთვისაგან წარმოქმნილი $M = N \cdot e_0$ მღუნავი მომენტი. ნორმების მიხედვით მოქნილობის გათვალისწინება

ხდება საწყისი e_0 ექსცენტრისიტეტის η კოეფიციენტზე გამრავლებით, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

$$\eta = \frac{1}{1 - N/N_{cr}} \quad (4.34)$$

აქ N არის გარეცენტრულად მკუმშავი ძალა; N_{cr} – პირობითი კრიტიკული ძალა, რომლის მოქმედებისას მოსალოდნელია შეკუმშული ელემენტის მდგრადობის დაკარგვა. იგი გამოითვლება ნორმებში [1] მოყვანილი ფორმულით.

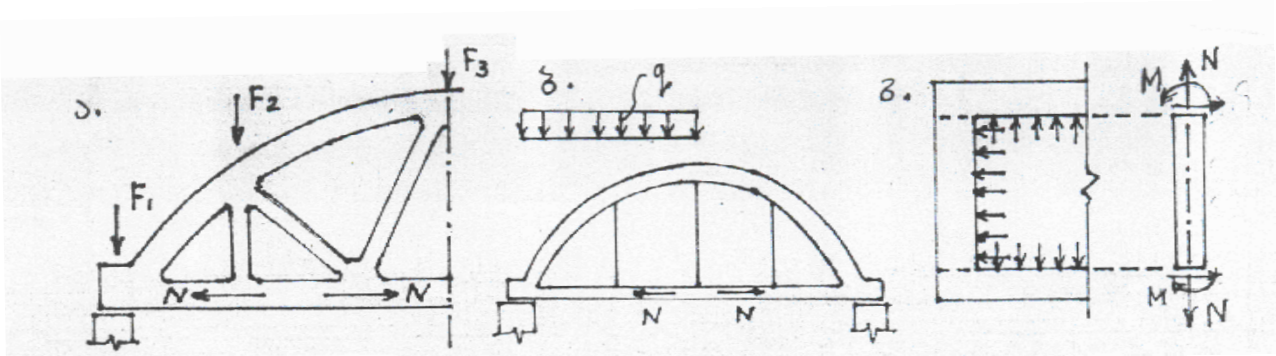
თუ მოქნილობა $\lambda_i = l_0/i \leq 14$ (მართკუთხა კვეთისთვის $\lambda_i = l_0/h \leq 4$), მაშინ $\eta = 1$. იმ შემთხვევაში, როდესაც $\lambda_i > 14$ ($\lambda_h > 4$), საანგარიშო ექსცენტრისიტეტი $e_{0\eta} = e_0 \cdot \eta$. თუ (4.34)-ით გამოთვლილი $\eta > 2,5$, საჭიროა შეკუმშული ელემენტის განივი კვეთის ზომების გაზრდა.

გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტის გაანგარიშების ბლოკ-სქემა და რიცხვითი მაგალითი მოყვანილია დანართ 8-ში.

4.8. გაჭიმული ელემენტის სიმტკიცეზე გაანგარიშების საფუძვლები

ელემენტი შეიძლება გაჭიმული იყოს ცენტრალურად ან გარეცენტრულად, რასაც გამჭიმავი ძალის მდებარეობა აჩვენებს კვეთში: განივი კვეთის ცენტრშია მოდებული, თუ რაიმე e_0 ექსცენტრისიტეტით.

ცენტრალურად გაჭიმულია ირიბნებიანი წამწის ქვედა სარტყელი და ზოგიერთი ირიბანა, თაღის შემოჭი, წრიული კვეთის რეზერვუარი და სხვა (ნახ. 24, ა, ბ). გარეცენტრულად გაჭიმულია მიწისხედა მართკუთხა კვეთის რეზერვუარის კედლები შიგ მოთავსებული სითხის ჰიდროსტატიკური დაწოლის გამო (ნახ. 24, გ), წამწის ქვედა სარტყელი და თაღის შემოჭი, როდესაც მათზე მოქმედებს კვანძებს შორის მოდებული ვერტიკალური დატვირთვა.



ნახ. 24. გარეცენტრულად გაჭიმული ელემენტები

4.8.1. ცენტრალურად გაჭიმული ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშების საფუძვლები

ცენტრალურად გაჭიმული ელემენტის საანგარიშო სქემის (ნახ. 25, ა) მიხედვით, სიმტკიცე უზრუნველყოფილია, თუ სრულდება პირობა:

$$N \leq R_s A_s;$$

$$\text{წინასწარ დაძაბული ელემენტისათვის } N \leq \gamma_{s6} R_{sp} A_{sp} + R_s A_s.$$

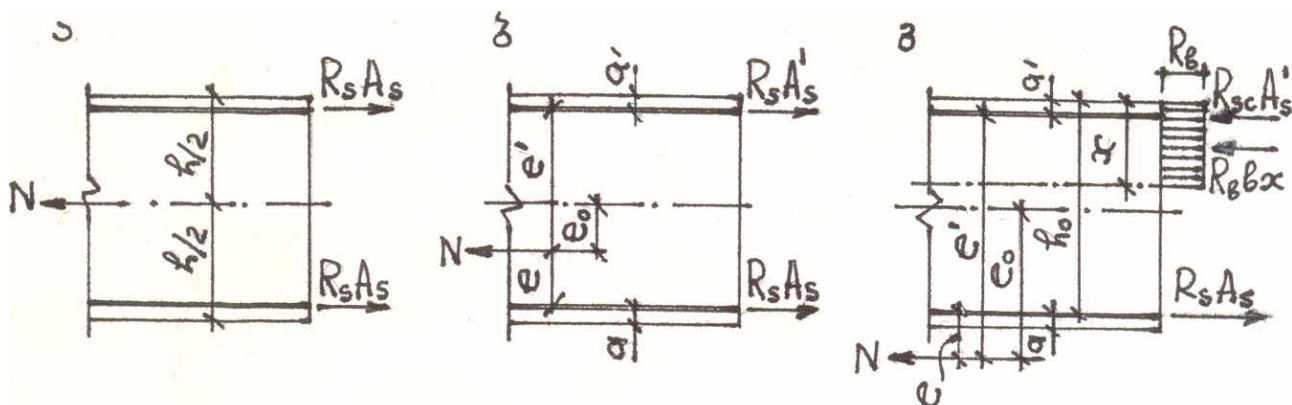
γ_{s6} მაღალი სიმტკიცის არმატურის მუშაობის პირობების კოეფიციენტია.

4.8.2. გარეცენტრულად გაჭიმული ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშების საფუძვლები

როგორც 24-ე ნახაზიდან ჩანს გარეცენტრული გაჭიმვა არის ცენტრალურად გამჭიმავი ძალისა და მღუნავი მომენტის ერთდროული მოქმედების შედეგი, ისევე, როგორც გარეცენტრული კუმშვისას – ცენტრალური მკუმშავი ძალისა და მღუნავი მომენტის ერთდროული მოქმედება.

გარეცენტრული გაჭიმვის დროსაც არის დაძაბული მდგომარეობის ორი შემთხვევა: I შემთხვევა, როდესაც გამჭიმავი ძალა მოდებულია ელემენტის კვეთში ჩალაგებულ არმატურის სიმძიმის ცენტრებს შორის და II შემთხვევა – გარეთ.

გარეცენტრული გაჭიმვის I შემთხვევის დროს მთელი კვეთი იჭიმება, ოღონდ არათანაბრად, ხოლო II შემთხვევისას, კვეთის დაძაბული მდგომარეობა ანალოგიურია გარეცენტრული კუმშვის I შემთხვევისა, იმ განსხვავებით, რომ გამჭიმავი ძალა აქ მოდებულია კვეთის მეორე მხარეს და მოქმედებს საწინააღმდეგო მიმართულებით.



ნახ. 25. გაჭიმული ელემენტების საანგარიშო სქემები:
 ა-ცენტრალური გაჭიმვა; ბ-გარეცენტრული გაჭიმვის I შემთხვევა; გ- გარეცენტრული გაჭიმვის II შემთხვევა

შემთხვევა I (ნახ.25,ბ). კვეთის სიმტკიცის პირობა მიიღება, თუ შიგა ძალების მომენტების ჯამს ავიღებთ A_s და A'_s არმატურის განივკვეთის სიმძიმის ცენტრის მიმართ

$$N \cdot e' \leq R_s A_s (h_0 - a'); \quad N \cdot e \leq R_s A'_s (h_0 - a'). \quad (4.35)$$

ეს ფორმულები გამოიყენება კვეთის ზიდვის უნარის შესამოწმებლად, როდესაც არმატურის განივკვეთის ფართობი რაიმე მოსაზრებით დანიშნულია. იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა არმატურის A_s და A'_s ფართობის გამოთვლა კვეთის სიმტკიცის პირობიდან, (4.35) უტოლობებიდან გვექნება

$$A_s = \frac{N \cdot e'}{R_s (h_0 - a')}; \quad A'_s = \frac{N \cdot e}{R_s (h_0 - a')}. \quad (4.36)$$

შემთხვევა II (ნახ.25,გ). კვეთის სიმტკიცის პირობა ჩაიწერება გარე საანგარიშო M მომენტის და შიგა ძალების ზღვრული მომენტების ჯამის შედარებით. შიგა ძალების მომენტები აიღება გაჭიმული არმატურის განივკვეთის სიმძიმის ცენტრის მიმართ.

$$N \cdot e \leq M_b + M'_s = R_b b x (h_0 - x/2) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (4.37)$$

ორფაარმატურიანი ღუნვადი ელემენტის ანალოგიურად (4.37) გადაიწერება

$$Ne \leq \alpha_m R_b b h_0^2 + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (4.38)$$

ბეტონის შეკუმშული ზონის x სიმაღლე განისაზღვრება $\Sigma X=0$ პირობიდან

$$N + R_b b x + R_{sc} A'_s - R_s A_s = 0. \quad (4.39)$$

კვეთის ზიდვის უნარის შემოწმებისას (4.38)-დან განისაზღვრება x -ის სიდიდე და ჩაისმება (4.37)-ში.

არმატურის განივკვეთის ფართობის განსაზღვრისას, იმისათვის, რომ არმატურის ჯამური ($A_s + A'_s$) ფართობი იყოს მინიმალური, უნდა ავიღოთ შეკუმშული ზონის მაქსიმალური სიმაღლე ე.ი. $x = x_R = \xi_R h_0$, ხოლო $\alpha_m = \alpha_R$. მაშინ (4.38)-დან განისაზღვრება შეკუმშული A'_s არმატურის ფართობი

$$A'_s = \frac{Ne - \alpha_R R_b b h_0^2}{R_{sc} (h_0 - a')}. \quad (4.40)$$

გაჭიმული A_s არმატურის ფართობი გამოითვლება (4.39) გამოსახულებიდან

$$A_s = \frac{N}{R_s} + \frac{R_b b \xi_R h_0}{R_s} + \frac{R_{sc} A'_s}{R_s}. \quad (4.41)$$

თუ აღმოჩნდა, რომ ანგარიშით შეკუმშული არმატურა საჭირო არ არის ($A'_s \leq 0$), ან მისი რაოდენობა საკმარისი არ არის კონსტრუქციული მოსაზრებით ($A'_s \leq \mu_{\min} b h_0$), მაშინ აიღება $A'_s = \mu_{\min} b h_0$. მიღებული A'_s -ის მიხედვით გამოითვლება შესაბამისი α_m (4.38)-დან

$$\alpha_m = \frac{N \cdot e - R_{sc} A'_s (h_0 - a')}{R_b b h_0^2}. \quad (4.42)$$

ცხრილიდან (დანართი 13) განისაზღვრება შესაბამისი ξ და (4.41)-ის ანალოგიით

$$A_s = \frac{N}{R_s} + \frac{R_b b \xi h_0}{R_s} + \frac{R_{sc} A'_s}{R_s}. \quad (4.43)$$

ბზარმდეგობის უზრუნველსაყოფად ცენტრალურად და გარეცენტრულად (I შემთხვევა) გაჭიმული ელემენტები მზადდება წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონისაგან.

საკონტროლო საკითხები

1. როგორია ღუნვადი ელემენტების კონსტრუქციული თავისებურებები.
2. ფილების დაარმატურება ბრტყელი და რულონური ბადეებით.
3. როგორია კოჭების განივკვეთის ფორმები.
4. როგორ ხდება კოჭების დაარმატურება გრძივი და განივი არმატურით.
5. როგორია ღუნვადი ელემენტის ნორმალური კვეთის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობათა სტადიები გარე დატვირთვის ცვლილებისას ნულიდან მრღვევ სიდიდეამდე.
6. დაძაბულ-დეფორმირების რომელი სტადია უდევს საფუძველად გაანგარიშებას ბზარმდეგობაზე, ჩაღუნვასა და სიმტკიცეზე.
7. როგორ შეიძლება დაირღვეს ღუნვადი ელემენტი ნორმალურ კვეთზე. რღვევის პირველი და მეორე შემთხვევა.
8. განსაზღვრეთ როგორია ცალფაარმატურიანი კვეთი.

9. დახაზეთ ცალფაარმატურიანი კვეთის საანგარიშო სქემა.
10. რა დაშვებებია შემოღებული კვეთის სიმტკიცეზე გაანგარიშების გასამარტივებლად.
11. დაწერეთ ცალფაარმატურიანი კვეთის სიმტკიცის პირობები.
12. განმარტეთ კვეთის შეკუმშული ზონის ფარდობითი ξ_R სიმაღლის არსი და ჩაწერეთ მისი გამომსახველი ფორმულა.
13. ცალფაარმატურიანი კვეთის დაძაბული მდგომარეობის აღწერა, როდესაც $\xi \leq \xi_R$. სიმტკიცის გაანგარიშების ფორმულები უგანზომილებო სიდიდეების შემოტანით.
14. განიხილეთ შემთხვევა, როდესაც $\xi > \xi_R$. გამომწვევი მიზეზები. ამ შემთხვევის გაანგარიშების საფუძვლები.
15. განმარტეთ ღუნვადი ელემენტის ორფაარმატურიანი კვეთი. რა შემთხვევაშია საჭირო მუშა არმატურის ჩალაგება შეკუმშულ ზონაში.
16. დახაზეთ ორფაარმატურიანი კვეთის საანგარიშო სქემა.
17. რამდენი ტიპის ამოცანა გვხვდება ორფაარმატურიანი კვეთის გაანგარიშებისას.
18. რომელ კონსტრუქციებს ახასიათებს განივი კვეთის T-სებრი ფორმა.
19. როგორია T-სებრი კვეთის გეომეტრიული მახასიათებლები.
20. როგორია T-სებრი კვეთის გაანგარიშების პრინციპები. I და II შემთხვევა.
21. რა შემთხვევაში შეიძლება ღუნვადი ელემენტი დაირღვეს დახრილ კვეთზე.
22. რა პირობა უნდა შესრულდეს, რომ დახრილი ბზარი არ წარმოიქმნას.
23. დახაზეთ დახრილი კვეთის საანგარიშო სქემა.
24. დაწერეთ დახრილი კვეთის სიმტკიცის პირობა Q განივი ძალის მოქმედებისას.
25. განმარტეთ გარეცენტრული კუმშვის შემთხვევები. რა არის e_0 ექსცენტრისიტეტი.
26. რომელ შემთხვევაში იკუმშება ელემენტი შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტით. დაწერეთ საანგარიშო უტოლობა.
27. გარეცენტრული კუმშვის რამდენი შემთხვევაა და რაზეა დამოკიდებული.
28. დახაზეთ გარეცენტრული კუმშვის საანგარიშო სქემები.
29. დაწერეთ გარეცენტრული კუმშვის I შემთხვევის საანგარიშო უტოლობა.
30. როგორია გარეცენტრულ კუმშვაზე გაანგარიშების პირობები.
31. რას ნიშნავს გარეცენტრული კუმშვის დროს ელემენტის მოქნილობის გავლენა და როგორ ხდება მისი გათვალისწინება გაანგარიშებაში.
32. გაჭიმვაზე მომუშავე ელემენტების დახასიათება და გამოსახვა.
33. გაჭიმვის რამდენი შემთხვევა შეიძლება შეგვხვდეს სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას.
34. დახაზეთ გაჭიმული ელემენტების საანგარიშო სქემები.
35. დაწერეთ ცენტრალურად გაჭიმული ელემენტის სიმტკიცის საანგარიშო ფორმულა.
36. დაწერეთ საანგარიშო უტოლობები გარეცენტრული გაჭიმვის I შემთხვევისათვის.
37. დაწერეთ საანგარიშო უტოლობები გარეცენტრული გაჭიმვის II შემთხვევისათვის.

5. წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტების თავისებურებები

5.1. წინასწარ დაძაბვის არსი, დადებითი თვისებები

წინასწარ დაძაბულია რკინაბეტონის კონსტრუქცია, რომელშიც წინასწარ ექსპლუატაციამდე, ხელოვნურად შექმნილია გაანგარიშებით დადგენილი სიდიდის საწყისი ძაბვები მხოლოდ გაჭიმულ ან მთლიანად, ყველა არმატურაში, რის გამოც კვეთში ბეტონი მოკუმშულია ნაწილობრივ ან მთლიანად.

წინასწარ დაძაბულ რკინაბეტონის ელემენტში ბეტონის მოკუმშვა წინასწარ დადგენილი σ_{bp} სიდიდით ხორციელდება მაღალი სიმტკიცის არმატურის წინასწარი გაჭიმვით, რომელსაც ბეტონის გამყარების შემდეგ (ან უკვე გამყარებულ ბეტონზე ჩამაგრების შემდეგ) დამჭიმავი მოწყობილობიდან გაუშვებენ. იგი ცდილობს დაუბრუნდეს პირვანდელ მდგომარეობას (არმატურა დაჭიმულია დრეკადობის ფარგლებში) და კუმშავს ბეტონს. არმატურის ბეტონში გასხლექტას ეწინააღმდეგება ან მათი ურთიერთშეჭიდულობის ძალები, ან შეჭიდულობის არასაკმარისობის შემთხვევაში, არმატურის ბოლოების სხვადასხვა ხერხით დაანკერება (დამაგრება).

წინასწარ დაძაბული კონსტრუქციების უპირატესობა დაუძაბავთან შედარებით შემდეგია:

1. იზრდება ელემენტის ბზარმედევობა (წინასწარი დაძაბვის უპირატესი მიზეზი). თუ ელემენტში ბზარის წარმოქმნა არ არის ნორმების მიერ ნებადართული, მაშინ ბეტონში წინასწარ აღძრული მომკუმშავი ძაბვები, ყველა დანაკარგის გათვალისწინებით უნდა იყოს მეტი გარე დატვირთვისაგან გამოწვეულ გამჭიმავ ძაბვებზე. თუ ბზარების შეზღუდული სიგანით გახსნა დასაშვებია – ეს მხოლოდ დატვირთვების შედარებით დიდი მნიშვნელობისას;
2. იქმნება მაღალი სიმტკიცის არმატურის გამოყენების შესაძლებლობა. ჩვეულებრივ, რკინაბეტონში ბზარების მნიშვნელოვანი სიდიდით (ნორმებით დასაშვებზე მეტი) გახსნის საშიშროების გამო მუშა არმატურად გამოიყენება მხოლოდ ცხლად გლინული, რბილი ფოლადის, შედარებით დაბალი სიმტკიცის A-II და A-III კლასის არმატურა, რომელთა ძაბვა და შესაბამისად, დეფორმაცია საექსპლუატაციო დატვირთვების მოქმედებისას ისეთია, რომ ბეტონში ბზარების გახსნის სიდიდე არ აღემატება ნორმებით დასაშვებს. წინასწარ დაძაბულ ელემენტში, დიდი ბზარმედევობის გამო ეს შეზღუდვა აღარ არის. მაღალი სიმტკიცის არმატურის გამოყენება ეკონომიკურად ხელსაყრელია, რადგან სიმტკიცის ზრდასთან ერთად მისი ღირებულება უფრო ნაკლები ინტენსიურობით იზრდება, ამიტომ რაც მეტია არმატურის სიმტკიცე, მისი ხვედრითი ღირებულება მცირდება. ამის გამოა, რომ მაღალი სიმტკიცის არმატურის გამოყენებით 50%-მდე მცირდება არმატურის ხარჯი, შესაბამისად მცირდება ღირებულებაც.
3. წინასწარი დაძაბვით იზრდება ელემენტის სიხისტე, მაშასადამე მცირდება ჩაღუნვაც (დაახლოებით ოთხჯერ);
4. იზრდება კონსტრუქციის ამტანობა მრავალგზის განმეორებადი დატვირთვის ზემოქმედებისას. რის გამოც წარმატებით გამოიყენება დინამიკური დატვირთვების ასატანად და სეისმურ რაიონებში მშენებლობისას;
5. მაღალი ბზარმედევობის გამო იზრდება მისი ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა, განსაკუთრებით აგრესიულ გარემოში;
6. მაღალი კლასის არმატურის გამოყენება მაღალი კლასის ბეტონის გამოყენების საშუალებას იძლევა: შესაძლებელი ხდება ელემენტის განივკვეთის ზომების შემცირება (ამას ხელს უწყობს სიხისტის გაზრდაც). ამით მცირდება ბეტონის ხარჯი და რაც მთავარია, მცირდება კონსტრუქციის მასა;

7. ფართოვდება რკინაბეტონის გამოყენების შესაძლებლობა იქ, სადაც ძირითადად გამოიყენება დეფიციტური ლითონი ან ხე. მაგალითად, სადაწნეო მილსადენები, რეზერვუარები, რკინიგზის შპალები და ა.შ.

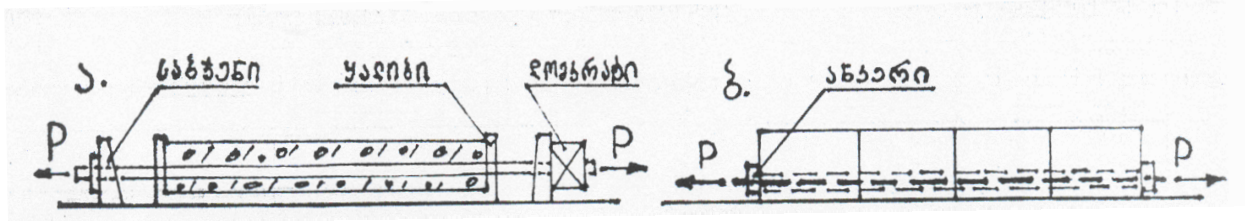
ჩამოთვლილი ღირსებები იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ მიუხედავად დამზადების პროცესის შრომატევადობისა, ყალიბის კონსტრუქციის გართულებისა, წინასწარი მოკუმშვის დროს ბეტონის დამსხვრევის საშიშროებისა, ბეტონში არმატურის შესაძლო დასხლეტისა, წინასწარ დაძაბული კონსტრუქციის გამოყენება ხელსაყრელია, როგორც კონსტრუქციული, ისე ეკონომიკური მოსაზრებით.

5.2. წინასწარი დაძაბვის ხერხები

რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაძაბვა ხდება ძირითადად სამი ხერხით: ა) არმატურის დაჭიმვა საბჯენებზე, ბ) არმატურის დაჭიმვა მზა, სუსტად დაარმატურებულ ბეტონზე და გ) თვითდაძაბვა გაფართოებადი ბეტონის გამოყენებით.

დაძაბვა საბჯენებზე უფრო გავრცელებულია და გამოიყენება მცირე და საშუალო ზომის კონსტრუქციების წინასწარ დასაძაბავად. მაღალი სიმტკიცის

არმატურას ჩაალაგებენ ყალიბში და დაჭიმავენ ყალიბის გარეთ მოთავსებულ სტაციონარულ საბჯენებზე (ნახ.26,ა). დაბეტონებისა და ბეტონის მიერ საპროექტო სიმტკიცის 50%-ის მიღწევის შემდეგ არმატურას აუშვებენ საბჯენებიდან, იგი ცდილობს დაუბრუნდეს პირვანდელ მდგომარეობას და ბეტონთან შეჭიდულობის ძალების ან სპეციალური საანკერო მოწყობილობების მეშვეობით კუმშავს ბეტონს.



ნახ. 26. რკინაბეტონის ელემენტების წინასწარი დაძაბვის ხერხები:
ა-საბჯენებზე დაძაბვა; ბ-დაძაბვა ბეტონზე

ბეტონზე დაძაბვისას (ნახ.26,ბ) დიდი ზომის კონსტრუქციებს ამზადებენ ბეტონის ან სუსტად დაარმატურებული ელემენტებით, ტოვებენ მათში ხვრელებს ან არხებს. შემდეგ ამ ხვრელებში გაატარებენ მაღალი სიმტკიცის ღეროვან არმატურას, მავთულის კონებს ან ბაგირებს, დაძაბავენ უშუალოდ მზა ბეტონის ელემენტზე და ჩაამაგრებენ ბოლოებს სპეციალური საანკერო მოწყობილობით, რადგან არმატურასა და ბეტონს შორის არავითარი შეჭიდულობა არ არის. ბოლოს ხვრელებს ამოავსებენ მაღალი სიმტკიცის ცემენტის ხსნარით, არმატურის კოროზიისაგან დასაცავად.

საბჯენებზე არმატურას გაჭიმავენ მექანიკური, ელექტროთერმული ან ელექტროთერმომექანიკური ხერხით. ბეტონზე დაძაბვისას კი იყენებენ მხოლოდ მექანიკურ ხერხს.

ელემენტების თვითდაძაბვა ძირითადად ხდება სივრცული, თხელკედლიანი კონსტრუქციებისათვის. სათანადო ყალიბში თავსდება არმატურის ბადე და ჩაისხმება გაფართოებადი ცემენტზე დამზადებული ბეტონი. გამყარებისას ბეტონი ფართოვდება და გაჭიმავს ბადის მავთულებს. გამყარების შემდეგ ბეტონისაგან

წინასწარ გაჭიმული არმატურა ცდილობს დაუბრუნდეს თავის პირვანდელ მდგომარეობას და კუმშავს ბეტონს. აქ დაძაბვა ხდება კონსტრუქციის ორი ურთიერთმართობული მიმართულებით, ე.ი. ხდება სივრცული დაძაბვა.

5.3. წინასწარი ძაბვების დანაკარგები

წინასწარ დაძაბულ კონსტრუქციაში ძაბვები არ რჩება მუდმივი სიდიდის. დამზადებისა და ექსპლუატაციის პროცესში იკარგება ძაბვების 30%-მდე. დანაკარგები ელემენტის დამზადებისა და მოკუმშვისას, პირველადი დანაკარგებია, ბეტონის მოკუმშვის შემდეგ დანაკარგები კი – მეორადია.

ძაბვათა დანაკარგების გამომწვევეი მიზეზებია:

1. σ_1 – საბჯენებზე დაძაბვის დროს არმატურაში ძაბვების რელაქსაციით;
2. σ_2 – თერმული გამოსრთქვლისას არმატურასა და ანკერებში ტემპერატურული დეფორმაციების სხვაობით;
3. σ_3 – ანკერების ელემენტების მოთელვის, დეფორმაციის და ძვრის გამო;
4. σ_4 – არმატურის ხახუნით ხვრელის (არხების) კედლებთან დამჭიმავი მანქანის ლილვთან;
5. σ_5 – ფოლადის ყალიბის დეფორმაციის გამო;
6. σ_6 – ბეტონის სწრაფდენადი ცოცვალობით მოკუმშვის პროცესში;
7. σ_7 – არმატურაში ძაბვების რელაქსაციით ბეტონზე დაძაბვისას;
8. σ_8 – ბეტონის გამყარების დროს შეკლებით გამოწვეული დანაკარგები;
9. σ_9 – ბეტონის ხანგრძლივი ცოცვალობით გამოწვეული დანაკარგები;
10. σ_{10} – წრიული ან სპირალური არმატურის ქვეშ ბეტონის მოთელვით, წრიული კვეთის ბეტონის ელემენტებზე (რეზერვუარი, მილსადენი) წინასწარ დამძაბავი არმატურის დახვევისას;
11. σ_{11} – კონსტრუქციის ცალკეული ელემენტებით აწეობისას პირაპირებში ბეტონის მოთელვით.

ყველა ამ დანაკარგს ნორმებში შეესაბამება სათანადო სიდიდის ან ფორმულა, რომლის მიხედვითაც იანგარიშება დანაკარგის რიცხვითი მნიშვნელობა.

საბჯენებზე დაძაბვისას გაანგარიშებაში ითვალისწინებენ:

პირველად დანაკარგებად – $\sigma_{loss,1} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5 + \sigma_6$;

მეორად დანაკარგებად – $\sigma_{loss,2} = \sigma_8 + \sigma_9$.

ბეტონზე დაძაბვის დროს:

პირველადი დანაკარგებია $\sigma_{loss,1} = \sigma_3 + \sigma_4$;

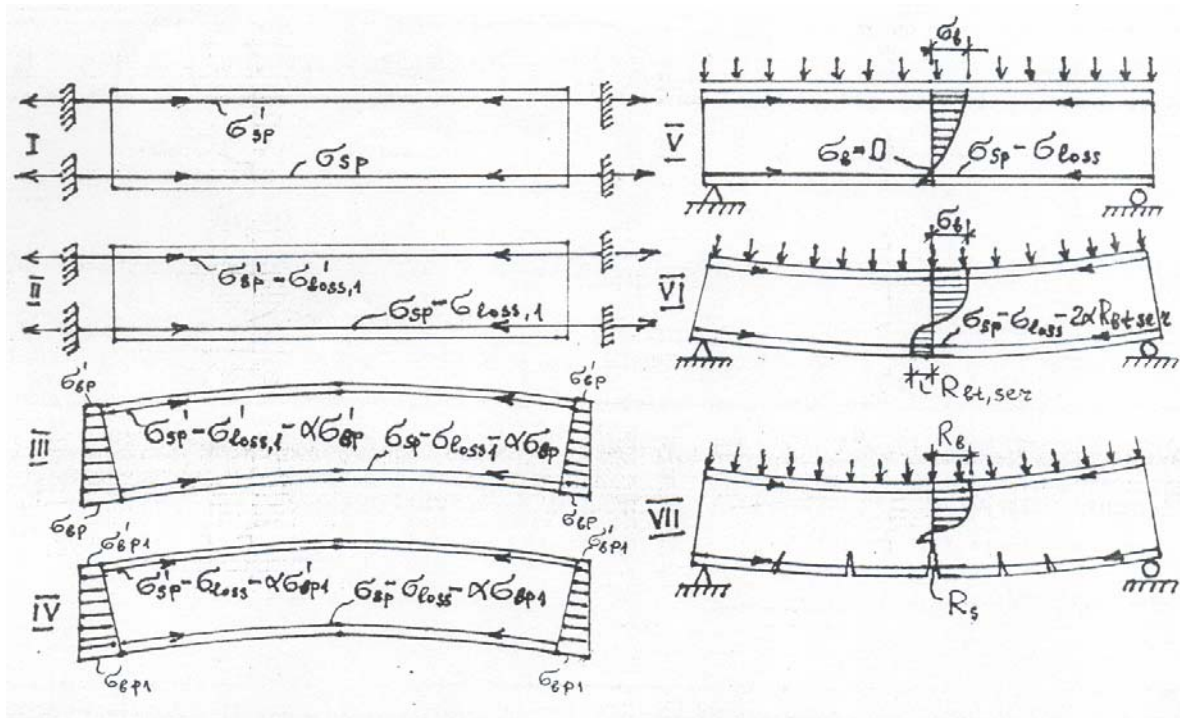
მეორადი დანაკარგებია $\sigma_{loss,2} = \sigma_7 + \sigma_8 + \sigma_9 + \sigma_{10} + \sigma_{11}$.

ორივე შემთხვევაში სრული დანაკარგები $\sigma_{loss} = \sigma_{loss,1} + \sigma_{loss,2}$.

აღსანიშნავია, რომ წინასწარი დაძაბვისას გაანგარიშებით თავიდან არის განსაზღვრული მომავალი ძაბვები, როგორც არმატურაში, ისე ბეტონში. მოცემულია ამ ძაბვების სიდიდეთა დასაშვები საზღვრები ანუ მაქსიმუმი და მინიმუმი, სათანადო დანაკარგების გათვალისწინებით.

5.4 წინასწარ დაძაბული ღუნვადი კონსტრუქციის ნორმალური კვეთის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობათა მიმდევრობა (ეტაპები)

საბჭენებზე დაძაბულ ღუნვად ელემენტებში, არმატურის დაჭიმვიდან ელემენტის რღვევამდე, ძაბვები არმატურასა და ბეტონში იცვლება 27-ე ნახაზზე მოცემული მიმდევრობით.



ნახ. 27. წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონის ღუნვადი ელემენტის კვეთის დაძაბული მდგომარეობის ეტაპები

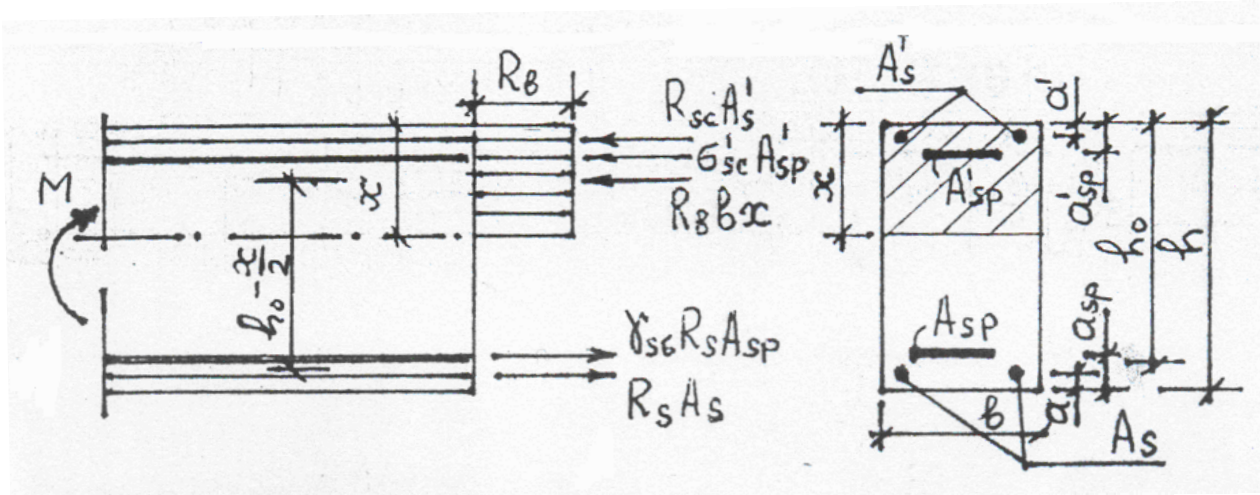
27-ე ნახაზზე ჩანს, რომ წინასწარი დაძაბვისას არმატურაში ჯერ საკონტროლო სიდიდის ძაბვები წარმოიქმნება (I ეტაპი), შემდეგ იწყება ჯერ პირველადი, შემდეგ მეორადი დანაკარგები, რომლებიც გამოაკლდება პირვანდელ საკონტროლო σ_{sp} ძაბვას (II ეტაპი). III და IV ეტაპზე არმატურაში არსებულ ძაბვებს აკლდება ბეტონის კუმშვის დეფორმაციის შესაბამისი $\alpha\sigma_{sp}$ და $\alpha\sigma_{sp1}$ ძაბვები. V ეტაპზე ღუნვად ელემენტზე მოდებულია იმ სიდიდის გარე დატვირთვა, რომლის მიერ აღძრული გამჭიმავი ძაბვა გაჭიმული არმატურის დონეზე, წინასწარი მოკუმშვისაგან ბეტონში აღძრული შემკუმშავი ძაბვის ტოლია. ე.ი. გაჭიმულ ზონაში წინასწარი დაძაბვა გაბათილდება. VI ეტაპზე, დატვირთვის მომატებით მუშაობას იწყებს გაჭიმული ბეტონიც, რომელშიც ძაბვა აღწევს თავის ზღვრულ $R_{bt,ser}$ მნიშვნელობას. ბოლო, VII ეტაპზე, გაჭიმულ ზონაში ჩნდება ბზარები, გაჭიმულ არმატურაში ძაბვა ხდება ზღვრული - R_s , ამასობაში შეკუმშულ ბეტონშიც ძაბვები უტოლდება ზღვრულ R_b სიდიდეს, ხოლო შეკუმშულ არმატურაში - $\sigma_{sc} = R_{sc} - \sigma'_{sp}$ და ელემენტი ირღვევა.

27-ე ნახაზზე ისიც ნათლად ჩანს, რომ I-დან VI ეტაპის ჩათვლით მდგომარეობა შეესაბამება კვეთის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის I სტადიას, რომლის დროსაც უზაროდ მომუშავე ელემენტები იანგარიშება II ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით. VII ეტაპის დასაწყისი, როდესაც

ბზარები წარმოიქმნება, მაგრამ დაბევს არმატურასა და ბეტონში ჯერ არ მიუღწევიათ ზღვრული მნიშვნელობისათვის – შეესაბამება II სტადიას ანუ საექსპლუატაციო სტადიას, რომლის დროსაც ხდება ბზარებით მომუშავე ელემენტების გაანგარიშება II ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით. VII ეტაპის ბოლო, როდესაც დაბევები ბეტონშიც და არმატურაშიც ზღვრულ მნიშვნელობას აღწევს – შეესაბამება III სტადიას ანუ რღვევის სტადიას, რომლის დროსაც წინასწარ დაძაბულ რკინაბეტონის ელემენტებს ანგარიშობენ I ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით, კერძოდ, სიმტკიცეზე.

5.5. წინასწარ დაძაბული ღუნვადი ელემენტის კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცეზე

გაანგარიშება სიმტკიცეზე ანალოგიურია ორფაარმატურიანი კვეთის გაანგარიშებისა, ოღონდ წინასწარობის პირობიდან დაწერილ სიმტკიცის პირობაში ჩაემატება ახალი წევრები – გაჭიმული და შეკუმშული ზონის წინასწარ დაძაბულ არმატურაში აღძრული ძალები. საანგარიშო სქემას აქვს შემდეგი სახე (ნახ. 28).



ნახ. 28. წინასწარ დაძაბული ღუნვადი ელემენტის სიმტკიცეზე საანგარიშო სქემა

წინასწარობის პირობიდან $\sum M = 0$, გვექნება

$$M \leq R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') + \sigma'_{sc} A'_{sp} (h_0 - a'_{sp}). \quad (5.1)$$

დაბვა შეკუმშულ ზონაში განლაგებულ დაძაბულ არმატურაში $\sigma'_{sc} = R_{sc} - \gamma_{sp} \sigma'_{sp}$. γ_{sp} არმატურის წინასწარი დაძაბვის სიზუსტის კოეფიციენტი, აიღება ნორმებიდან; γ_{s6} – მუშაობის პირობების კოეფიციენტი დაძაბული არმატურისათვის, აიღება ნორმებიდან [1].

წინასწარობის პირობიდან $\sum X = 0$, გვექნება

$$R_s A_s + \gamma_{s6} R_s A_{sp} - R_b b x - R_{sc} A'_s - \sigma'_{sc} A'_{sp} = 0, \quad (5.2)$$

(5.2)–დან გვექნება

$$x = \frac{R_s A_s + \gamma_{s6} R_s A_{sp} - R_{sc} A'_s - \sigma'_{sc} A'_{sp}}{R_b b}. \quad (5.3)$$

გაანგარიშების ბლოკ-სქემა და რიცხვითი მაგალითი მოცემულია მე-10 დანართში.

საკონტროლო საკითხები

1. რა არის რკინაბეტონის ელემენტის წინასწარი დაძაბვა და რისთვის სრულდება.
2. რა უპირატესობები აქვს წინასწარ დაძაბულ ელემენტებს.
3. როგორია წინასწარი დაძაბვის ხერხები და რომელი როლის გამოიყენება.
4. რა იწვევს წინასწარ აღძრული ძაბვების დანაკარგებს. ჩამოთვალეთ.
5. დახაზეთ და დაახასიათეთ წინასწარ დაძაბული ღუნვადი ელემენტის ნორმალური კვეთის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობების მიმდევრობა (ეტაპები).
6. განმარტეთ, ზოგადად რკინაბეტონის ღუნვადი ელემენტის კვეთის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის რომელ სტადიებს შეესაბამება წინასწარ დაძაბული ელემენტის კვეთის დაძაბული მდგომარეობის ეტაპები.
7. დახაზეთ წინასწარ დაძაბული ღუნვადი ელემენტის სიმტკიცეზე საანგარიშო სქემა.
8. დაწერეთ კვეთის სიმტკიცის პირობები. აღნიშნეთ განსხვავება დაუძაბავი ელემენტის სიმტკიცის პირობებთან შედარებით.

6. რკინაბეტონის კონსტრუქციების II ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშების საფუძვლები

II ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშება ხდება ბზარმდეგობასა და ჩაღუნვაზე.

ბზარმდეგობის მიხედვით წინასწარ დაძაბულ კონსტრუქციებს წაყენებათ სამი კატეგორიის მოთხოვნა:

I კატეგორიის მოთხოვნა წაყენებათ იმ კონსტრუქციებს, რომლებშიც ბზარის წარმოქმნა დაუშვებელია;

II კატეგორიის მოთხოვნა – როდესაც მთლიანი (სრული) დატვირთვისაგან ბზარის გახსნა დასაშვებია, მაგრამ ხანმოკლე დატვირთვის მოხსნისას უნდა დაიხუროს;

III კატეგორიის მოთხოვნაა, როდესაც ბზარების გახსნა დასაშვებია, მაგრამ არა უმეტეს ნორმებით ნებადართული სიდიდისა. იგივე მოთხოვნა წაყენება დაუძაბავ რკინაბეტონსაც.

6.1. გაანგარიშება ბზარების წარმოქმნის მიხედვით:

$$a) \text{ გაჭიმული ელემენტები} - N \leq N_{crc} = R_{bt,ser}(A_b + 2\alpha A_s) + P; \quad (6.1)$$

$$b) \text{ ღუნვადი ელემენტები} - M \leq M_{crc} = R_{bt,ser}W_{pl} + P(r + e_{op}). \quad (6.2)$$

$$a) \text{ქ. } 2\alpha = \frac{E_s}{\nu_t E_b} = \frac{E_s}{0,5E_b}; \quad W_{pl} = 1,75W_0; \quad (6.3)$$

P წინასწარ მომკუმშავი ძალაა. ჩვეულებრივი რკინაბეტონის ელემენტების გაანგარიშებისას $P=0$; $e_{op} - P$ ძალის ექსცენტრისიტეტია; r – მანძილი დაყვანილი კვეთის სიმძიმის ცენტრიდან კვეთის გულის უშორეს წერტილამდე;

N_{crc}, M_{crc} – შესაბამისად, გამჭიმავი ძალის და მღუნავი მომენტის ის სიდიდე, რომლის დროსაც ელემენტის გაჭიმულ ზონაში წარმოიშვება ბზარი.

6.2. გაანგარიშება ბზარების დახურვის მიხედვით

ბზარმედგობის II კატეგორიის მოთხოვნა რომ შესრულდეს, სრული დატვირთვისაგან არმატურაში უნდა აღიძრას მხოლოდ დრეკადი დეფორმაციები. ეს შესაძლებელია, თუ წინასწარი მოკუმშისაგან აღძრულ σ_{sp} ძაბვისა და სრული გარე დატვირთვისაგან აღძრულ σ_s ძაბვის ჯამისათვის შესრულდება პირობა

$$\sigma_{sp} + \sigma_s \leq 0,8R_{s,ser}. \quad (6.4)$$

ბზარის დახურვის შემდეგ მასში უნდა შენარჩუნდეს მკუმშავი ძაბვა არანაკლები 0,5 მგპა-სა.

6.3. გაანგარიშება ბზარების გახსნის მიხედვით უნდა შესრულდეს პირობა

$$a_{crc} \leq a_{crc,u} = 0,05...0,3 \text{ მმ};$$

a_{crc} არის ნორმატიული დატვირთვისაგან ბზარის გახსნის სიგანე;

$a_{crc,u}$ – ბზარის გახსნის ნორმებით დაშვებული სიდიდე;

$$a_{crc} = 20(3,5 - 100\mu)\delta\phi\eta\frac{\sigma_s\sqrt{d}}{E_s}. \quad (6.5)$$

μ დაარმატურების კოეფიციენტი; δ ითვალისწინებს ელემენტის მუშაობას ღუნვაზე, გარეცენტრულ კუმშვასა ან გაჭიმვაზე; ϕ – დატვირთვის ხანგრძლივობის გავლენას; η – არმატურის პროფილს; σ_s ბზარიან კვეთში გაჭიმულ არმატურაში აღძრული ძაბვაა. იგი გამოითვლება:

დაუძაბავ ელემენტებში: გაჭიმვისას $\sigma_s = N/A_s$; ღუნვისას $\sigma_s = M/A_s z$;

დაძაბულ ელემენტებში: გაჭიმვისას $\sigma_s = (N - P)/(A_{sp} + A_s)$;

$$\text{ღუნვისას } \sigma_s = \frac{M - P(z - e_{sp})}{(A_{sp} + A_s)z}.$$

z არის კვეთში შიგა წყვილძალის მხარი; e_{sp} – მომკუმშავი ძალის დაშორება დაძაბული არმატურის კვეთის სიმძიმის ცენტრამდე; P – მომკუმშავე ძალა, N – გარე გამჭიმავი ძალა; M – მღუნავი მომენტი.

6.4. გაანგარიშება ჩაღუნვაზე უნდა შესრულდეს პირობა

$$f \leq f_u = l/200...l/600. \quad (6.6)$$

ჩაღუნვის სიდიდე $f = \int_0^l \overline{M}_x \left(\frac{1}{r} \right) dx, \quad (6.7)$

ან, გამარტივებულად $f = \varphi_m \left(\frac{1}{r} \right) l^2. \quad (6.8)$

თუ ელემენტი მუშაობს ბზარების გარეშე, სიმრუდე $\frac{1}{r} = \frac{M\varphi_{b2}}{0,85E_b I_{red}}, \quad (6.9)$

$$\text{ბზარებით მუშაობისას} - \frac{1}{r} = \frac{M}{zh_0} \left(\frac{\psi_s}{E_s A_s} + \frac{\psi_b}{\nu E_b A_b} \right). \quad (6.10)$$

ზემოთ მოყვანილ ფორმულებში: \bar{M}_x ერთეული ძალისაგან გამოწვეული მომენტი განსახილველ x კვეთში; $\psi_s = \sigma_{sm} / \sigma_s$, $\psi_b = \sigma_{bm} / \sigma_b$ კოეფიციენტები ითვალისწინებს ელემენტის დერძის გასწვრივ ძაბვათა უთანაბრობას გაჭიმულ არმატურასა და შეკუმშულ ბეტონში. σ_{sm} და σ_{bm} საშუალო ძაბვებია გაჭიმულ არმატურასა და შეკუმშულ ბეტონში. ϕ_m კოეფიციენტი ითვალისწინებს დატვირთვის სახეობის გავლენას ჩაღუნვაზე. ორ საყრდენზე თავისუფლად დაყრდნობილი კოჭის გაანგარიშების დროს: თანაბრად განაწილებული დატვირთვის მოქმედებისას – $\phi_m=5/48$; შეყურსული დატვირთვის მაღის შუაში მოქმედებისას – $\phi_m=1/12$; კოჭის ბოლოებზე ტოლი სიდიდის მომენტების მოქმედებისას – $\phi_m=1/8$. ϕ_{b2} – ბეტონის ხანგრძლივი ცოცვალობის გავლენა სიმრუდეზე; 0,85 კოეფიციენტი ითვალისწინებს მიკრობზარების და ხანმოკლე ცოცვალობის გავლენას სიხისტეზე.

$$\text{სრული ჩაღუნვა} \quad f = f_1 - f_2 + f_3 - f_4. \quad (6.11)$$

სადაც f_1 ხანმოკლე ჩაღუნვაა სრული დატვირთვისაგან;

f_2 და f_3 – ხანმოკლე და ხანგრძლივი ჩაღუნვები ხანგრძლივი დატვირთვისაგან;

f_4 – აღუნვა წინასწარი დაძაბვისაგან.

ჩვეულებრივ (წინასწარ დაუძაბავ) რკინაბეტონის კონსტრუქციების ჩაღუნვაზე გაანგარიშებისას, $f_4=0$.

საკონტროლო საკითხები

1. რაზე ხდება რკინაბეტონის ელემენტების გაანგარიშება II ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით. ბზარმედგობის სამი კატეგორიის მოთხოვნა.
2. დაწერეთ გაჭიმული ელემენტის ბზარმედგობის პირობა ბზარების წარმოქმნის მიხედვით.
3. დაწერეთ ღუნვადი ელემენტის ბზარმედგობის პირობა ბზარების წარმოქმნის მიხედვით.
4. რა პირობა უნდა შესრულდეს, რომ დაკმაყოფილდეს ბზარმედგობის II კატეგორიის მოთხოვნა.
5. როგორია ბზარების გახსნის მიხედვით გაანგარიშების პირობა და ბზარის გახსნის სიდიდის ემპირიული გამოსახულება.
6. როგორია ჩაღუნვაზე გაანგარიშების პირობა, ჩაღუნვის საანგარიშო ფორმულები.
7. ელემენტის სიმრუდის განსაზღვრა უბზაროდ და ბზარებით მომუშავე ელემენტებისათვის.
8. სრული ჩაღუნვის ზოგადი ფორმულა. განმარტეთ თითოეული წევრის შინაარსი.

ნაწილი II
შენობებისა და ნაგებობების რკინაბეტონის კონსტრუქციები

7. რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტება

7.1 შენობებისა და ნაგებობების რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტების ზოგადი პრინციპები

ნებისმიერი ობიექტის (სამრეწველო, სამოქალაქო და სხვა დანიშნულების) პროექტის დამუშავება ხდება შემკვეთის მიერ შედგენილი დაპროექტების მოცემულობის საფუძველზე და შედგება: ობიექტის ბრტყელი და მოცულობითი დაგეგმარებისა და კონსტრუქციული გადაწყვეტისაგან, მისი სტატიკური (საჭიროების შემთხვევაში – დინამიკური) გაანგარიშებისაგან, ცალკეული ელემენტების კვეთის შერჩევისა და კონსტრუირებისაგან.

რაციონალური გადაწყვეტილების მიღება ხდება დაპროექტების რამდენიმე შესაძლო ვარიანტის შედარების საფუძველზე: ეკონომიკური, მასალატევადობის, შრომის დანახარჯების, ენერგეტიკული და სხვა რესურსების ხარჯვისა და მშენებლობის ინდუსტრიალიზაციის ხარისხის მაჩვენებლების მიხედვით.

სტატიკური გაანგარიშებისას ხდება: საანგარიშო სქემების დანიშვნა, რომელიც უნდა შეესაბამებოდეს კონსტრუქციის რეალურ მუშაობას; გარე დატვირთვების სიდიდისა და მდებარეობის დადგენა და M, N, Q შიგა ძალების განსაზღვრა კონსტრუქციის დამახასიათებელ და საშიშ კვეთებში.

ელემენტების კვეთების შერჩევა და გაანგარიშება არის: ნორმალური განივი კვეთის რაციონალური ფორმის, ბეტონისა და არმატურის ოპტიმალური კლასის შერჩევა, მუშა არმატურის განივკვეთის ფართობის გაანგარიშება, ნორმების მოთხოვნის შესაბამისად სიმკეციის, ბზარმდეგობისა და სიხისტის მიხედვით.

კონსტრუირება გულისხმობს: ელემენტში და ცალკეულ განივკვეთებში მუშა და სამონტაჟო (კონსტრუქციული) არმატურის განლაგებას, მთლიანად კონსტრუქციის და მისი ცალკეული ელემენტების დაარმატურების, ელემენტების შეერთების კვანძების მუშა ნახაზების დამუშავებასა და გამოხაზვას.

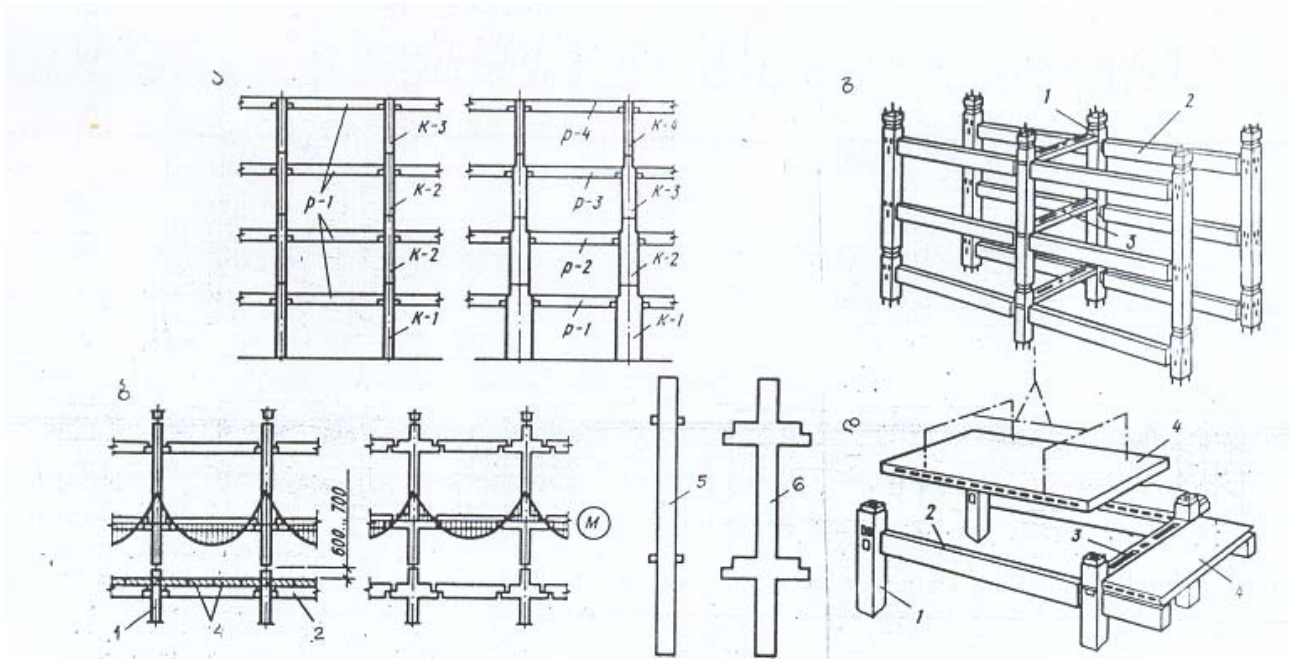
დაპროექტების პრაქტიკული გამოცდილების ანალიზმა აჩვენა, რომ ასაწყობი რკინაბეტონის ელემენტების ღირებულების სტრუქტურა პროცენტებით შემდეგია: მასალების ღირებულება 55%-მდე, ენერგეტიკული დანახარჯები (საწვავის ჩათვლით) – 3%, მუშა-მოსამსახურეთა ხელფასი – 10%, საერთო საქარხნო დანახარჯები – 29% და სხვა მოსალოდნელი დანახარჯები 3%. როგორც ვხედავთ მასალებზე გაწეული დანახარჯები ელემენტის ღირებულების ნახევარზე მეტს შეადგენს და მისი წილი კიდევ გაიზრდება წარმოების მექანიზაციის დონის გაზრდასთან ერთად.

მონოლითური რკინაბეტონის კონსტრუქციების ღირებულების სტრუქტურა განსხვავებულია, და რადგან მშენებლობის წარმოება ხდება უშუალოდ ადგილზე – განსხვავებული პუნქტებისაგან შედგება. ასაწყობი და მონოლითური რკინაბეტონის კონსტრუქციების ღირებულების შედარება ადასტურებს, რომ ასაწყობი კონსტრუქციები ღირებულების მიხედვით ხელსაყრელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მათი დამზადება ხდება მინიმალური ტიპოზომებით, დიდი რაოდენობით და მაღალი დონის მექანიზირებულ ქარხნებში. ასაწყობი კონსტრუქციების რენტაბელობის მთავარი პირობაა ელემენტების უნიფიკაცია და ტიპიზაცია, რაც თანამედროვე სამშენებლო დაპროექტების ზოგადი პრინციპია.

7.2. შენობა-ნაგებობების და მათი ელემენტების უნიფიკაცია და ტიპიზაცია

უნიფიკაცია არის ნაგებობების ძირითადი ზომების, ასაწყობი ელემენტების გაბარიტული ზომების, დაკვალვის საკოორდინატო ღერძებთან მათი მიბმის, ელემენტების შედუღების კვანძების, აგრეთვე დატვირთვების ერთნაირ სქემაზე დაყვანა. უნიფიკაციის საფუძველი არის ერთიანი სამოდულო სისტემა, რომელიც ზომების გრადაციის ძირითად მოდულად (ერთეულად) 100 მმ-ს მიიჩნევს. არის გამსხვილებული მოდულები, თავის მხრივ 100 მმ-ის ჯერადი. მაგალითად, ერთსართულიანი სამრეწველო შენობების მალისა და სვეტების ბიჯის მოდულია 6 მ (მალი - 18, 24, 30 მ და მეტი, ბიჯი - 6, 12, 18 მ); სიმაღლე იატაკიდან მზიდი კონსტრუქციის ქვედა კიდემდე ჯერადია 0,6 მ-ის; სამოქალაქო შენობებში სვეტების ბადის ზომების გამსხვილებული მოდულია 0,2 მ, ხოლო სართულის სიმაღლის - 0,3 მ.

კონსტრუქციების ასაწყობ ელემენტებად დაყოფა ხდება შემდეგი მოთხოვნების გათვალისწინებით: ა) ელემენტების დამზადების ტექნოლოგიურობა და კონკრეტული პირობებისათვის გადაზიდვის ტრანსპორტაბელობა; ბ) შესაძლო მაქსიმალური ზომების შეზღუდვა დამზადების, ტრანსპორტირებისა და მონტაჟისას გამოყენებული მანქანებისა და მექანიზმების ტვირთამწეობის მიხედვით; გ) მონტაჟის ტექნოლოგიის სიმარტივე და მონტაჟის დროს შედუღების და ნაკერების დამონოლითების მინიმუმამდე დაყვანა. მაგალითად, მრავალსართულიანი შენობის დაყოფა ხდება ისე, რომ ცალკეული ელემენტის მასა არ აღემატებოდეს 3...5 ტ-ს (ნახ. 29).



ნახ. 29. მრავალსართულიანი შენობის კარკასის დაყოფა ასაწყობ

ელემენტებად:

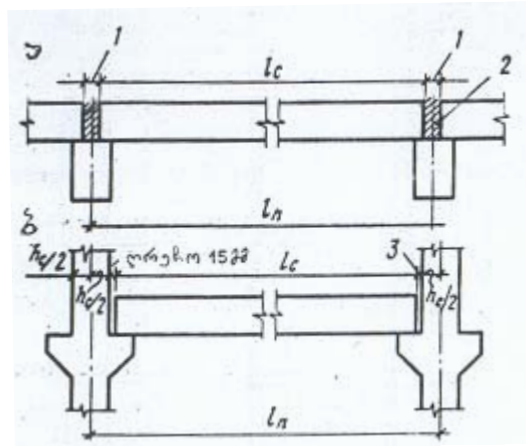
1-სვეტი; 2-რიგელი; 3-გრძივი მიმართულების სვეტებშორისი ფილა;

4-გადახურვის პანელი; 5-ხაზოვანი ჭრის სვეტი; 6-სვეტი გამოშვებული კონსოლებით

შენობა-ნაგებობების გაბარიტული ზომების შესაბამისად უნიფიცირებულია ცალკეული ელემენტების გეომეტრიული ზომები, რომლებიც მიღებულია, როგორც ტიპობრივი, შემდგომში მასობრივი ქარხნული დამზადებისათვის. ზიდვის უნარის ცვლილება ხორციელდება ბეტონის კლასისა და კვეთის დაარმატურების

პროცენტის ცვლილებით. სხვადასხვა ტიპის უნიფიცირებული ელემენტი გაერთიანებულია სახელმწიფო სტანდარტებში და კატალოგის სახით გამოშვებულია დამამზადებელი ქარხნის მიერ. უნიფიკაცია და ტიპიზაცია ვრცელდება აგრეთვე მთლიანად შენობებისა და ნაგებობების დაპროექტებაზე. ასეთი ტიპობრივი პროექტის გამოყენებისას აღარ არის საჭირო დამატებითი გაანგარიშება. საკმარისია მისი მიბმა კონკრეტულ პირობებთან.

ტიპობრივი კონსტრუქციების ურთიერთდასაკავშირებლად ნორმებით გათვალისწინებულია ზომების სამი კატეგორია: ნომინალური, კონსტრუქციული და რეალური (ნატურული). ნომინალურია დაკვალვის ღერძებს შორის მანძილი (ნახ. 30), კონსტრუქციული – ნომინალურს გამოკლებული ღრეჩობის ან ნაკერების სიგანე, რეალურია ზომა, რომელიც განსხვავდება კონსტრუქციულისაგან დამზადებისას დაშვებული უზუსტობით. უკანასკნელს ეწოდება დაშვება, იგი ნორმირებულია (3...10 მმ).



ნახ. 30. ასაწყობი ელემენტების ნომინალური და კონსტრუქციული ზომები:
ა-ფილა; ბ-რიგელი; 1-ღრეჩო 30 მმ; 2-ხსნარით შევსება; 3-ღრეჩო 15 მმ

ასაწყობ კონსტრუქციებს უნიფიკაციისა და ტიპიზაციის გარდა მოეთხოვება ტექნოლოგიურობა, რომელიც რიგ შემთხვევაში კონსტრუქციის ტიპის შერჩევისას გადამწყვეტია. მაგალითად, მრავალსართულიანი კარკასის ცალკეულ ელემენტებად დანაწევრებისას მუდმივკვეთიანი სვეტები უფრო მისაღებია დამზადების სიმარტივის გამო, ვიდრე სვეტები კონსოლებით (ნახ.29), თუმცა უკანასკნელი უფრო შეესაბამება კარკასის სტატიკური მუშაობის პირობას. მონტაჟის გასაადვილებლად სვეტების პირაპირები ეწყობა იატაკიდან 60–70 სმ-ზე მიუხედავად იმისა, რომ კარკასის სტატიკური მუშაობის პირობის მიხედვით უფრო რაციონალურია იგი მოეწყოს სართულის სიმაღლის შუაში, სადაც მღუნავი მომენტის სიდიდე მინიმალურია.

რკინაბეტონის ასაწყობი კონსტრუქციების დაპროექტების თავისებურებაა მათი გაანგარიშება აწვევის, შენახვის (დასაწყობების) და მონტაჟისას. ამ შემთხვევაში საანგარიშო სქემა შესაძლებელია მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს ექსპლუატაციისას მიღებულ საანგარიშო სქემისაგან. მაშასადამე, დაძაბული მდგომარეობაც განსხვავებული იქნება, რის უგულებელყოფამ შესაძლებელია ელემენტისათვის რომელიმე ზღვრული მდგომარეობის დადგომა გამოიწვიოს. შესაბამისი საანგარიშო სქემიდან გამომდინარე, სამონტაჟო მარყუჟების, ასაწვევი ნახვრეტებისა და დასაწყობებისას სხვადასხვა სადების მდებარეობაც განისაზღვრება გაანგარიშებით საკუთარი მასისაგან გამოწვეულ დატვირთვაზე,

დინამიკურობის კოეფიციენტის გათვალისწინებით, რომელიც ტოლია ტრანსპორტირებისას 1,6-ის, აწვევისა და მონტაჟისას – 1,4-ის.

7.3. რაციონალური და ოპტიმალური კონსტრუქციების დაპროექტება

რაციონალური ეწოდება კონსტრუქციებს ან მათ ელემენტებს, რომლებიც პასუხობენ ყველა ნორმატიულ მოთხოვნას და $f(x)_{\min}$ მიზნობრივი ფუნქციის მინიმალურ მნიშვნელობას ერთი და იმავე სახეობისა და კლასის მასალებისათვის, განიკვეთის ყველა შესაძლო ფორმისა და გეომეტრიული ზომის გათვალისწინებით.

ოპტიმალურია ისეთი კონსტრუქცია, რომელიც, აგრეთვე პასუხობს ყველა ნორმატიულ მოთხოვნებს და $f(x)_{\min}$ მიზნობრივი ფუნქციის მინიმალურ მნიშვნელობას. იგი შეირჩევა სხვადასხვა სახის და კლასის მასალებისაგან დამზადებული ყველა ტიპის რაციონალური კონსტრუქციების ანალიზის საფუძველზე.

ოპტიმიზაციის კრიტერიუმები შეიძლება იყოს სხვადასხვა: საერთო სამეურნეო დანახარჯები, შრომატევადობა, მასალატევადობა, ენერგოტევადობა და ა.შ. ოპტიმიზაციის კრიტერიუმების ერთდროული გათვალისწინება, რომელთა მოთხოვნები ურთიერთსაწინააღმდეგოც შეიძლება აღმოჩნდეს, რთული მათემატიკური ამოცანაა თანამედროვე გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენების შემთხვევაშიც. ამიტომ მიზანშეწონილია ოპტიმიზაციის მხოლოდ ერთი პარამეტრის, მაგალითად, საერთო-სამეურნეო დანახარჯების გათვალისწინება. ამ შემთხვევაში ამოცანა მარტივდება, თუ ოპტიმალურობის კრიტერიუმად აიღება ფულადი დანახარჯების მიზნობრივი ფუნქცია, რომლის პარამეტრების შერჩევის გზით მიიღწევა ფუნქციის მინიმიზაცია

$$C_i + E_{\phi} k_i = \min. \quad (7.1)$$

C_i არის კონსტრუქციის ღირებულება „საქმეში“ და საექსპლუატაციო დანახარჯები;

k_i – სამშენებლო ბაზის შესაქმნელი ერთდროული დანახარჯები;

E_{ϕ} – დარგის რენტაბელობის კოეფიციენტი.

ცხადია, მიზნობრივი ფუნქციის მინიმიზაციის მთავარი პარამეტრია კონსტრუქციის ღირებულება „საქმეში“

$$C_{\text{კს}} = (C_{\text{კ}} + C_{\phi}) k_{\text{საწ}} + C_{\text{მონ}} + C_{\text{გა}} k_{\text{გ}} + \Delta H. \quad (7.2)$$

$$C_{\text{კ}} = C_{\text{კთ}} \cdot \alpha \cdot \delta_{\phi}. \quad (7.3)$$

აქ $C_{\text{კ}}$ კონსტრუქციის დამზადების სრული ღირებულებაა, ანუ საქარხნო ღირებულება;

C_{ϕ} – სამშენებლო მოედნამდე ტრანსპორტირების დანახარჯები;

$C_{\text{მონ}}$ – მონტაჟის ღირებულება;

$C_{\text{გა}}$ – ადგილზე გამსხვილებული აწყოების დანახარჯები, $k_{\text{საწ}}$, $k_{\text{გ}}$ და ΔH ითვალისწინებს მომზადება – დასაწყოების, ზამთრის პერიოდში დამონოლითების სამუშაოების გაძვირებისა და ცვალებად ზედნადებ ხარჯებს. α და δ_{ϕ} ითვალისწინებს რეალიზაციის დანახარჯებს და ნაკეთობის ტერიტორიულ გაძვირებას; $C_{\text{კთ}}$ არის კონსტრუქციის თვითღირებულება.

აქაც შესაძლებელია ყველა პარამეტრის დაფიქსირება, გარდა კონსტრუქციის $C_{კო}$ თვითღირებულებისა, რომლის შემადგენელი პარამეტრების ცვლილებით ხდება ნაკეთობის მინიმალური თვითღირებულების დადგენა.

$$C_{კო} = C_{ბ6} + C_{ფოლ} + C_{ს} + C_{და} + C_{ხლ} + C_{ახ} + C_{დდ} + C_{დაბ} + C_{ყ} + C_{თბ} + C_{ქ} \quad (7.4)$$

აქ $C_{ბ6}$ ბეტონის ნაზავის ღირებულება;

$C_{ფოლ}$ – ყოველგვარი ფოლადის ნაწარმის (არმატურა, ჩასატანებელი დეტალები) ღირებულება;

$C_{ს}$ – დაუძაბავი არმატურის ბადეებისა და კარკასების დამზადების დანახარჯები;

$C_{და}$ – დაძაბული არმატურის ნაკეთობების დამზადების დანახარჯები;

$C_{ხლ}$ – ჩასატანებელი დეტალების დამზადების ღირებულება;

$C_{ახ}$ – დაუძაბავი არმატურისა და ჩასატანებელი დეტალების ყალიბში ჩალაგების ღირებულება;

$C_{დდ}$ – დაძაბული არმატურის წინასწარი დაჭიმვის დანახარჯები;

$C_{დაბ}$ – ნაკეთობის დაბეტონების დანახარჯები;

$C_{ყ}$ – ყალიბების ექსპლუატაციისა და შენახვის დანახარჯები;

$C_{თბ}$ – ნაკეთობის თბური დამუშავების (გამოორთქვლის) ღირებულება;

$C_{ქ}$ – ქარხნული მზადყოფნის (გამსხვილებული აწყობა, მოპირკეთება) დანახარჯები.

ყველა ზემოთ მოყვანილი დანახარჯი იანგარიშება სათანადო ფორმულებით ან მოიძებნება მოქმედ ოფიციალურ ცნობარებსა და კატალოგებში.

როდესაც ვანგარიშობთ (7.4) ფორმულის შემადგენელ წევრებს, ცხადი ხდება, რომ რკინაბეტონის ელემენტის მინიმალური ღირებულების დასადგენად მიზნობრივი ფუნქციის მინიმიზაციის პრაქტიკული ამოცანის გადაწყვეტისას საჭიროა შემდეგი ფაქტორების მნიშვნელობათა ვარირება: A – განივი კვეთის ზომები და არმატურის განივი კვეთის ფართობი; S – მუშა არმატურის მონაცემები (კლასი, მარკა, სახეობა); B – ბეტონის კლასი; L – ელემენტის სიგრძე; V – ბეტონისა და არმატურის მახასიათებლების ღირებულება; M – დამზადებისა და მონტაჟის ტექნოლოგიური მეთოდი; T – ტრანსპორტირება. მაშასადამე შეგვიძლია დავწეროთ

$$C = \varphi(A, S, B, L, V, M, T) \quad (7.5)$$

შეიძლება ჩაითვალოს, რომ L და V ფაქტორები არ იცვლება. M და T ფაქტორებიდან, ვარიანტების სიმცირის გამო, შეიძლება თითოეულის დაფიქსირება და მინიმიზაციის პროცესის ისე განხილვა. ფაქტიურად დარჩა A , S და B ფაქტორები, რომელთა ვარირებით ხდება ელემენტის მინიმალური ღირებულების დადგენა.

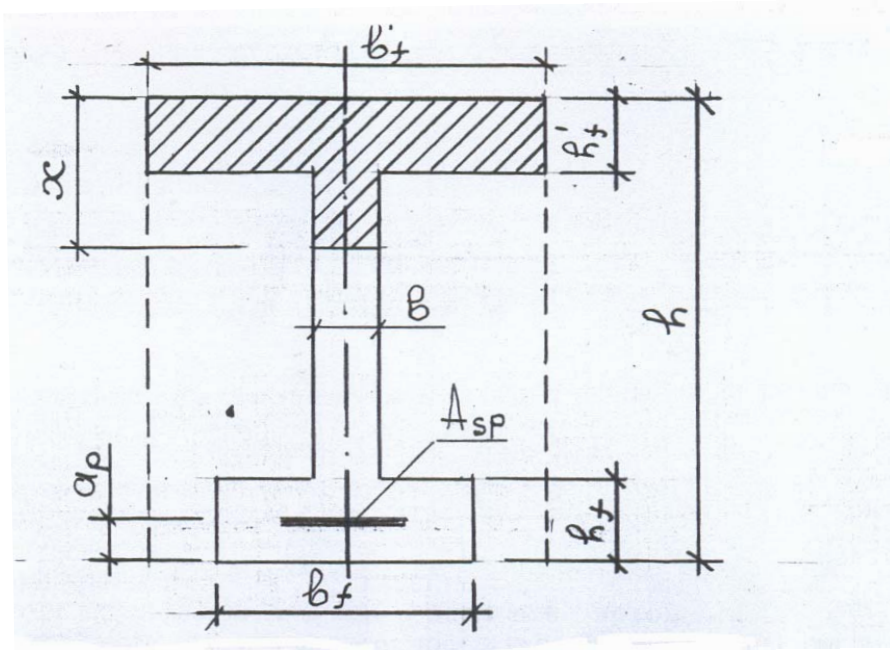
გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ A , S და B ფაქტორების სიდიდეები შეზღუდულია რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტების სამშენებლო ნორმებით, რადგან ელემენტის დამზადების, მონტაჟისა და ექსპლუატაციისას არ უნდა იქნეს დაშვებული არც ერთი ზღვრული მდგომარეობის დადგომა. ამიტომ უნდა შესრულდეს სიმტკიცის, ბზარმდევობისა და სიხისტის უზრუნველყოფის ყველა პირობა. ამას ემატება დაპროექტების გამოცდილების მიხედვით დადგენილი შეზღუდვა ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმაღლის, დაარმატურების პროცენტის, გეომეტრიული ზომების გარკვეულ ფარგლებში ცვლილებების შესახებ.

ზოგადი შემთხვევისათვის, როდესაც გავითვალისწინებთ ყველა შეზღუდვას, (7.5) მიზნობრივი ფუნქცია გამოდის საკმაოდ დიდი და მოუხერხებელი პრაქტიკული

გამოყენებისათვის. ამიტომ ელემენტის მინიმალური ღირებულების დადგენა ყველა შემთხვევაში მოყვანილი პირობების გათვალისწინებით შესაძლებელია რიცხვითი მეთოდებით დამოუკიდებელი ცვლადების დისკრეტული მნიშვნელობებისათვის.

მაგალითად, I-სებრი პროფილის ღუნვადი ელემენტისათვის (ნახ.31) მიზნობრივი ფუნქცია (7.5) წარმოგვიდგება მხოლოდ ოთხი დამოუკიდებელი ცვლადის ფუნქციის სახით

$$C = \varphi(h, b'_f, S, B) \quad (7.6)$$

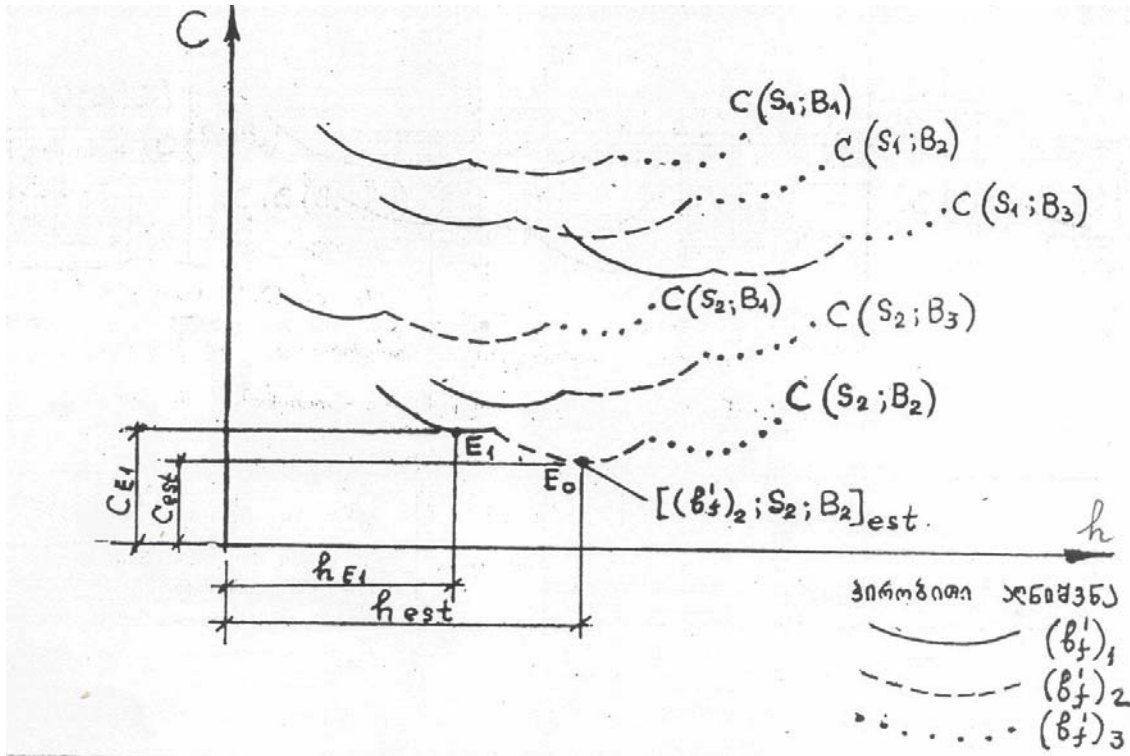


ნახ. 31. I-სებრი კვეთის გეომეტრიული პარამეტრები

I-სებრი კვეთის დანარჩენი პარამეტრები h'_f , h_f , b , b_f , A_{sp} , σ_{sp} , როგორც პირველი, ისე მეორე ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშებისას დამოკიდებულია ზემოთ მოყვანილ პარამეტრებზე. რაც შეეხება ზოგიერთ პარამეტრს, როგორცაა მაგალითად, კონსტრუქციული არმატურა, წინასწარ დაძაბულ ელემენტში თითქმის არ არის დამოკიდებული განივკვეთის ზომებზე და ამიტომ შეიძლება დაუშვათ, როგორც უცვლელი სიდიდეა, რომელიც არ ახდენს გავლენას ოპტიმალურ გადაწყვეტაზე.

კონსტრუქციის ან მისი ელემენტების ღირებულების (7.6) ფუნქციის მიხედვით ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტისას, ჯერ პირველი ვარიანტისათვის ფიქსირდება არმატურის მონაცემების ერთობლიობა S_1 (კლასი, მარკა, დაძაბვის ხერხი, სიმტკიცის, დეფორმაციისა და ღირებულების მახასიათებლები), შემდეგ რიგრიგობით დაინიშნება ბეტონის $B_1, B_2, B_3 \dots$ კლასების შესაბამისი მონაცემების კომპლექსები და ყველა შემთხვევისათვის მიიღება I-სებრი კვეთის ელემენტები, რომლებიც პასუხობენ ზღვრულ მდგომარეობათა გაანგარიშების პირობებს და გამოითვლება მათი საანგარიშო ღირებულებები კვეთის h სიმაღლის დამოკიდებულებით შეკუმშული თაროს სიგანის $(b'_f)_1, (b'_f)_2, (b'_f)_3 \dots$ ფიქსირებული სიდიდეებისათვის. h და b'_f ინიშნება განსაზღვრული მიმდევრობით და წინასწარ დანიშნული ბიჯით, სანამ არ გამოვლინდება ღირებულების მინიმუმი.

გამოთვლების შედეგები შეიძლება გამოისახოს გრაფიკულად მომენტები მრუდებით. $C(S_1; B_1); C(S_1; B_2); C(S_1; B_3) \dots$ შემდეგ აიღება მეორე ვარიანტისათვის არმატურის S_2 მონაცემები და ანალოგიური გამოთვლებით მიიღება მრუდები $C(S_2; B_1); C(S_2; B_2); C(S_2; B_3) \dots$ ასევე განიხილება მესამე და შემდეგი ვარიანტები. წინასწარ დანიშნული ვარიანტების განხილვის შემდეგ ხდება თითოეული ვარიანტის შესაბამისი მინიმალური ღირებულების შეჯერება და გამოვლინდება ყველაზე მცირე (მინიმუმი) ღირებულება C_{est} , რომელსაც შეესაბამება $b'_{f, est}, h_{est}, S_{est}, B_{est}$ პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობა (ნახ. 32).



ნახ. 32. I-სებრი კვეთის ღუნვადი ელემენტის ღირებულების დამოკიდებულება კვეთის სიმაღლეზე, b'_f, S და B -ს ცვლილებების შესაბამისად

თუ საჭირო გახდა მინიმალური ღირებულების ელემენტის ნაცვლად შევარჩიოთ სხვა სამოდულო სისტემის შესაბამისი პარამეტრების მქონე ელემენტი (მაგალითად, კვეთის უნიფიცირებული ზომით), ზემოთ მოყვანილი გრაფიკებიდან ადვილად მოიძებნება შესაბამისი E_1 წერტილი და სათანადო C_{E1} ღირებულება. რამდენად ძვირია ჩვენ მიერ შერჩეული ვარიანტი მინიმალური ღირებულების კონსტრუქციასთან შედარებით, დადგინდება $(C_{E1} - C_{est})$ სხვაობით.

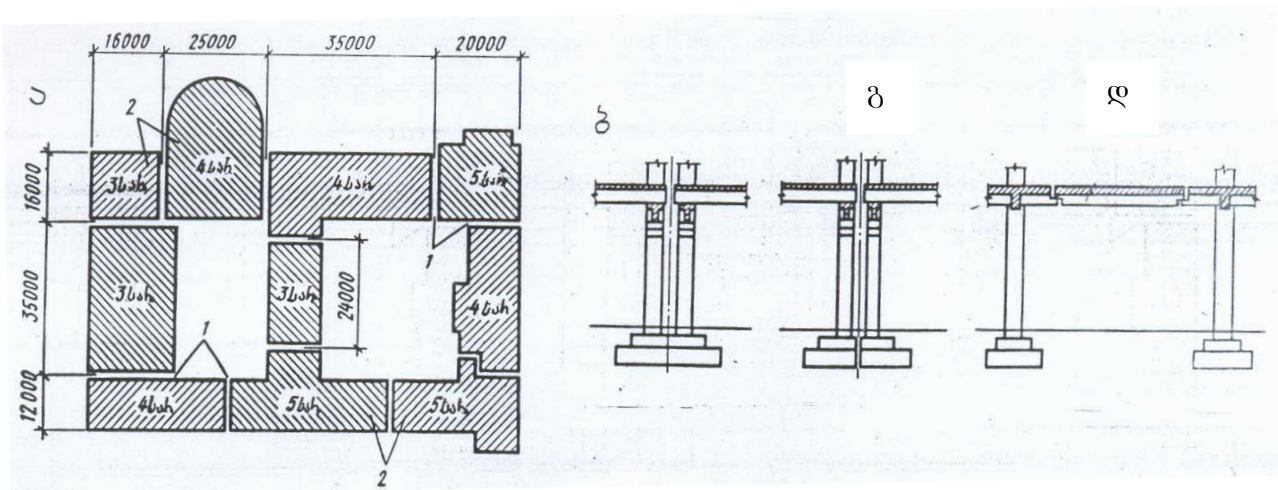
რკინაბეტონის კონსტრუქციების მინიმალური თვითღირებულების დადგენა ზემომოყვანილი გამარტივებული მეთოდით, პრაქტიკული შემთხვევებისათვის საკმარისია.

მას შემდეგ, რაც დადგინდა კონსტრუქციის თვითღირებულება და შეირჩა საანგარიშო მინიმალური ღირებულების (C_{E1}) მქონე კონსტრუქცია, რომელიც მინიმალური გაძვირებისას პასუხობს აგრეთვე უნიფიკაციისა და სტანდარტიზაციის მოთხოვნებს, შესაძლებელი ხდება გამოითვალოს კონსტრუქციის საანგარიშო ღირებულება „საქმეში“ (7.2)-ის მიხედვით.

ანალოგიურად შეიძლება გადაწყდეს ელემენტების ოპტიმიზაციის ამოცანები სხვა კრიტერიუმების მიხედვითაც: შრომატევადობის მინიმიზაცია, მინიმალური მასის კონსტრუქციის დაპროექტება და სხვა. აღნიშნული მეთოდის მთლიანად გამოდგება რკინაბეტონის შეკუმშული და გაჭიმული კონსტრუქციებისათვისაც.

7.4. დეფორმაციული ნაკერები

რკინაბეტონის კონსტრუქციები გარე დატვირთვით გამოწვეული დეფორმაციების გარდა განიცდიან არაძალისმიერ დეფორმაციებს, გამოწვეულს გარემოს ტემპერატურისა და ტენიანობის ზემოქმედებისაგან. ტემპერატურის ზრდის ან შემცირების შედეგად ელემენტი ფართოვდება ან იკუმშება. ჰაერზე გამყარებისას ბეტონი მოცულობაში კლებულობს და უფრო მეტად, თუ ჰაერის ტენიანობა მცირეა. გარდა ამისა, თუ ნაგებობა დაყრდნობილია არაერთგვაროვან ან დაჯდომად გრუნტზე, ან სართულიანობა, მაშასადამე დატვირთვა გრუნტზე, განსხვავებულია ერთი შენობის ფარგლებში, მაშინ ხდება საძირკვლის ფუძის არათანაბარი დაჯდომა და შენობის ნაწილები ერთმანეთის მიმართ დაიძვრის. რადგან რკინაბეტონის კონსტრუქციები უმრავლეს შემთხვევაში სტატიკურად ურკვევია, ზემოთ ჩამოთვლილი დეფორმაციების გამო წარმოიქმნება დამატებითი ძაბვები, რომლებიც ხშირად ბზარების მნიშვნელოვანი გახსნის ან სულაც დაზიანების მიზეზიც შეიძლება გახდეს. ამ ძაბვების შესამცირებლად დიდი ზომის ან განსხვავებული სართულიანობის შენობები დაიყოფა სივრცესა და სიგანეში ცალკეულ ბლოკებად ტემპერატურულ – შეკლების და დაჯდომის ნაკერებით (ნახ. 33,ა). სეისმურად აქტიურ რაიონში აგებული შენობებიც გეგმაში რთული მოხაზულობის ან განსხვავებული სართულიანობის შემთხვევაში, დაიყოფა შეძლებისდაგვარად ერთნაირი სიხისტისა და მასის ბლოკებად ანტისეისმური ნაკერებით, რომლებიც უმრავლეს შემთხვევაში ტემპერატურულ ან დაჯდომის ნაკერებს ემთხვევა.



ნახ. 33. დეფორმაციული ნაკერები:

ა-რთული ფორმის და განსხვავებული სართულიანობის შენობებში დეფორმაციული ნაკერების განლაგება; ბ, გ, დ-ნაკერების განხორციელება შეწყვილებული სვეტებით. 1-ნაკერი; 2-დეფორმაციული ბლოკი

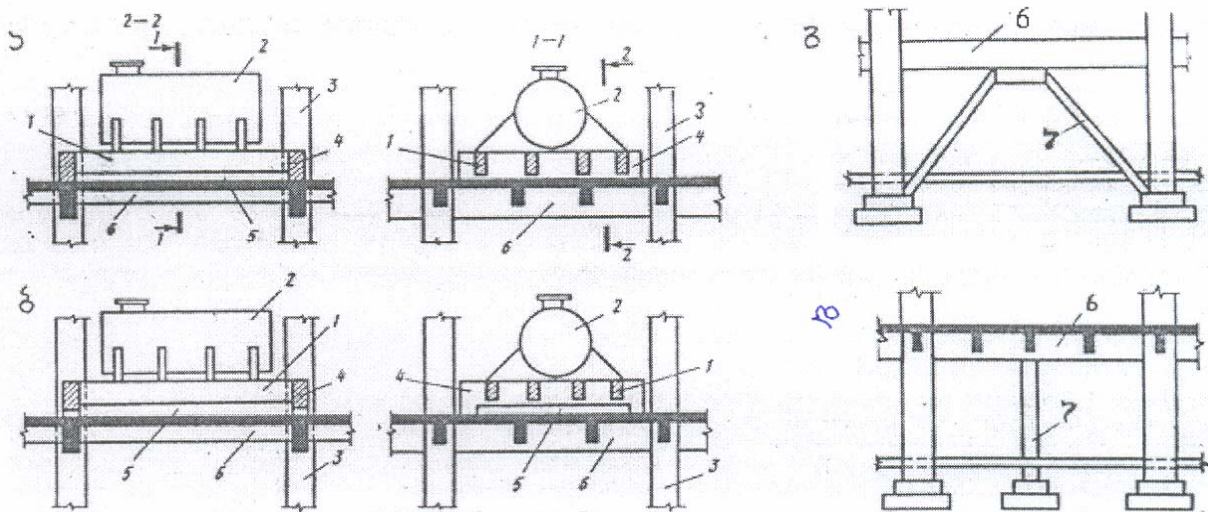
ტემპერატურულ-შეკლების ნაკერები, რომელთა სიგანე 2...3სმ-ია, ძირითადად სრულდება შეწყვილებული სვეტებით, რომლებიც საერთო საძირკველს ეყრდნობა (ნახ.33,ბ). დაჯდომის ნაკერებიც შეწყვილებული სვეტებით ეწყობა, ოღონდ ცალ-

ცალკე საძირკველზე დაყრდნობით (ნახ.33,გ). დაპროექტების პრაქტიკაში გამოიყენება დაჯდომის ნაკერად ისეთი კონსტრუქციული გადაწყვეტაც, რომელიც მოცემულია ნახ. 33,დ-ზე.

7.5. რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაძლიერება-რეკონსტრუქცია

სამრეწველო შენობის დაპროექტებისას ჩვეულებრივ ითვალისწინებენ საწარმოო ტექნოლოგიის შესაძლო ცვლილებას და შესაბამის რეკონსტრუქციას. მაგრამ, პრაქტიკა აჩვენებს, რომ საწარმოს ექსპლუატაციის პერიოდში შეუძლებელია ყველა შესაძლო ცვლილებების გათვალისწინება. ხშირად დანადგარის შეცვლისას მზიდ კონსტრუქციას გადაეცემა დამატებითი, პროექტში გაუთვალისწინებელი დატვირთვა. საჭირო ხდება შენობის არსებული ელემენტების გაძლიერება.

რკინაბეტონის კონსტრუქციის გაძლიერების სამუშაო შეიძლება დაგეოთ ორ ჯგუფად: პირველს განეკუთვნება სამუშაო, რომელიც ითვალისწინებს ახალი განმტვირთავი ან შემცველი კონსტრუქციის აგებას, რომელიც ნაწილობრივ ან მთლიანად მუშაობს დამატებით დატვირთვაზე და მუშაობიდან მთლიანად ან ნაწილობრივ გამოერთავს არასაიმედო ელემენტს. შემცველი კონსტრუქცია შეიძლება იყოს დამატებითი საყრდენი ან კოჭების სისტემა (ხშირად ლითონის), რომელიც იღებს ახალ, გაზრდილ დატვირთვას და საყრდენებით გადასცემს იმ არსებულ კონსტრუქციას, რომლის ზიდვის უნარი საკმარისია (ნახ.34,ა,ბ). თუ ასეთი ელემენტი არ არის, მაშინ დატვირთვა გადაეცემა უშუალოდ არსებულ საძირკველს ან ახლად აგებულ კონსტრუქციას (ნახ.34,გ,დ).



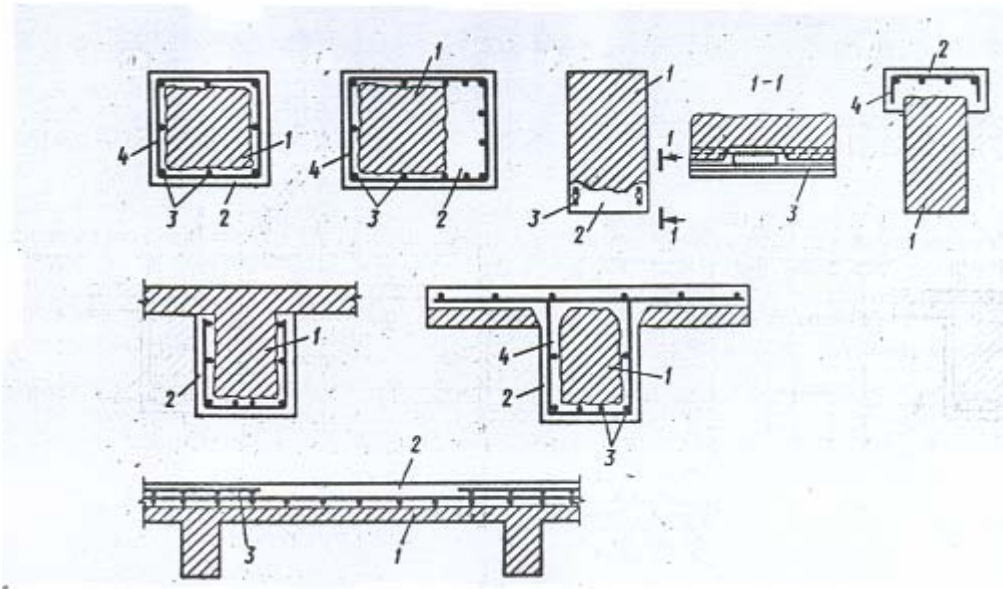
ნახ. 34. რკინაბეტონის განტვირთვის ხერხები:

- ა-ნაწილობრივი განტვირთვა; ბ-მთლიანი განტვირთვა; გ-განტვირთვა დამატებითი საყრდენებით. 1-მეორეხარისხოვანი განმტვირთავი ელემენტი; 2-ახალი დანადგარი; 3-კარკასის სვეტი; 4-მთავარი განმტვირთავი ელემენტი; 5-ღრეზო განმტვირთავ ელემენტებს შორის; 6-არსებული გადახურვა; 7-ახალი სვეტი ან გამბჯენი

რეკონსტრუქციის ასეთი ხერხი მარტივია, მაგრამ არცთუ რაციონალური, რადგან არსებული კონსტრუქციების შესაძლებლობა არასრულად გამოიყენება, ხოლო ახლის აგება ხშირად ამცირებს საწარმოო ფართობს.

მეორე სახის რეკონსტრუქციის სამუშაოებისას ხდება არსებული კონსტრუქციების ზიდვის უნარის გაზრდა ანუ გაძლიერება.

საწყისი ზიდვის უნარის გაზრდა სასურველია კონსტრუქციის მუშაობის საანგარიშო სქემის შეუცვლელად, მხოლოდ განივი კვეთის ზომების გაზრდით, რისი მიღწევაც შესაძლებელია გარსაკრის (ნახ.35) საშუალებით, ერთდროულად მუშა არმატურის (ზოგჯერ ცალულებისა და ბადის) დამატებით. არ არის გამორიცხული, რომ კვეთის გაძლიერებისას საჭირო გახდეს ელემენტის მუშაობის კონსტრუქციული სქემის შეცვლა.

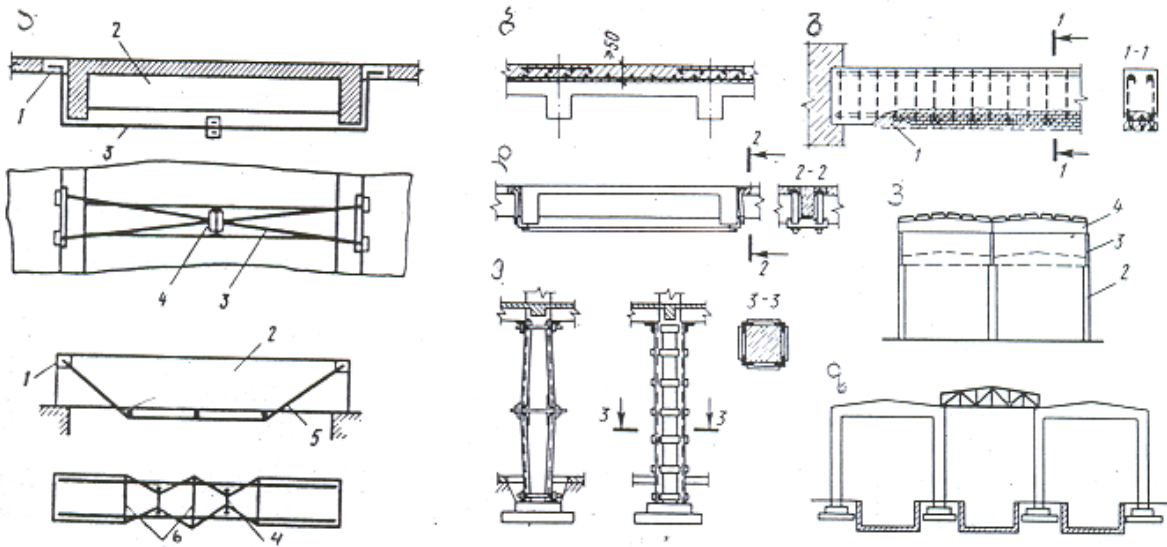


ნახ. 35. დამატებული არმატურის ჩაწყობით და შემდგომი დაბეტონებით გაძლიერებული კვეთები:
 1-გასაძლიერებელი კვეთი, 2-ახალი ბეტონი, 3-მუშა არმატურა, 4-ცალული

გარსაკრის მოწყობამდე გასაძლიერებელ ელემენტებს წინასწარ ამზადებენ: იქ, სადაც ახალი, დამატებითი არმატურა უნდა ჩალაგდეს, ბეტონის შრეს შემოაცლიან, ხოლო ცალულისა და ბადის დაყენების ადგილას კვეთის გვერდებს ნაჭდევები უკეთდება. ჩამონგრეული და ნაჭდევი ზედაპირები სუფთავდება წყლის ჭავლით, ჩალაგდება სათანადო არმატურა, დამაგრდება გარსაკრის შემოფიცვრა და დაბეტონდება აუცილებელი ვიბრირებით. ახალი ბეტონის სისქე აიღება არანაკლებ 6სმ-ისა. თუ ბეტონის დამატება გასაძლიერებელ ელემენტზე ტორკრეტირებით (შეფრქვევით) ხდება, ახალი ბეტონის სისქეა 3სმ. გამაძლიერებელი, მუშა არმატურის დიამეტრი უნდა იყოს 12...28 მმ, განივი არმატურისა – 10...25 მმ. გაძლიერებული ელემენტის გაანგარიშება ხდება, როგორც ახალი მონაცემების მთლიანი კონსტრუქციის.

ღუნვადი ელემენტების გაძლიერება შესაძლებელია წინასწარ დაძაბული ჰორიზონტალური და შპრენგელური შემოჭებით (ნახ.36,ა,დ). გაძლიერების ამ მეთოდით შეიძლება კოჭის ზიდვის უნარის თითქმის ორჯერ გაზრდა.

ნახ. 36,ბ...ზ-ზე მოცემულია გადახურვის, კოჭის, სვეტების გაძლიერება და სამრეწველო შენობის რეკონსტრუქციის ვარიანტები.



ნახ. 36. რკინაბეტონის ელემენტების გაძლიერება:

ა, დ - გაძლიერება წინასწარ დაძაბული მჭიმით; ბ, გ, ე - გადახურვის კოჭისა და სვეტის გაძლიერება; ვ, ზ - ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის რეკონსტრუქცია

შემოქმედი არმატურა (დამჭიმი, რომლის დიამეტრი აიღება არანაკლები 16 მმ-ისა) კოჭზე დამაგრების, ახალი ბეტონის გამყარებისა და საანკერო მოწყობილობის ცემენტის ხსნარით ამოვსების შემდეგ, წინასწარ დაიძაბება შემოქმედის ცალკეული ღეროების მოჭერით (ნახ.36,ა) სპეციალური დამჭიმი ტანტიკისა და ქანჩის საშუალებით. დაძაბვის დამთავრების შემდეგ ქანჩი ტანტიკს მიედუღება.

წინასწარ დაძაბული შემოქმედების უპირატესობაა: კონსტრუქციის გაძლიერება შეიძლება განხორციელდეს საწარმოო პროცესის შეუჩერებლად და გაძლიერების შემდეგ არ რჩება არაფერი, რაც შენობის გაბარიტების ან საწარმოო ფართობის შეზღუდვას გამოიწვევს.

საკონტროლო საკითხები

1. როგორია შენობებისა და ნაგებობების დაპროექტების ზოგადი პრინციპები.
2. რა მიზნით ხდება შენობებისა და მათი ელემენტების უნიფიკაცია და ტიპიზაცია.
3. რას არის რაციონალური და ოპტიმალური კონსტრუქციები და რა მიზანს ემსახურება მათი დაპროექტება.
4. რა ხარჯებზეა დამოკიდებული კონსტრუქციის საერთო ღირებულება.
5. რომელი პარამეტრების მნიშვნელობათა ვარირებით ხდება მინიმალური ღირებულების კონსტრუქციის დაპროექტება.
6. რას ემსახურება სადეფარმაციო ნაკერები და როგორ ხდება მათი განხორციელება.
7. რკინაბეტონის კონსტრუქციების რეკონსტრუქციისა და გაძლიერების რა ძირითადი ხერხები იცით.

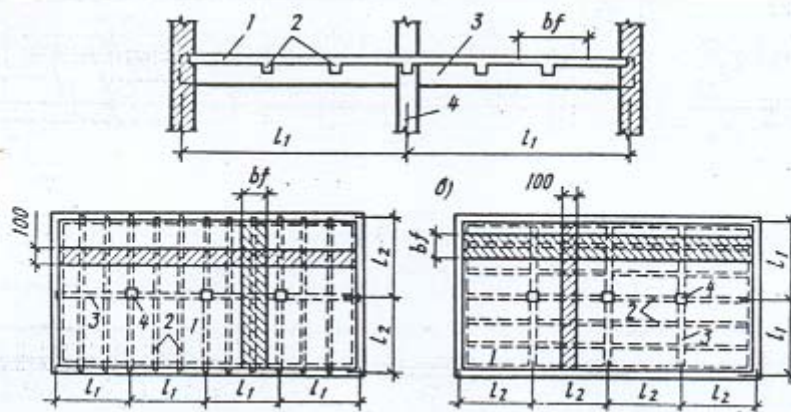
8. ბრტყელი სართულთშორისი გადახურვები

საცხოვრებელ, საზოგადოებრივ და საწარმოო შენობებში სართულთშორისი გადახურვა ძირითადად რკინაბეტონის კონსტრუქციებით ხორციელდება. აგების ხერხის მიხედვით რკინაბეტონის გადახურვებია: მონოლითური, ასაწყობი და ასაწყობ-მონოლითური. კონსტრუქციული სქემის მიხედვით – კოჭოვანი და უკოჭო.

კონსტრუქციული სქემისა და აგების ხერხის მიხედვით რკინაბეტონის სართულთშორისი ბრტყელი გადახურვების კლასიფიკაცია შემდეგია: წიბოვანი (კოჭოვანი) მონოლითური გადახურვა კოჭური ფილებით; წიბოვანი მონოლითური გადახურვა კონტურზე დაყრდნობილი ფილებით; კოჭოვანი ასაწყობი პანელური გადახურვა; კოჭოვანი ასაწყობ-მონოლითური გადახურვა; მონოლითური უკოჭო გადახურვა; ასაწყობი უკოჭო გადახურვა.

8.1. მონოლითური წიბოვანი გადახურვა კოჭური ფილებით

გადახურვა შედგება ერთი მიმართულებით (უფრო განივი მიმართულებით) სვეტებზე და გარე კედლებზე დაყრდნობილი მთავარი კოჭებისაგან, რომლებზეც მეორე მიმართულებით დაყრდნობილია დამხმარე (მეორეხარისხოვანი) კოჭები, ხოლო ამ ორივე მიმართულების კოჭებზე დაბეტონებულია მთლიანი ფილა, რომელიც კოჭებთან ერთად ქმნის ერთიან, მთლიან მონოლითურ კონსტრუქციას (ნახ. 37).



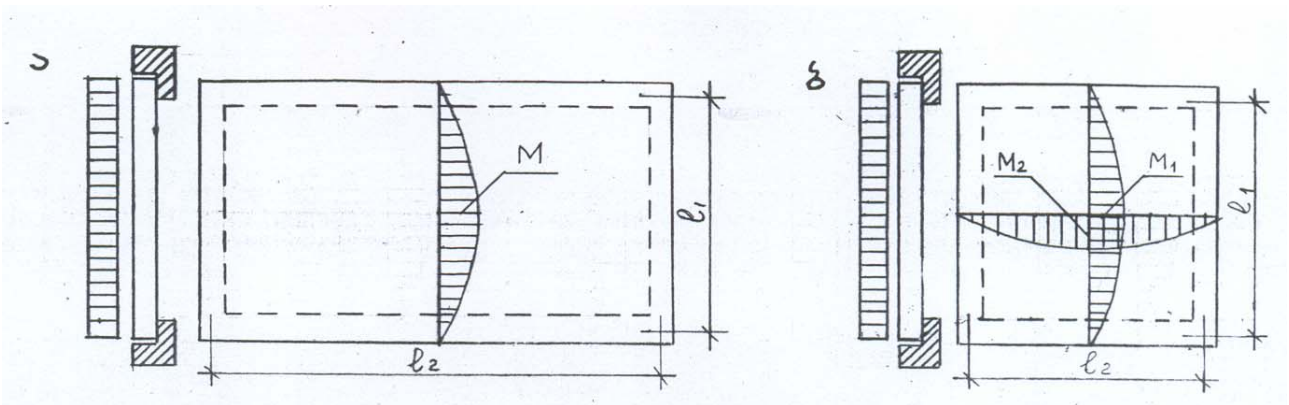
ნახ. 37. მონოლითური წიბოვანი სართულთშორისი გადახურვა კოჭური ფილებით:

1- ფილა; 2- დამხმარე კოჭი; 3- მთავარი კოჭი; 4- სვეტი

მთავარი კოჭის მალი $l_p = 5 \dots 8$ მ, განივი კვეთის სიმაღლე $h_p = (1/10 \dots 1/15) l_p$, დამხმარე კოჭის მალი $l_m = 4 \dots 7$ მ, კვეთის სიმაღლე $h_m = (1/12 \dots 1/20) l_m$, ორივე მიმართულების კოჭების განივკვეთის სიგანე $b = (0,3 \dots 0,5) h$. მონოლითური ფილის სისქე აიღება ბეტონისა და არმატურის მინიმალური ხარჯის პირობიდან, მაგრამ არა უმცირესი: სახურავისათვის 40 მმ, სამოქალაქო დანიშნულების შენობების სართულთშორისი გადახურვაში – 50 მმ, სამრეწველო ნაგებობებში – 60 მმ.

მთავარი და დამხმარე კოჭების განლაგება, მალი და განივი კვეთის ზომები დაინიშნება ტექნოლოგიური, ეკონომიკური, არქიტექტურული და კონსტრუქციული მოთხოვნების შესაბამისად.

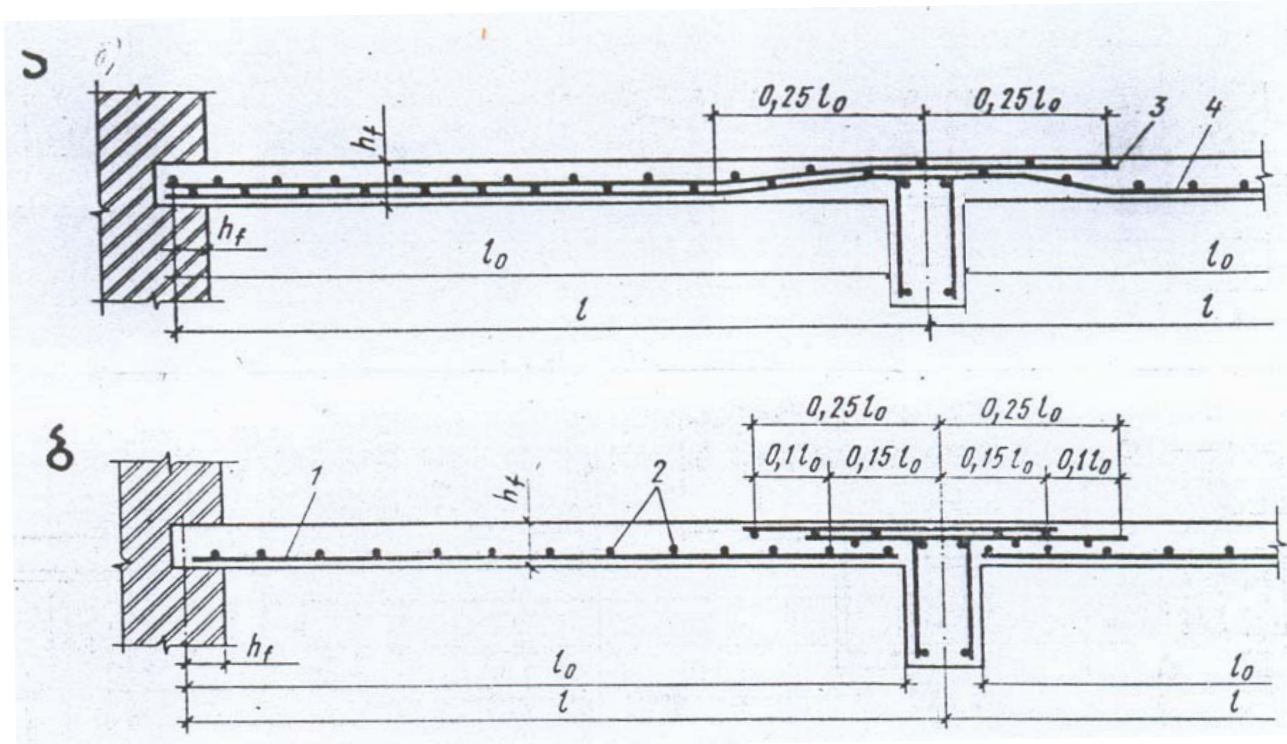
გადახურვას ეწოდება „წიბოვანი“, რადგან გადახურვის მთლიანი ფილისათვის კოჭები წარმოადგენს სიხისტის წიბოებს, რომლებიც თავის თავზე იღებენ მთელი სართულთშორისი გადახურვის დატვირთვას, ხოლო ფილები „კოჭურია“, რადგან წიბოებზე დაყრდნობის ფარგლებში ფილის გვერდების სიდიდეთა შეფარდება $l_2/l_1 > 2$ და ღუნვაზე მუშაობს, მხოლოდ მოკლე გვერდის მიმართულებით, როგორც კოჭი (ნახ.38,ა). გრძელი გვერდის მიმართულებით აღძრული მომენტი იმდენად მცირეა, რომ იგი მხედველობაში არ მიიღება. თუ გვერდების შეფარდება $l_2/l_1 \leq 2$, მაშინ ფილა ღუნვაზე მუშაობს ორივე გვერდის მიმართულებით (ნახ. 38,ბ) და ფილას ეწოდება „კონტურზე დაყრდნობილი“, ხოლო გადახურვა იქნება მონოლითური წიბოვანი გადახურვა კონტურზე დაყრდნობილი ფილებით.



ნახ. 38 ღუნვაზე მომუშავე ფილების სქემები:
 ა-კოჭური ფილა; ბ-კონტურზე დაყრდნობილი ფილა

ფილის გაანგარიშებისათვის გამოიყოფა 1 მ სიგანის ზოლი მთელს გადახურვაზე (ნახ. 37), მიმართული დამხმარე კოჭების მართობულად, რომლებიც ამ ფილის საყრდენებს წარმოადგენს და მას განიხილავენ, როგორც მრავალმალიან კოჭს, რომელზეც მოქმედებს თანაბრად განაწილებული g მუდმივი და V დროებითი დატვირთვა. ზღვრული წონასწორობის მეთოდით, საშიშ კვეთებში გამოითვლება მაქსიმალური ძალები (M და Q), რომელთა მიხედვით სიმტკიცის პირობიდან შეირჩევა მუშა არმატურა.

ფილის დაარმატურება ხდება შედუღებული რულონური ან ბრტყელი ბადეებით, სადაც მუშა არმატურაა A-III კლასის, ხოლო გამანაწილებელი B_p - I კლასის. არასტანდარტული ზომების ან რთული კონფიგურაციის გადახურვა შეიძლება შესრულდეს ხელით შეკრული ბადეებითაც. რულონური ბადეებით დაარმატურება ხდება უწყვეტად, სადაც ბადე (გრძივი მუშა არმატურით) გაიშლება დამხმარე კოჭების მართობულად (ნახ. 39,ა). ბრტყელი ბადეებით დაარმატურებისას ბადეები (განივი მუშა არმატურით) ცალ-ცალკე ჩალაგდება დამხმარე კოჭების გასწვრივ, მალში და საყრდენებზე (ნახ. 39,ბ).



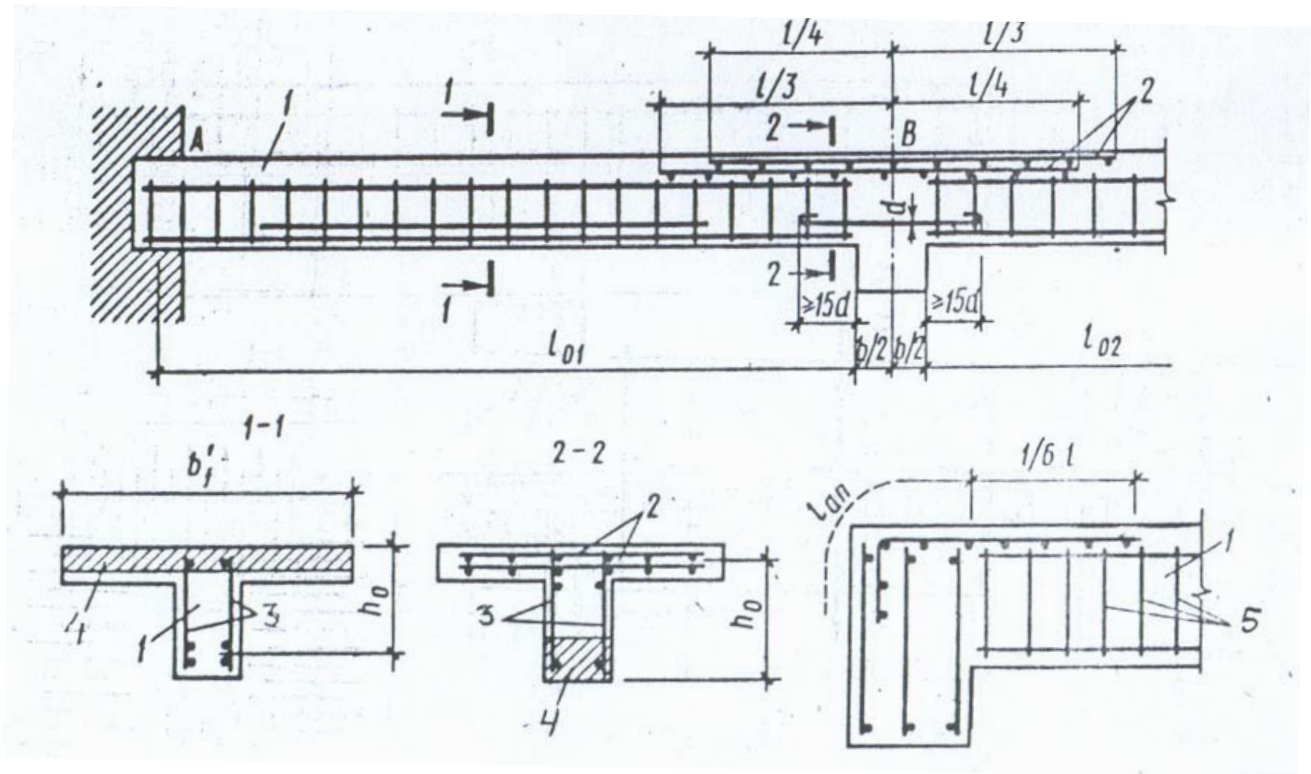
ნახ. 39. ფილების დაარმატურება:
 ა-რულონური ბადეებით; ბ-ბრტყელი ბადეებით

დამხმარე კოჭები, როგორც საყრდენები, ფილასთან ერთად ქმნიან ერთიან, მონოლითურ კონსტრუქციას, ამიტომ მათი განივი კვეთი T-სებრია, სადაც ფილა წარმოადგენს თაროებს სიგანით b_f -ს (ნახ. 37).

დამხმარე კოჭი, ისევე, როგორც ფილა, წარმოადგენს მრავალმალიან უჭრ კოჭს, რომელიც ეყრდნობა მთავარ კოჭებს. მას b_f სიგანის ფილის ზოლისა და საკუთარი მასისაგან გადაეცემა თანაბრად განაწილებული დატვირთვა. მდუნავი მომენტისა და განივი ძალის განსაზღვრა კოჭის ყველაზე მეტად დაძაბულ კვეთებში ხდება ასევე ზღვრული წონასწორობის მეთოდით ძალვათა გადანაწილების გათვალისწინებით. ამ ძალების მიხედვით სიმტკიცის პირობიდან ხდება სათანადო გრძივი და განივი მუშა არმატურის შერჩევა.

დამხმარე კოჭები დაარმატურდება შედუღებული კარკასებითა და ბადეებით. იშვიათად - ცალკეული დეროებით (ხელით შეკრული კარკასები) (ნახ.40). ბრტყელი კარკასები რამდენიმე მოკლე დეროს მიდუღებით შეიკრება სივრცულ კარკასად და ჩალაგდება მალში. გრძივი მუშა არმატურა გაჭიმულ ზონაში, ხოლო საყრდენის (მთავარი კოჭი) თავზე - მოკლე კარკასი ან ვიწრო ($b=400...600$ მმ) ბადე გრძივი მუშა არმატურით. კარკასში გრძივი მუშა და სამონტაჟო არმატურა აიღება A-II, A-III კლასის, დიამეტრით არა უმცირესი 10 მმ-სა. განივი დეროები ან ცალულები - A-I, A-II, B_p-I კლასის, დიამეტრით 5...12 მმ.

მთავარი კოჭი გაიანგარიშება და დაპროექტდება დამხმარე კოჭის ანალოგიურად, სულ მცირე განსხვავებით: ა) მთავარ კოჭზე, როგორც უჭრ კონსტრუქციაზე მოქმედებს დამხმარე კოჭებისაგან გადმოცემული შეყურსული ძალები და საკუთარი მასისაგან თანაბრად განაწილებული დატვირთვა. ბ) დაარმატურება ხდება მხოლოდ კარკასით, როგორც მალში, ისე საყრდენების (სვეტების) თავზე.



ნახ. 40. დამხმარე კოჭის დაარმატურება:

- 1-დამხმარე კოჭი; 2-ბადეები საყრდენზე; 3-არმატურის კარკასები;
4-ბეტონის შეკუმშული ზონა; 5- განივი ღეროები

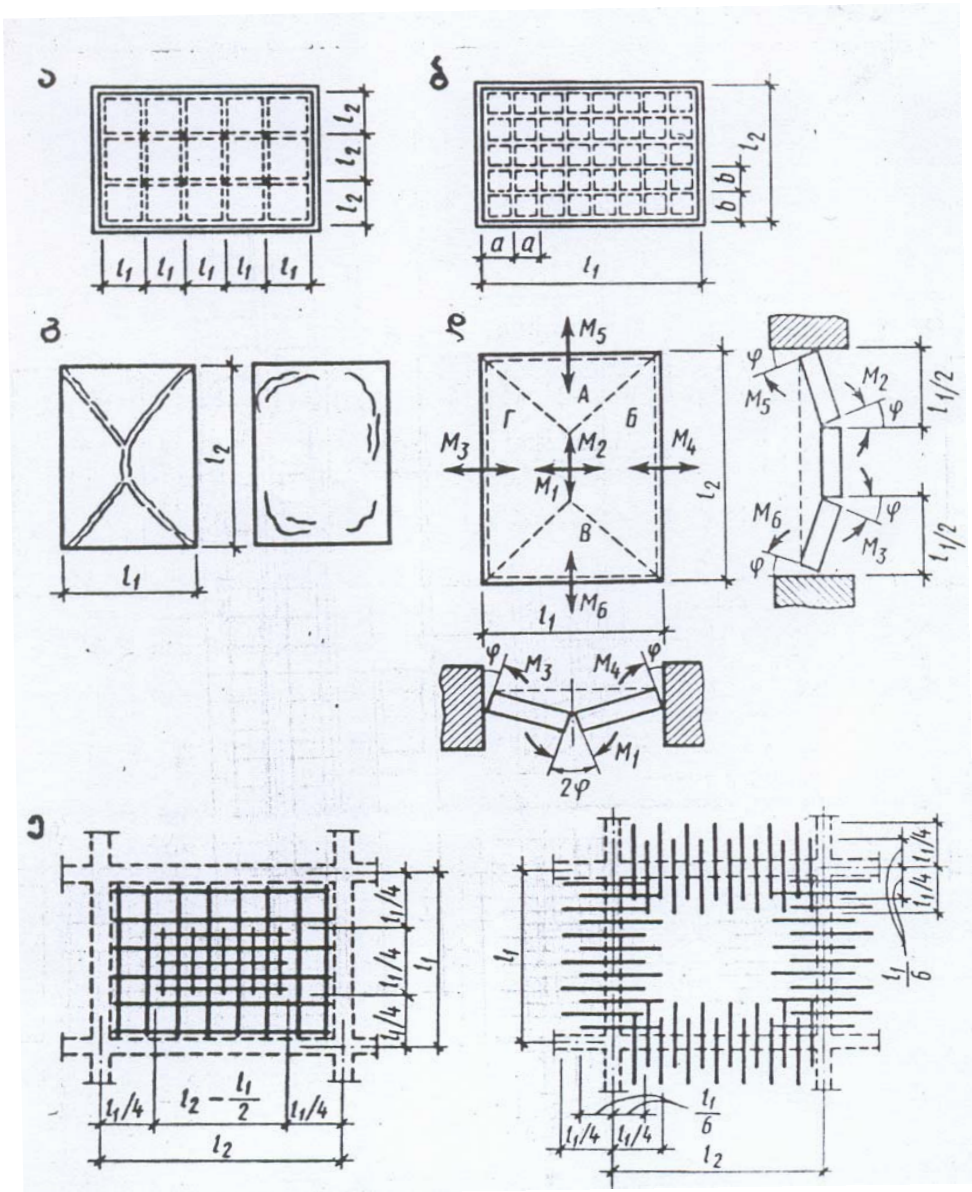
8.2. მონოლითური წიბოვანი გადახურვა კონტურზე დაყრდნობილი ფილებით

წიბოვანი გადახურვა კონტურზე დაყრდნობილი ფილებით (ნახ. 41) შედგება ურთიერთგადამკვეთი კოჭებისაგან, რომლებიც უშუალოდ ეყრდნობიან სვეტებსა და კედლებს. ამ კოჭებზე დაყრდნობილია და მათთან მონოლითურადაა მიერთებული მთლიანი ფილა. ასეთი გადახურვა გამოიყენება ძირითადად არქიტექტურული მოსაზრებით, მაგალითად, ვესტიბიულის, დარბაზის გადასახურავად, თუმცა მონოლითურ, კოჭოვანი ფილებით გადახურვასთან შედარებით ნაკლებად ეკონომიურია.

ორივე მიმართულების კოჭებს აქვს განივკვეთის ერთნაირი სიმაღლე და მალეები - 4...6 მ. ფილის სისქე დამოკიდებულია ცალკეული ფილების მალზე (კოჭებს შორის მანძილი) და დატვირთვის სიდიდეზე, აიღება 8...14სმ. თუ საჭიროა გადახურვა მოეწიოს შუალედური სვეტების გარეშე (მაგალითად სასტუმროს ვესტიბიული), მაშინ კოჭებს შორის მანძილი ორივე მიმართულებით აიღება 2 მ-ზე ნაკლები. ასეთ გადახურვას კესონური გადახურვა ეწოდება (ნახ. 41,ბ).

რადგან ასეთ გადახურვებში საკუთრივ ფილის გვერდების შეფარდება $l_2/l_1 \leq 2$ (ჩვეულებრივ იღებენ $l_2/l_1 = 1...1,5$), ამიტომ გარე დატვირთვისაგან ფილაში აღძრული ორივე მიმართულების მომენტების სიდიდე ერთი რიგისაა და ფილის ზიდვის უნარზე ერთნაირად ახდენენ გავლენას, ე.ი. ფილა მუშაობს ორივე მიმართულებით, როგორც კონტურზე დაყრდნობილი ფილა. ასეთი ფილების რღვევის დამახასიათებელი სქემა, თანაბრად განაწილებული დატვირთვის მოქმედებისას, დადგენილი ექსპერიმენტებით, ნაჩვენებია ნახ. 41,გ და დ-ზე. ფილის ქვედა სიბრტყეზე ბზარები მიმართულია კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ და ერთდება ან ცენტრში (თუ ფილის გვერდების შეფარდება $l_2/l_1 = 1$) ან გრძელი

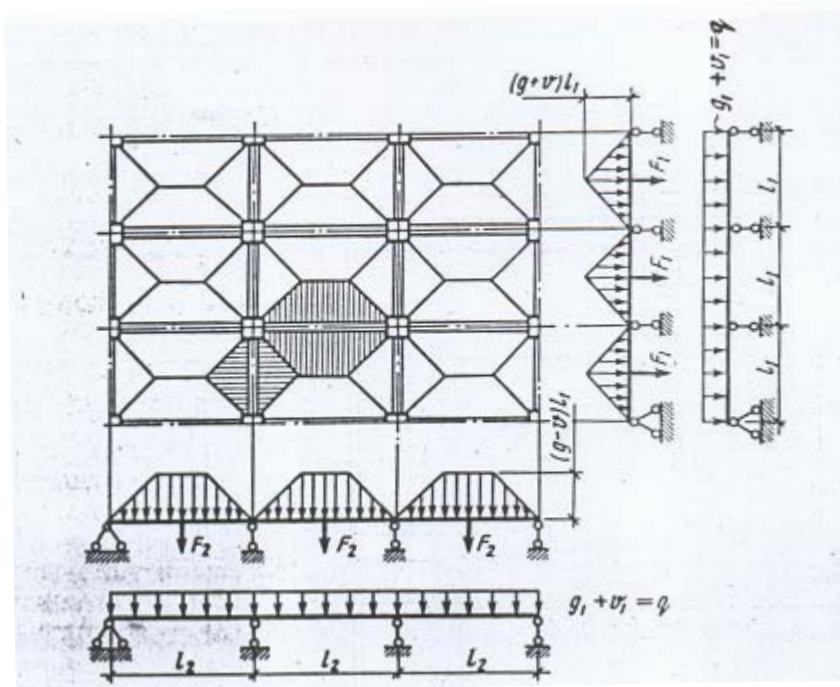
გვერდის პარალელური მიმართულების ბზარით (კეხით). ფილის ზედა სიბრტყეზე, თუ კონტურზე ხისტად არის ჩამაგრებული (შუა ფილები), ბზარი გაჰყვება საყრდენებს და შეიკვრება, ოღონდ კუთხეებში მას აქვს ბისექტრისის მართობული მომრგვალება. ფილის იმ კიდეზე, რომელიც თავისუფლად არის დაყრდნობილი კედელზე (განაპირა ფილები), ცხადია, კვეთის თავისუფლად მობრუნების შესაძლებლობის გამო, ბზარი არ გაჩნდება. აღნიშნული ბზარები, როდესაც გადაიქცევა პლასტიკურ სახსრებად, მივიღებთ ფილის რღვევის სქემას, ე.ი. ფილა აღმოჩნდება ზღვრული წონასწორობის მდგომარეობაში.



ნახ. 41. მონოლითური, წიბოვანი გადახურვა კონტურზე დაყრდნობილი ფილებით:
 ა-სვეტების არსებობისას; ბ-უსვეტო, კესონური გადახურვა; გ-ფილის რღვევის სქემა; დ-კონტურზე დაყრდნობილი ფილის საანგარიშო სქემა; ე-ფილის დაარმატურება (ქვედა და ზედა ბადეები)

ფილის გაანგარიშება სიმტკიცეზე ხდება ზღვრული წონასწორობის მეთოდით. გაანგარიშების შესაბამისი მუშა არმატურა განლაგდება რღვევის სქემის შესაბამისად: მაღის არმატურა (ბადე ორივე მიმართულების მუშა არმატურით) ლაგდება ფილის ქვედა ნაწილში, ხოლო საყრდენებთან (კოჭების თავზე) – ზედა ნაწილში (ნახ. 41, ე.ვ). თუ ფილის მაღი 2,5 მ-ზე მეტია მაღის დაარმატურება ხდება ორი ერთნაირი ბადით. ეკონომიისათვის ერთი ბადე მოყვანილია საყრდენამდე, ხოლო მეორე წყდება საყრდენიდან $l/4$ მანძილზე თუ ფილა საყრდენზე ჩამაგრებულია და $l/8$ -ზე – თუ ფილის კიდე თავისუფლად არის დაყრდნობილი. კოჭების (საყრდენების) თავზე მოთავსებულ ბადის მუშა არმატურის ღეროები მიმართულია კოჭების მართობულად და ყოველი მეორე გადადის მაღში $l/4$ ან $l/6$ მანძილზე.

კოჭები გაიანგარიშება, როგორც მრავალმალიანი უჭრი კოჭი ზღვრული წონასწორობის მეთოდით. მას გადაეცემა: ფილისაგან, სამკუთხა და ტრაპეციული დატვირთვა რღვევის სქემის შესაბამის ბლოკების ფართობიდან, თანაბრად განაწილებული – საკუთარი მასისაგან და გადახურვაზე მოსული იმ დატვირთვისაგან, რომელიც უშუალოდ კოჭზეა განლაგებული (ნახ. 42).

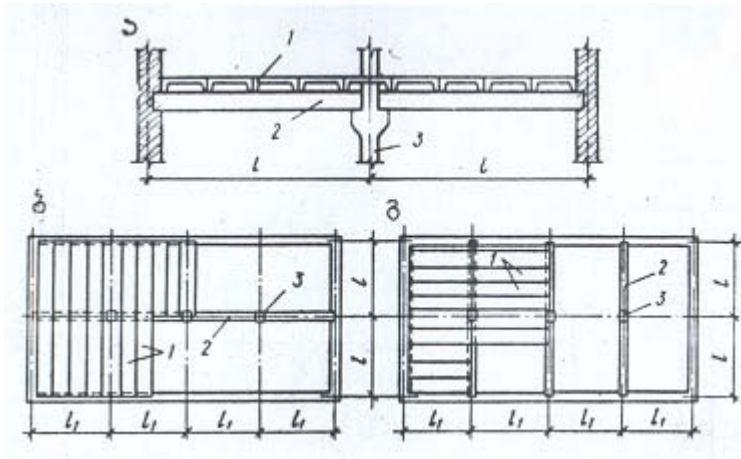


ნახ. 42. დატვირთვის განაწილება გადახურვის კოჭებზე

დაარმატურება ისეთივეა, როგორც მთავარი კოჭის, კოჭურფილებიან მონოლითურ წიბოვან გადახურვაში.

8.3. ასაწყო კოჭოვან-პანელური გადახურვა

ასაწყო კოჭოვან-პანელური გადახურვა შედგება გადახურვის ასაწობ მთლიანკვეთიანი, ღრუტანიანი ან წიბოვანი პანელებისაგან, რომლებიც ეყრდნობიან შენობის განივად ან გრძივად განლაგებულ რიგელებს (კოჭებს). რიგელები თავის მხრივ ეყრდნობა სვეტებს (სრული კარკასის შემთხვევაში) ან შიგა სვეტებსა და გარე (კონტურის) კედლებს (არასრული კარკასი) (ნახ. 43).



ნახ. 43. ასაწყობი კოჭური გადახურვის კონსტრუქციული სქემები:
 ა, გ – რიგელების განივი განლაგება; ბ – რიგელების გრძივი
 განლაგება; 1-გადახურვის პანელები; 2-რიგელი; 3-სვეტები

გადახურვის დაპროექტება გულისხმობს შენობის ტექნოლოგიური დანიშნულების მიხედვით, გადახურვის გაერთმთლიანებას (სვეტების ბიჯის, რიგელების მიმართულების, რიგელებისა და პანელების ტიპის შერჩევა და მათი ურთიერთკავშირი), რიგელებისა და პანელების გაანგარიშებას და კონსტრუირებას (დაარმატურებას).

სვეტების ბიჯის შერჩევას ხელმძღვანელობენ ასაწყობი ელემენტების ტიპიზაციის და უნიფიკაციის პრინციპებით. რიგელების განივი განლაგება უფრო ხელსაყრელია, ვიდრე შენობის გრძივი მიმართულებით, რადგან ამ დროს შენობის სიხისტე განივი მიმართულებით იზრდება, რაც მნიშვნელოვანია მრავალსართულიანი შენობების მშენებლობისას, განსაკუთრებით სეისმურ რაიონებში. გადახურვის კონსტრუქციული სქემის დადგენისათვის უნდა დამუშავდეს რამდენიმე ვარიანტი, ხოლო შემდეგ ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით შეირჩევა ოპტიმალური.

მთელი გადახურვების ღირებულების 65% მოდის პანელებზე, ამიტომ მათ რაციონალურ გადაწყვეტას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

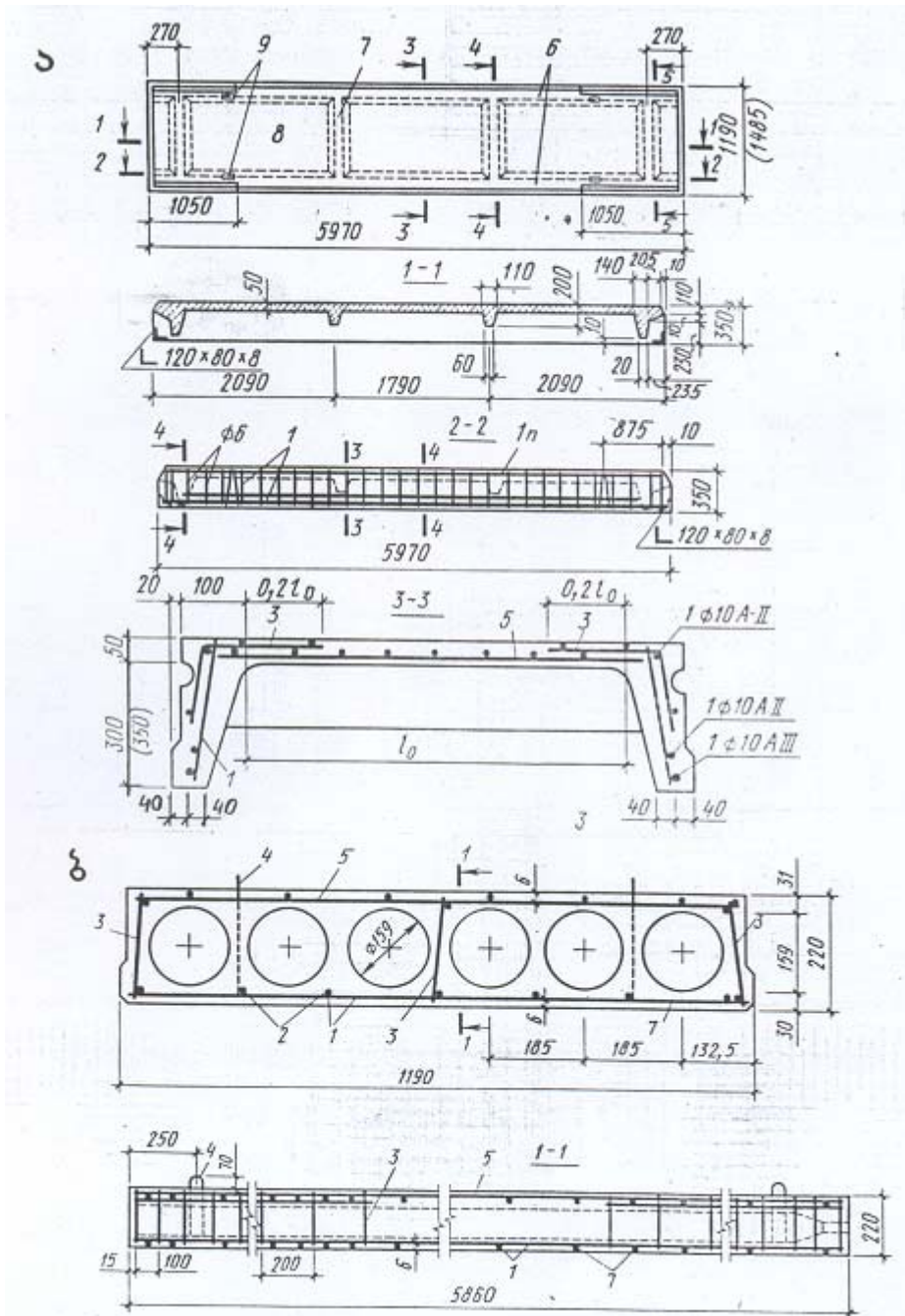
გადახურვის ასაწყობი პანელები ეყრდნობა რიგელებს და მუშაობს ღუნვაზე. მასალების ხარჯის შესამცირებლად დაპროექტდება მთლიანი, ღრუტანიანი და წიბოვანი პანელები (ნახ. 49).

ღრუტანიანი პანელები ძირითადად გამოიყენება სამოქალაქო დანიშნულების შენობებში, რადგან ბრტყელი ჭერის მოწყობაა შესაძლებელი. ფართო გამოყენება ჰპოვა წრიულსიღრუეებიანი პანელმა სიგანით 1,4...2,4 მ და კვეთის სიმაღლით 20...24 სმ. ოვალურსიღრუეებიანი პანელი მასალების ხარჯის მიხედვით უფრო ხელსაყრელია, მაგრამ ნაკლებად ტექნოლოგიურია და ამიტომ იშვიათად იყენებენ.

მთლიანი სისქის პანელები ძირითადად გვხვდება საცხოვრებელ და სხვა სამოქალაქო დანიშნულების შენობებში. გამოიყენება ძირითადად ორშრიანი, სისქით 8...16 სმ. გეგმაში 6,0x3,2 მ, პანელების მასაა 5000...6000 კგ. შესაძლებელია გადიხუროს მთლიანად ოთახი. მასალების ხარჯისა და საკუთარი მასის მიხედვით ნაკლებად ეკონომიკურია.

წიბოვანი პანელები ძირითადად გამოიყენება სამრეწველო შენობებში, რადგან ბრტყელი ჭერის მოწყობა აუცილებელი არ არის, ხოლო ამ შენობებში მოსალოდნელ დიდი დატვირთვების ასატანად პანელის განივკვეთის სიმაღლე შეიძლება გაიზარდოს 35...45 სმ-მდე. ამწე მექანიზმებისა და სატრანსპორტო

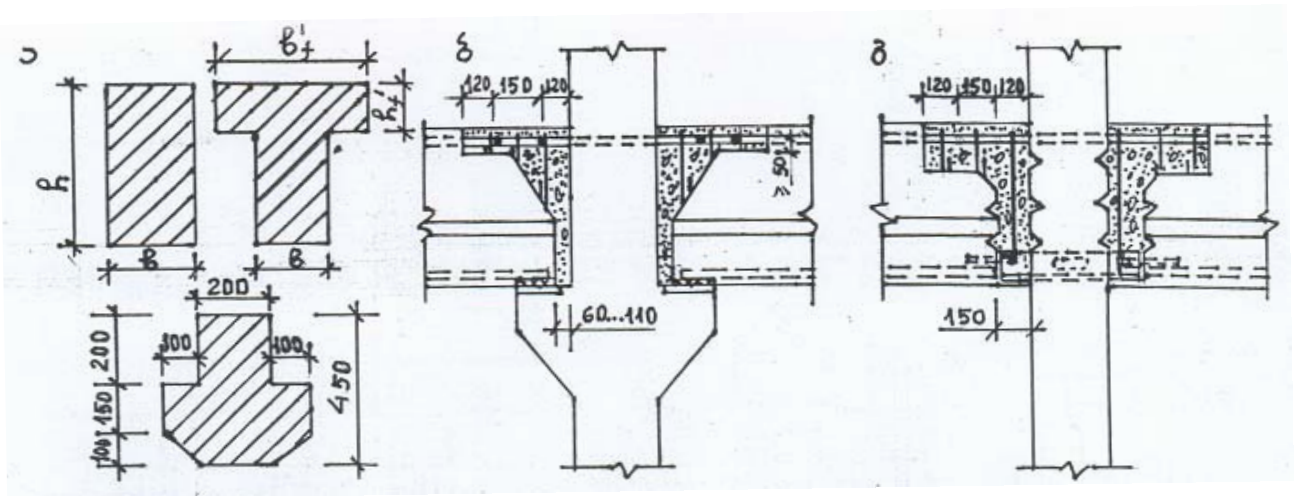
საშუალებების შესაძლებლობების გათვალისწინებით, გამოიყენება პანელები ზომით: (1,2; 1,5; 3,0)x6 მ და (1,2; 1,5; 3,0)x12 მ. 12-მეტრიანი პანელი სრულდება წინასწარ დაძაბული, სადაც გამოიყენება მაღალი სიმტკიცის არმატურა (B_p-II, A-IV, A-V, A_T-VI, K-7 კლასის) და ბეტონი (B20, B30 კლასის), რაც მასალების ეკონომიის დამატებით შესაძლებლობას იძლევა.



ნახ. 44. წიბოვანი და ღრუტანიანი პანელის ზომები და დაარმატურება:
 ა-წიბოვანი პანელი; ბ-ღრუტანიანი პანელი

პანელების გაანგარიშება ხდება, როგორც ორ საყრდენზე თავისუფლად დაყრდნობილი, I-სებრი (წიბოვანი პანელები), II-სებრი (ღრუ პანელები) კვეთის კოჭის, თანაბრად განაწილებულ დატვირთვაზე.

მრავალსართულიან, კარკასულ შენობებში რიგელები ჩარჩოვანი კონსტრუქციის ელემენტებია და მათში ძალები (M, N და Q) გამოითვლება ჩარჩოს გაანგარიშების შედეგად. რიგელის განივკვეთის ფორმა შეიძლება იყოს მართკუთხა, T-სებრი (თაროთი ზევით ან ქვევით) (ნახ. 45,ა). არასრული კარკასის შემთხვევაში, როდესაც განაპირა მალში რიგელი თავისუფლად ეყრდნობა მზიდ კედელს, მალეების სიგრძეების განსხვავება არ აღემატება 20%-ს და დროებითი დატვირთვა არ არის დიდი, მაშინ რიგელი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც მრავალმალნიანი უჭრი კოჭი. დაარმატურებაც შესაბამისი იქნება, ოღონდ საჭიროა გაანგარიშების საფუძველზე უზრუნველყოფილი იქნეს კვანძებში რიგელებისა და სვეტების სათანადო ურთიერთკავშირი (ნახ. 45,ბ,გ).



ნახ. 45. რიგელის განივკვეთის ფორმები და რიგელის სვეტთან შეერთების კონსტრუქცია:
 ა-რიგელის განივკვეთები; ბ-ხისტი შეერთება კონსოლებზე;
 გ-ხისტი შეერთება კონსოლების გარეშე

8.4. რკინაბეტონის უკოჭო გადახურვა

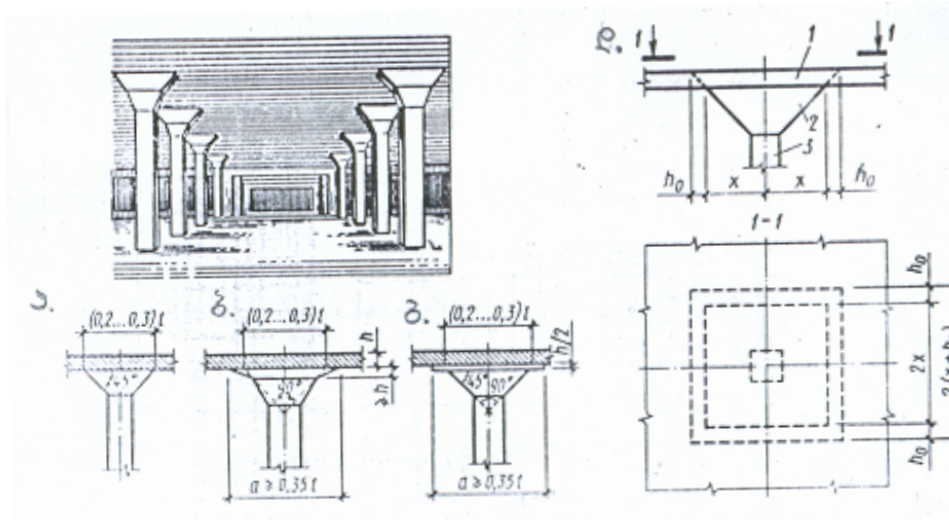
რკინაბეტონის უკოჭო სართულთშორისი გადახურვა არის ფილა, რომელიც ეყრდნობა უშუალოდ სვეტის გაფართოებულ ბოლოს – კაპიტელს. კაპიტელი ამცირებს ფილის საანგარიშო მალს, ფილასთან ერთად ეწინააღმდეგება საყრდენთან აღძრულ განივ ძალას და უზრუნველყოფს ფილის სვეტთან ხისტ შეერთებას.

უკოჭო გადახურვის უპირატესობა კოჭოვანთან არის ის, რომ გადახურვის სისქის კონსტრუქციული სიმცირე შესაძლებლობას იძლევა შემცირდეს მრავალსართულიანი შენობის სიმაღლე. ეს სეისმურ რაიონში მშენებლობისას ხელსაყრელია სეისმური ზემოქმედების შესამცირებლად; მცირდება კედლების სიმაღლე ე.ი. მცირდება მასალის ხარჯი; უკოჭო გადახურვას არა აქვს ნაშვერები, რაც შენობის უკეთ განათებისა და ვენტილაციისათვის მნიშვნელოვანია; ადვილდება კომუნიკაციების გაყვანა და თბოიზოლაციის მოწყობა; უკოჭო გადახურვა 6...9 მ მალისა და 10 კნ/მ²-მდე სასარგებლო დატვირთვისას უფრო ეკონომიურია საერთო დანახარჯების მიხედვით, ვიდრე კოჭოვანი გადახურვა. ამიტომ ასეთი გადახურვა ფართოდ გამოიყენება მაცივრის, ავტოგარაჟის, მრავალსართულიანი საწყობის, რეზერვუარის, სასტუმროს ვესტიბიულის, თეატრის ფოიეს და სხვა მსგავსი შენობების მშენებლობისას.

მონოლითური უკოჭო გადახურვა წარმოადგენს გადახურვის მთლიან ფილას, რომელიც მონოლითურად არის დაკავშირებული სვეტის კაპიტელთან (ნახ. 46).

ფილის სისქე აიღება $(1/32...1/35)l$. კაპიტელი შეიძლება იყოს სამი სახის: I ტიპი, როდესაც დატვირთვა 10 კნ/მ^2 -მდეა (ნახ. 46,ა), II და III ტიპის 10 კნ/მ^2 -ზე მეტი დატვირთვისას (ნახ. 46,ბ,გ).

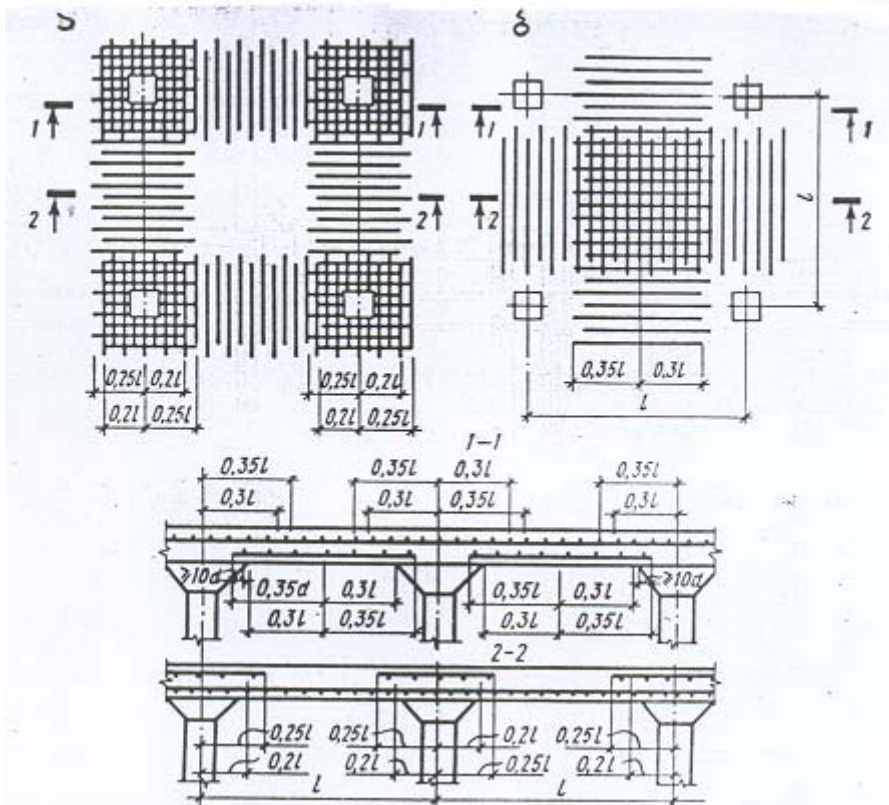
კაპიტელი იანგარიშება ჩაჭყლელაზე სვეტზე ფილებიდან გადმოცემულ დატვირთვაზე. ფილისათვის ყველაზე საშიშია მალის გასწვრივ ზოლზე მოქმედი დატვირთვა. სიმტკიცეზე გაიანგარიშება ზღვრული წონასწორობის მიხედვით, ექსპერიმენტებით დადგენილი რღვევის სქემის მიხედვით.



ნახ. 46. მონოლითური უკოჭო გადახურვა:

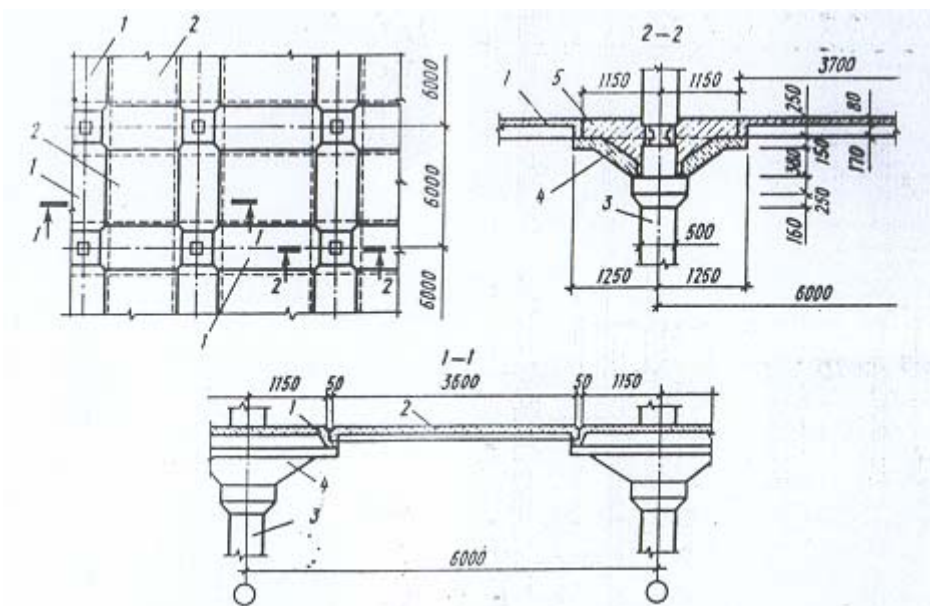
ა,ბ,გ – კაპიტელის ტიპები; ბ–ფილის ჩაჭრაზე გაანგარიშებისათვის;
1–ფილა; 2–კაპიტელი; 3–სვეტი

გადახურვის ფილის დაარმატურება ხდება რულონური ან ბრტყელი შეღულებული ბადეებით, მღუნავი მომენტების ეპიურების მიხედვით. მალის მომენტების ასატანად ბადეები ლაგდება ფილის ქვედა კიდეებთან, ხოლო საყრდენი მომენტებისა – ფილის ზედა კიდეებთან. (47-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ბადეების მხოლოდ მუშა არმატურების განლაგება).



ნახ. 47. მონოლითური უკოჭო გადახურვის დაარმატურება:
 ა-ბადეები ფილის ზედა ზონაში; ბ-ბადეები ფილის ქვედა ზონაში

ასაწყობი უკოჭო გადახურვა შედგება ორივე მიმართულებით განლაგებულ კაპიტელსზედა ფილების, მალის ფილებისა და სვეტებისაგან, რომლის თავზე მოთავსებულია ასაწყობი კაპიტელი (ნახ. 48).



ნახ. 48. ასაწყობი უკოჭო გადახურვა:
 1-კაპიტელსზედა ფილა; 2-მალის ფილა; 3-სვეტი; 4-ასაწყობი
 ღრუ კაპიტელი; 5-დამონოლითების ბეტონი

ფილები შეიძლება იყოს წიბოვანი ან ღრუტანიანი. კაპიტელი წარმოადგენს გეგმაში კვადრატული ფორმის ღრუ წაკვეთილ პირამიდას სვეტის თავზე წამოსაცმელი ნახვრეტით. კაპიტელსზედა ფილა კაპიტელს უკავშირდება ხისტად ფილიდან გამოშვებული არმატურის მიღულებით კაპიტელის ჩასატანებელი დეტალის ფირფიტასთან. მალის ფილები კაპიტელსზედა ფილებს ეყრდნობა თავისუფლად (სახსრულად). კაპიტელი ეყრდნობა სვეტის თავზე მოწყობილ მოკლე კონსოლს და ჩასატანებელი დეტალების მიღულებით დამაგრდება.

ასაწყობი უკოჭო გადახურვები იანგარიშება ორივე მიმართულებით, როგორც მრავალსართულიანი შენობის ჩარჩოვანი სისტემა. სადაც, რიგელებს წარმოადგენს კაპიტელსზედა ფილა, დგარებს – სვეტები კაპიტელთან ერთად. დაარმატურებაც შესაბამისად ხდება, როგორც ჩარჩოს რიგელის, მღუნავი მომენტებისა და განივი ძალების მოქმედების შესაბამისად. მალის ფილა (შუა ფილები) თავისუფლად ეყრდნობა ორივე მიმართულების კაპიტელსზედა ფილებს და იანგარიშება, როგორც კონტურზე დაყრდნობილი ფილა ზღვრული წონასწორობის მეთოდით. დაარმატურება ხდება ფილის ქვედა კიდეებთან ჩალაგებული ბრტყელი ბადეებით, რომლებშიც მუშა არმატურა ორივე მიმართულებითაა განლაგებული.

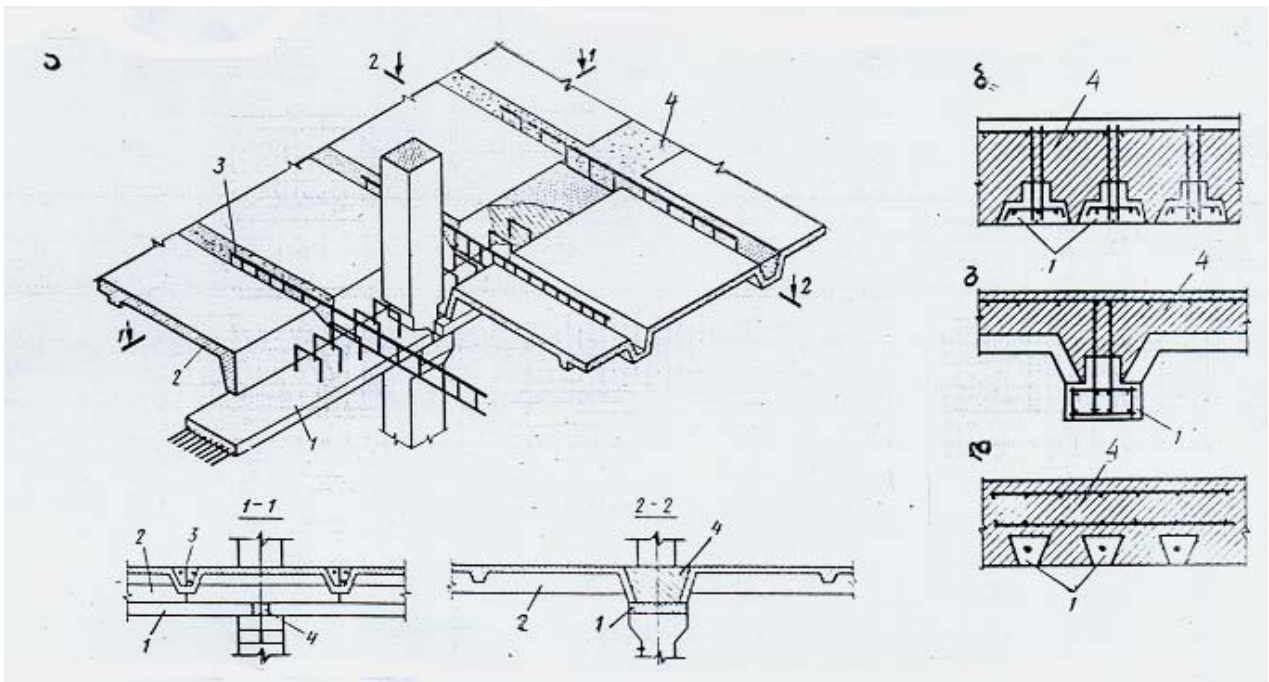
8.5. ასაწყობ-მონოლითური კოჭოვანი გადახურვა

ასაწყობ-მონოლითურ კონსტრუქციაში გაერთიანებულია ასაწყობი და მონოლითური რკინაბეტონის დადებითი თვისებები. ასაწყობი ელემენტებისაგან აგებული გადახურვა წარმოადგენს ყალიბს შემდგომ მშენებლობის ადგილზე დამატებით ჩალაგებულ არმატურასა და ბეტონისათვის. მონოლითური ბეტონის გამყარების შემდეგ კონსტრუქცია მუშაობს, როგორც ერთიანი.

ასაწყობ-მონოლითური კონსტრუქციები გამოიყენება, როგორც ახლად ასაგებ შენობებში, როდესაც ტიპობრივი, სტანდარტული ასაწყობი ელემენტების ზიდვის უნარი საკმარისი არ არის და ექსპლუატაციაში მყოფ ნაგებობებში, როდესაც რეკონსტრუქციისას საჭიროა ცალკეული არსებული ელემენტების ზიდვის უნარის გაზრდა.

ასაწყობ-მონოლითური გადახურვა ხშირ შემთხვევაში ეკონომიურიც არის ასაწყობ ან მონოლითურ გადახურვასთან შედარებით: არ საჭიროებს სპეციალურ ყალიბებს, ქარგილებს და ხარახოებს; ადვილად არის შესაძლებელი მონოლითური ნაწილის წინასწარი დაძაბვა; საყრდენებთან არმატურის ნაშვერების ურთიერთ-მიღულებით მარტივად ხდება ასაწყობი მზიდი ელემენტების მთლიან, უჭრ კონსტრუქციად გარდაქმნა.

ასაწყობი და მონოლითური რკინაბეტონის ურთიერთშესამების მიხედვით გამოიყენება გადახურვები: ა) ასაწყობი კონსტრუქციები მთლიანად აიტანენ სამონტაჟო დატვირთვებს და მონოლითური რკინაბეტონის მასის დატვირთვას. ამიტომ საჭირო აღარ არის ყალიბებისა და დროებითი საყრდენების მოწყობა (ნახ. 49,ა,ბ) ასაწყობ ელემენტებს შეუძლია აიტანონ მონტაჟისა და მონოლითური რკინაბეტონის მასისაგან გადმოცემული დატვირთვის მხოლოდ ნაწილი, ამიტომ საჭიროა აგების პროცესში დროებითი საყრდენების მოწყობა. ასეთ გადახურვებში სასურველია ისეთი კონსტრუქცია, რომ ძაბვის მიხედვით ნეიტრალური ღერძი მოხვდეს მონოლითურ ნაწილში (ნახ. 49,ბ,გ); გ) ასაწყობი ელემენტები მხოლოდ მუშა არმატურის როლს ასრულებს. მაშინ მონოლითური რკინაბეტონი კვეთის მთელ სიმაღლეზეა. აგებისას საჭიროა ყალიბებისა და დროებითი საყრდენების მოწყობა (ნახ. 49,დ).



ნახ. 49. კოჭოვანი ასაწყობ-მონოლითური გადახურვა:

- 1, 2-ასაწყობი ელემენტები (კოჭის ძირი, კოჭები, წიბოვანი ფილა);
- 3-საყრდენსზედა შეერთების არმატურის კარკასი;
- 4-დამონოლითების ბეტონი

ასაწყობ-მონოლითური გადახურვის ასაწყობი ელემენტები, რომლებიც ყალიბად გამოიყენება, გაიანგარიშება სამონტაჟო დატვირთვებზე, მონოლითური რკინაბეტონისა და საკუთარ მასაზე, როგორც თავისუფლად დაყრდნობილი კოჭები. ამ დატვირთვების ასატანად ჩალაგებულ არმატურასთან ერთად ასაწყობ ელემენტებში ლაგდება ძირითადი მუშა და კონსტრუქციული არმატურა, რომელიც ექსპლუატაციისას უზრუნველყოფს მთელი კონსტრუქციის ზიდვის უნარს.

ექსპლუატაციის სტადიაში გადახურვის ზიდვის უნარის გაანგარიშება ხდება ზღვრული წონასწორობის მეთოდით, როგორც ერთიანი, სტატიკურად ურკვევი კონსტრუქციისა.

საკონტროლო საკითხები

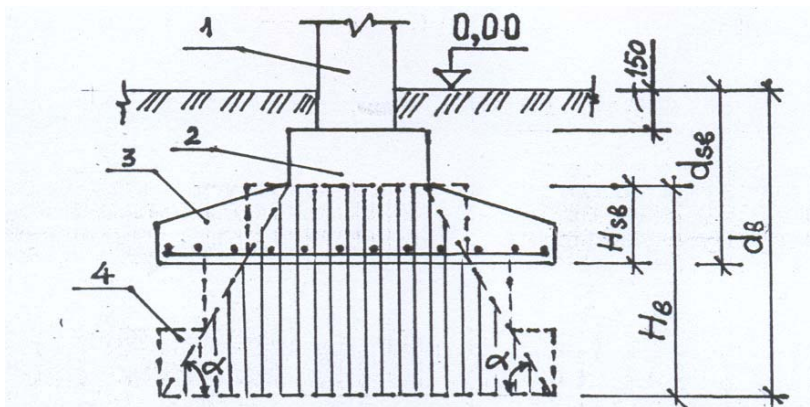
1. რკინაბეტონის ბრტყელი სართულთშორისი გადახურვის კლასიფიკაცია მუშაობის კონსტრუქციული სქემისა და აგების ხერხის მიხედვით.
2. როგორია მონოლითური წიბოვანი კოჭურფილებიანი გადახურვის კონსტრუქციული შემადგენლობა.
3. კოჭურფილებიანი მონოლითური გადახურვის გაანგარიშების პრინციპები და დაარმატურება.
4. როგორია მონოლითური წიბოვანი, კონტურზე დაყრდნობილი ფილებიანი გადახურვის შემადგენლობა.
5. კონტურზე დაყრდნობილი ფილის და მისი საყრდენი კოჭების გაანგარიშების პრინციპები და დაარმატურება.

6. როგორია ასაწყო კოჭოვან-პანელური გადახურვის კონსტრუქციული შემადგენლობა.
7. როგორია გადახურვის ასაწობი პანელების სახეობები და გამოყენების მაგალითები.
8. რკინაბეტონის პანელების და კოჭების (რიგელების) გაანგარიშების პრინციპები და დაარმატურება.
9. რა უპირატესობები აქვს უკოჭო გადახურვას და სად გამოიყენება უპირატესად.
10. როგორია მონოლითური და ასაწობი უკოჭო გადახურვის შემადგენლობა.
11. ასაწობ-მონოლითური გადახურვის შემადგენლობა და უპირატესობები.

9. რკინაბეტონის საძირკვლები

საძირკველი შენობისა და ნაგებობის მიწისქვეშა კონსტრუქციაა, რომლის მეშვეობით ნაგებობაზე მოსული მთლიანი დატვირთვა გადაეცემა გრუნტს (საძირკვლის ფუძეს).

შენობის კედლიდან ან სვეტიდან გადაცემული დატვირთვა გრუნტში ვრცელდება გარკვეული α კუთხით (ნახ. 50). ამ დახრილი სიბრტყეებით გრუნტის ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე შემოფარგლული ფართობი, ტოლი საძირკვლის ფუძის გაანგარიშებით მიღებული ფართობისა, განსაზღვრავს ჩვეულებრივი ბეტონის ან ყორბეტონის საძირკვლის d_b ჩაღრმავებას, რადგან ბეტონის საძირკველი მუშაობს მხოლოდ კუმშვაზე. რკინაბეტონის საძირკვლის უპირატესობაა ის, რომ მისი მიწვობა შესაძლებელია მცირე d_{sb} ჩაღრმავებით, რადგან შეუძლია იმუშაოს გრუნტის რეაქტიული ძალებით გამოწვეულ ღუნვაზე. რადგან საძირკვლის მოწვობა მთელი შენობის ღირებულების 4...6%-ს შეადგენს, მნიშვნელოვანია ის ეკონომიკური ეფექტი, რომელიც რკინაბეტონის საძირკვლის მოწვობით შეიძლება იქნეს მიღწეული: ნაკლებია მიწის სამუშაოები, ნაკლებია ბეტონის დანახარჯი და შესაძლებელია მიწისქვეშა სამუშაოები (ნულოვანი ციკლი) დასრულდეს მთლიანად (გრუნტის ქვაბულში უკან ჩაყრით) სვეტების მონტაჟის ან კედლების ამოყვანის სამუშაოების დაწყებამდე. რკინაბეტონის საძირკვლის რაციონალური გადაწყვეტა დამოკიდებულია საძირკვლის ტიპისა და აგების ტექნოლოგიური ხერხის შერჩევაზე.



ნახ. 50. ბეტონისა და რკინაბეტონის საძირკვლების შედარება:
 1-სვეტი; 2-სვეტსქვედა ბლოკი; 3-რკინაბეტონის საძირკველი;
 4-ბეტონის საძირკველი

9.1. რკინაბეტონის ცალკეული საძირკვლები

ცალკეული საძირკვლები ეწყობა სვეტების საკმაოდ დაშორებით განლაგებისას, როდესაც სვეტზე მოსული დატვირთვა არ არის განსაკუთრებით დიდი, ხოლო გრუნტის სიმტკიცე საკმარისია. სვეტისაგან გადმოცემული დატვირთვის განლაგების მიხედვით შეიძლება იყოს ცენტრალურად ან გარეცენტრულად დატვირთული. ცენტრალურად დატვირთული საძირკველი ჩვეულებრივ სრულდება გეგმაში კვადრატული ფორმის, თუ სხვა მიწისქვეშა კონსტრუქცია არ უშლის ხელს, ხოლო გარეცენტრულად დატვირთული საძირკველი გეგმაში მართკუთხაა, მომენტის მოქმედების სიბრტყის პარალელური მიმართულებით უფრო დიდი გვერდით. ამ შემთხვევაში გვერდების შეფარდება აიღება 0,6...0,8 ფარგლებში.

ცალკეული საძირკვლები სრულდება საფეხურიანი ან პირამიდული (ნახ. 51, ა,ბ). პირამიდული უფრო ეკონომიურია, მაგრამ დამზადების სიმარტივის გამო გავრცელებულია საფეხურიანი: იგი შეიძლება ეყრდნობოდეს უშუალოდ გრუნტს, ან ბეტონის, ღორღის, ქვიშის წინასწარ მომზადებულ 10 სმ-იან ფენას.

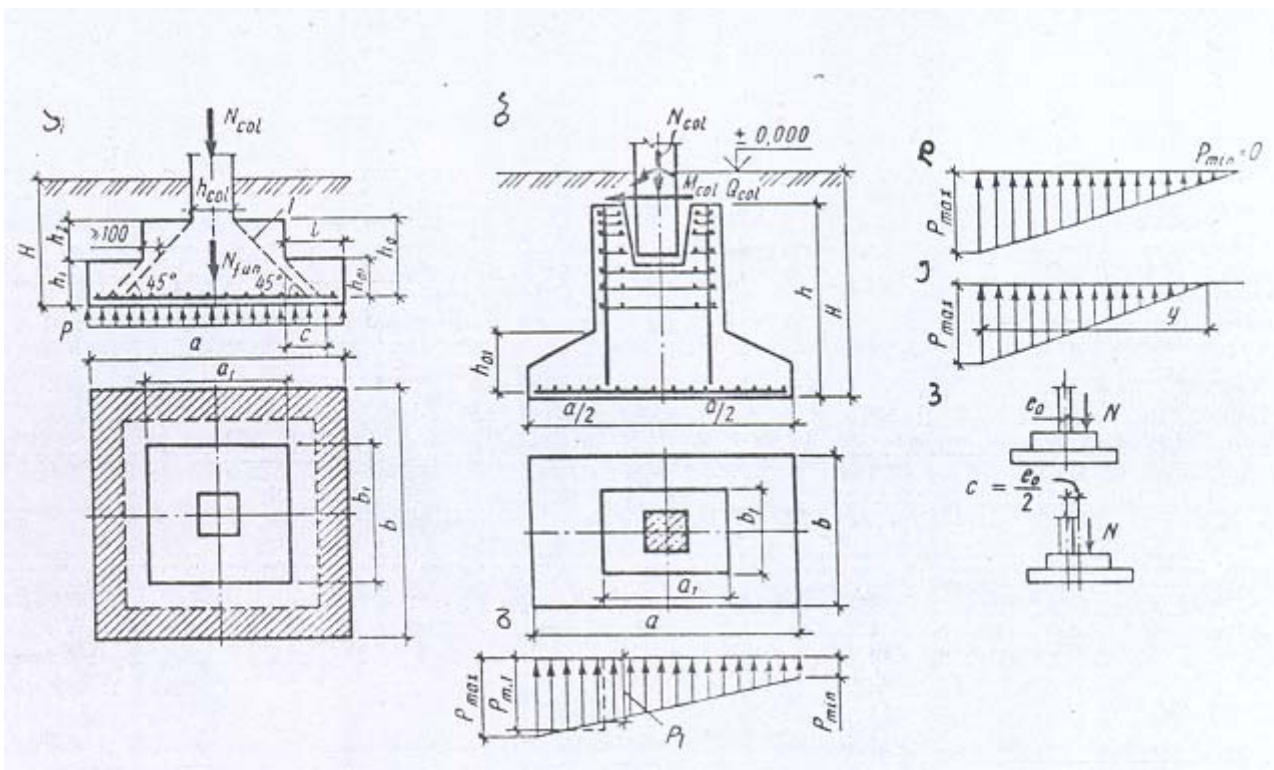
დამზადების ხერხის მიხედვით საძირკველი არის მონოლითური ან ასაწყობი. ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით მონოლითური საძირკვლის ღირებულება ნაკლებია ასაწყობზე. ასაწყობის გამოყენება მიზანშეწონილია: იმ მშენებლობაზე, რომელიც მთლიანად ასაწყობი კონსტრუქციებით ხორციელდება, თანაც თუ საკმაოდ დიდი რაოდენობის საძირკველია საჭირო; თუ მშენებლობის ვადებია შეზღუდული; ზამთრის პერიოდში ან რთულ ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში მშენებლობისას. ასაწყობი საძირკველი გამოიყენება მხოლოდ ასაწყობი სვეტების ქვეშ, მონოლითური – როგორც ასაწყობი, ისე მონოლითური სვეტებისას. ასაწყობი სვეტი ხისტად უერთდება საძირკველს სპეციალურ ბუდეში (ჭიქა) ჩადგმით და შემდგომში ცემენტის ხსნარით ჩამაგრებით. ჭიქის კედლები შეიძლება არ დაარმატურდეს, თუ საძირკვლის თავში მისი სისქე მეტია 200 მმ-ზე და ჭიქის სიღრმის 0,7 მ-ზე. თუ არა – ჭიქის კედლები უნდა დაარმატურდეს (ნახ. 53,ბ).

მონოლითური საძირკვლის შეერთება მონოლითურ სვეტთან სრულდება სვეტის გრძივი მუშა არმატურის შედუღებით ან გადადებით შეერთებით საძირკველიდან სპეციალურად დატოვებულ არმატურის ნაშვერებთან, რომელთა განივკვეთის ჯამური ფართობი (სასურველია ცალკეული ღეროების დიამეტრიც) ისეთივეა, რაც სვეტში (ნახ. 51,გ).

ცალკეული საძირკვლების გაანგარიშება ხდება ორ ეტაპად: 1) დაყრდნობის (ფუძის) ფართობის განსაზღვრა გამომდინარე გრუნტის საანგარიშო წინააღობის მიხედვით. ეს ნიშნავს, რომ საძირკვლის ფუძეზე მოქმედი დატვირთვისაგან (სვეტისაგან გადმოცემული N ძალა და საძირკვლისა და მის საფეხურზე დაყრილი გრუნტის მასა) აღძრული საშუალო ძაბვა ნაკლები უნდა იყოს გრუნტის საანგარიშო R წინააღობაზე. 2) თვით საძირკვლის ტანის გაანგარიშება ბეტონისა და არმატურის სიმტკიცის მიხედვით (საძირკვლის სიმაღლის და საფეხურების ზომების დადგენა, გაანგარიშებული გაჭიმული არმატურის ფართობის მიხედვით არმატურის ღეროების რაოდენობისა და დიამეტრის შერჩევა). საძირკვლის სიმაღლის დადგენა ხდება სვეტისაგან გადმოცემული N ძალით ბეტონის ტანის ჩატრის პირობიდან, ხოლო არმატურა შეირჩევა საძირკვლის ფუძიდან საძირკველზე, როგორც კონსოლზე გრუნტის რეაქტიული დატვირთვისაგან აღძრული მომენტის მიხედვით. საანგარიშო სქემა მოცემულია 53-ე ნახაზზე.

9.2. ლენტური საძირკველი

ლენტური საძირკველი დაპროექტდება, როგორც მონოლითური, ისე ასაწყობი. ამ უკანასკნელს მზიდი კედლების ქვეშ ენიჭება უპირატესობა. ასაწყობი ლენტური საძირკველის ცალკეული ბლოკები შეიძლება იყოს ტრაპეციული (ნახ. 52,ბ,გ) ან მართკუთხა განივი კვეთის, მთლიანი, წიბოვანი ან სიცარიელებით. მზიდი კედლების ქვეშ ლენტური საძირკველის სიგანე იანგარიშება კედლისაგან გადმოცემული ნორმატიული დატვირთვისაგან აღძრული ძაბვის, გრუნტის R წინააღობასთან შედარებით. თუ გაანგარიშებით მიღებული სიგანე ნაკლებია ვიდრე ტიპობრივი კონსტრუქციების კატალოგიდან აღებული ასაწყობი საძირკველის ბლოკის სიგანე, აიღებენ უკანასკნელს, მაგრამ მათი განლაგება კედლების ქვეშ ხდება ერთმანეთისაგან გარკვეული დაშორებით (ნახ. 52,გ).



ნახ. 53. ცალკეული საძირკველების საანგარიშო სქემები:

- ა - ცენტრალურად დატვირთული;
- ბ - გარეცენტრულად დატვირთული;
- გ, დ, ე - საძირკველის კიდეების გრუნტზე დაწოლის ძაბვათა ეპიურები.
 შესაბამისად: გ - ხიდურა ამწის ტვირთამწეობა ≥ 75 ტ;
 დ - ხიდურა ამწის ტვირთამწეობა < 75 ტ;
 ე - ხიდურა ამწის გარეშე;
- ვ - საძირკველზე დატვირთვის ექსცენტრისიტეტის შემცირება სვეტის მიმართ საძირკველის გვერდზე გაწევით

საძირკველის ბლოკი გაიანგარიშება სიმტკიცეზე მხოლოდ განივი მიმართულებით, როგორც კონსოლი, რომელზეც მოქმედებს გრუნტის თანაბრად განაწილებული რეაქტიული ძალა. დაარმატურება ხდება შედუღებული ბადეებით, რომლის მუშა არმატურა განლაგებულია ბლოკის განივი მიმართულებით. ბლოკის სიმაღლე ინიშნება პირობიდან, რომ განივი ძალა უნდა აიტანოს მხოლოდ ბეტონმა. აიღება არა უმცირესი 200 მმ-ისა.

ხშირად განლაგებული სვეტების ქვეშ ლენტური საძირკველი ძირითადად სრულდება მონოლითური (ნახ.52,ა). განივი მიმართულებით საძირკველი იანგარიშება, როგორც ასაწყობი საძირკველის კონსოლური ბლოკი, ხოლო გრძივი მიმართულებით, როგორც დრეკად ფუძეზე მდებარე მრავალმალიანი უჭრი კოჭი, რომელზეც მოქმედებს სვეტებისაგან გადმოცემული შეყურსული ძალების სისტემა და საწინააღმდეგო მიმართულების გრუნტის თანაბრად განაწილებული რეაქტიული დატვირთვა. თუ საძირკველის კვეთის ზომები მნიშვნელოვანი სიდიდისაა, ხოლო სვეტები ერთმანეთთან ახლოსაა განლაგებული, საძირკველი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც აბსოლუტურად ხისტი ელემენტი. გამოთვლილი M მღუნავი მომენტებისა და Q განივი ძალების მიხედვით გაიანგარიშება ლენტური საძირკველი როგორც \perp -სებრი კვეთიანი კოჭი ნორმალური და დახრილი კვეთის სიმტკიცეზე. შერჩეული სრული გრძივი მუშა არმატურის 60...70% ჩალაგდება წიბოში, ხოლო 30...40% – თაროს შევრილებში.

9.3. მთლიანი საძირკველი

მთლიანი საძირკველი შენობის ქვეშ გამოიყენება იმ შემთხვევაში, თუ გრუნტის დაბალი სიმტკიცის გამო ცალკეული ან ლენტური საძირკველების დაყრდნობის ფართობები ერთმანეთს გადაკვეთს. მთლიანი საძირკველის ფილა, სართულთშორისი გადახურვის ანალოგიურად, შეიძლება იყოს წიბოვანი კოჭური ფილებით, წიბოვანი კონტურზე დაყრდნობილი ფილებით და უკოჭო (ნახ.52,დ). წიბოვან საძირკველებში წიბოები განლაგებულია მთლიანი ფილის თავზე, ხოლო ფილა ეყრდნობა გრუნტს. სვეტები ეყრდნობა წიბოების გადაკვეთაზე (ნახ. 52,ა-ზე გამოსახული ლენტური საძირკველების ქვეშ მთლიანი ფილა, რომ წარმოვიდგინოთ).

სამშენებლო პრაქტიკაში უფრო მეტად გავრცელებულია უკოჭო მთლიანი ფილა, რომელზეც სვეტები ეყრდნობა არა უშუალოდ ფილას, არამედ მართკუთხა ან ტრაპეციულ კაპიტელის მსგავს რკინაბეტონის ქვესაგებს. ფილის სისქე აიღება სვეტებს შორის მანძილის $1/6$. ასეთი საძირკველი რეკომენდებულია, როდესაც სვეტზე მოსული დატვირთვა არ აღემატება 10 მგნ-ს.

ნებისმიერი ტიპის მთლიანი საძირკველი მიახლოებით შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც გადმობრუნებული რკინაბეტონის სართულთშორისი გადახურვა, სადაც სვეტები ან კედლები წარმოდგენილია, როგორც საყრდენები, ხოლო საძირკველის ელემენტები (წიბო, ფილა) განიცდიან ღუნვას, ქვევიდან მოქმედი გრუნტის თანაბრად განაწილებული რეაქტიული დაწოლისაგან. არაერთგვაროვანი გრუნტის შემთხვევაში, მთლიანი საძირკველი შედარებით ზუსტად გაიანგარიშება, როგორც დრეკად ფუძეზე მდებარე ფილა სათანადო საგების კოეფიციენტით. შედარებით ზუსტი, თუ მიახლოებითი, ინჟინრული გაანგარიშებისას, გამოითვლება საძირკველში აღძრული ძალები (M მღუნავი მომენტები და Q განივი ძალები) და საშიშ კვეთებში განისაზღვრება არმატურის ფართობი. დაარმატურება ხდება შედუღებული ბადეებით და კარკასებით მღუნავი მომენტებისა და განივი ძალების მოქმედების მიმართულებისა და სიდიდის შესაბამისად, როგორც რკინაბეტონის წიბოვან ან უკოჭო სართულთშორის გადახურვებში.

საკონტროლო საკითხები

1. როგორია მშენებლობაში გამოყენებული რკინაბეტონის საძირკველების კლასიფიკაცია.

2. რა უპირატესობა აქვს რკინაბეტონის საძირკველს მასიურ ბეტონის ან ყორებეტონის საძირკველთან შედარებით.
3. გამოხაზეთ ცალკეული რკინაბეტონის საძირკველები და ჩამოთვალეთ მათი შესაძლო ვარიანტები.
4. რა განსხვავება ცენტრალურად და გარეცენტრულად დატვირთულ ცალკეულ საძირკველებს შორის. რომელი, როდის გამოიყენება.
5. სად გამოიყენება ლენტური საძირკველი და როგორია მისი კონსტრუქციული თავისებურებები.
6. როდის გამოიყენება მთლიანი საძირკველი. როგორი ტიპის მთლიანი საძირკველია პრაქტიკაში გავრცელებული. მისი გაანგარიშების პრინციპი.

10. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობები

ერთსართულიანი სამრეწველო შენობები ფართოდ არის გავრცელებული მეტალურგიულ, მანქანათმშენებლობის და მრეწველობის სხვა დარგებში, სადაც საჭიროა მიძიმე და დიდგაბარიტიანი დანადგარები, რომელთა განთავსება მრავალსართულიან შენობაში არაეკონომიურია, როგორც საშენი მასალების ხარჯის, ისე საწარმოო ტექნოლოგიური პროცესის წარმართვის თვალსაზრისითაც. ასეთი შენობები შეიძლება იყოს: ერთმალისანი და მრავალმალისანი, ხიდურა და შეკიდული ამწეებით; ფარნითა და უფარნოდ.

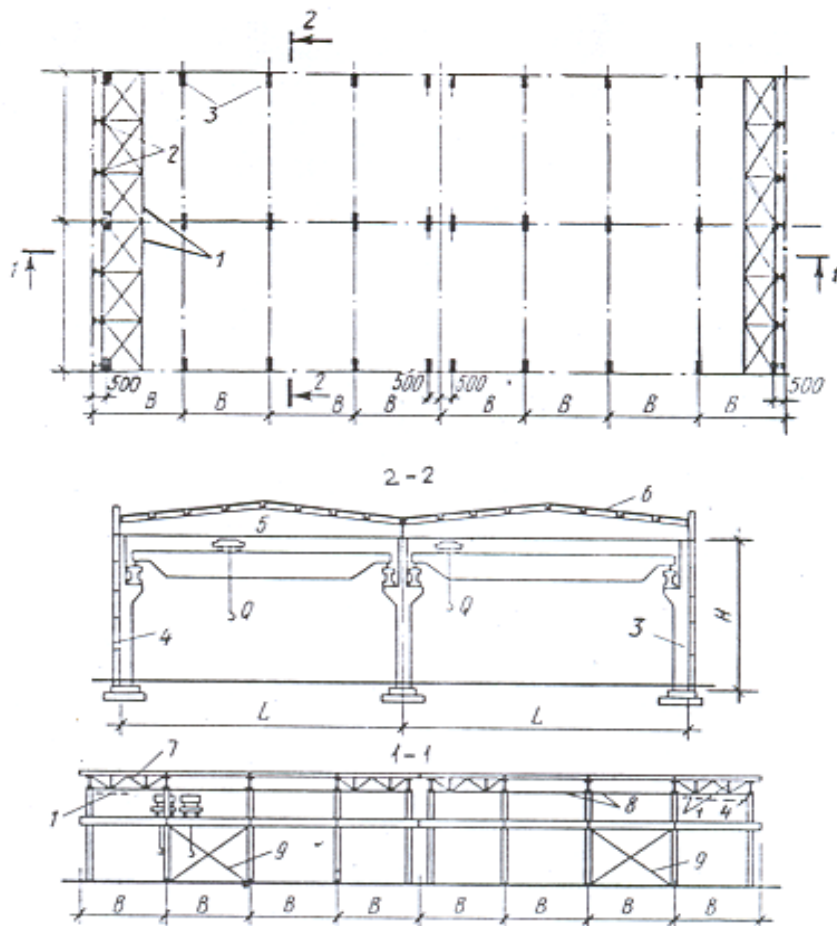
სასურველია ერთსართულიანი სამრეწველო შენობა დაპროექტდეს გეგმაში მართკუთხა, ერთნაირი სიმაღლის, ერთნაირი მალეებით. მზიდი კარკასი ძირითადად აიგება ასწიობი რკინაბეტონისაგან, რადგან იგი ეკონომიკურად ხელსაყრელია. ლითონის კარკასი გამოიყენება განსაკუთრებით დიდი მალეების შემთხვევაში, 18 მ-ზე მაღალ შენობებში და დიდი ტვირთამწეობის ხიდურა ამწეების არსებობისას. შესაძლებელია სვეტები იყოს რკინაბეტონის, ხოლო გადახურვის (სანივნივო) და ამწისქვეშა კოჭის კონსტრუქციები – ლითონის.

ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის კონსტრუქციული სქემაა მზიდი კარკასი, რომელიც შედგება ბრტყელი ელემენტებისაგან: საძირკველში ხისტად ჩამაგრებული სვეტები, მათზე დაყრდნობილი გადახურვის ელემენტები (კოჭი, წამწე, თალი), რომლებზეც, თავის მხრივ, ეყრდნობა დახურვის პანელები. გადახურვის ელემენტი შეიძლება იყოს სივრცითი კონსტრუქციაც (მაგალითად, ცილინდრული გარსი). იგი ეკონომიკურად ხელსაყრელია: გადაიხურება დიდი სივრცე, ბეტონი და არმატურა 30%-ით ნაკლები იხარჯება, მაგრამ დასამზადებლად რთულია და ამიტომ უპირატესობა ენიჭება კარკასს შედგენილს ბრტყელი, კოჭური სქემით მომუშავე ელემენტებისაგან.

გარემოს ტემპერატურული ცვლილებების შედეგად კარკასში აღძრული დამატებითი ძაბვების შესამცირებლად შენობას ყოფენ ტემპერატურულ ბლოკებად. ბლოკის მაქსიმალური ზომაა: გამთბარ შენობაში – 72 მ, ხოლო თუ შენობა არ თბება – 48 მ. ხშირად ხელსაყრელია უფრო დიდი ბლოკი. მაშინ კარკასი იანგარიშება ტემპერატურულ ზემოქმედებაზე. ტემპერატურული ნაკერი სრულდება შეწყვილებული სვეტებით მათი დაკვალვის ღერძთან სათანადო მიბმით.

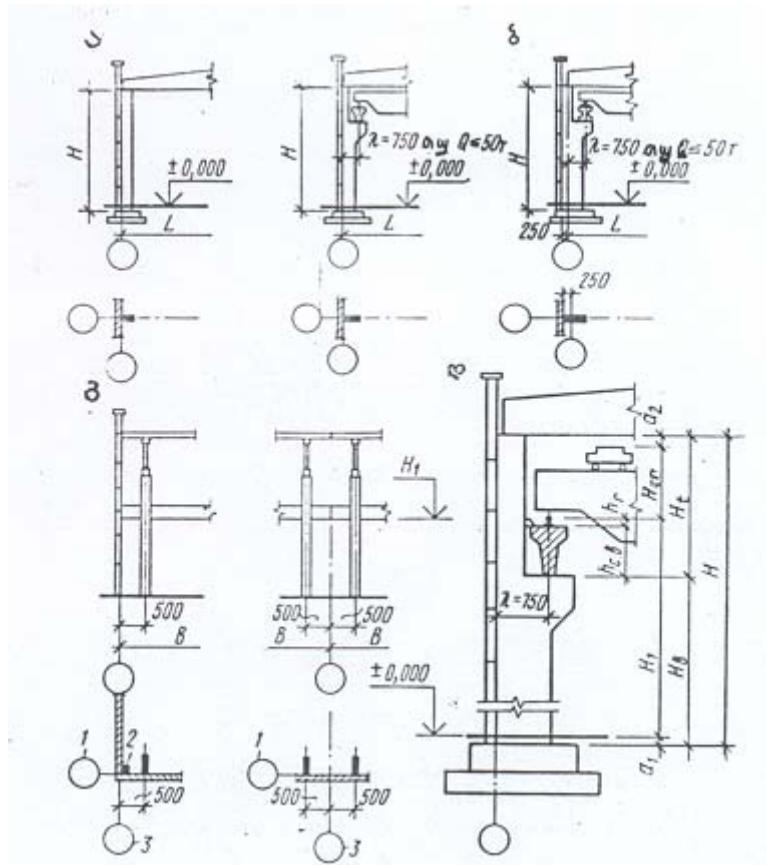
10.1. შენობის კონსტრუქციული სქემის გაერთმთლიანება

კონსტრუქციული სქემის გაერთმთლიანება იწყება გეგმაში სვეტების ბადის შერჩევით და შენობის შიგა გაბარიტების დადგენით. რადგან შენობა ასაწყობი რკინაბეტონისაგან აიგება, ამიტომ საჭიროა ვისარგებლოთ სახელმწიფო სტანდარტებით. ტიპოზომების მინიმალური რაოდენობისა და ტიპობრივი ელემენტების გამოყენების მოთხოვნების შესასრულებლად ხელსაყრელია სვეტების ბადის შემდეგი უნიფიცირებული ზომები: ხიდურა ამწის გარეშე მომუშავე ელემენტებში $L \times B = 12 \times 6; 18 \times 12; 24 \times 12$ მ, სიმაღლე (მანძილი საძირკვლის თავიდან დახურვის მზიდი, სანივნივო კონსტრუქციის ძირამდე) $H = 3,6 \dots 14,4$ მ, (1,2 მ ჯერადი); შენობაში, რომელშიც ხიდურა ამწე მუშაობს: $18 \times 12; 24 \times 12; 30 \times 12$ მ; სიმაღლე $H = 8,4 \dots 18$ მ. პრაქტიკაში გავრცელებული საწარმოო პროცესების მიხედვით ძირითადად გამოიყენება 18×12 და 24×12 მ; სიმაღლით – 10,8 მ. სვეტების განლაგების უფრო გამსხვილებული ბადე გამართლებულია საწარმოო ფართობის გაზრდის მიზნით ან სხვა სპეციალური ტექნოლოგიური მოთხოვნებით. ტორსის კედელთან, სადაც კარკასის სვეტებს შორის მანძილი 12 მ და მეტია, კედლის 6-მეტრიანი პანელებისა და ალაყაფის კარების ალათების დასამაგრებლად, ყოველ 6 მ-ზე გამოიყენება ე.წ. ფახვერკის დგარები, რომლებიც დაყრდნობილია დამოუკიდებელ ცალკეულ საძირკვლებზე. იგი შეიძლება იყოს შედარებით მცირე განივკვეთის რკინაბეტონის სვეტი ან ლითონის სორტამენტი.



ნახ. 54. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობების კონსტრუქციული სქემა:
 1-ჰორიზონტალური კავშირები; 2-ტორსის ფახვერკის დგარები;
 3-სვეტი; 4-კედლის პანელები; 5-სანივნივო კონსტრუქცია (ორქანობიანი კოჭი); 6-დახურვის პანელები; 7- ვერტიკალური კავშირები გადახურვის კოჭებში; 8-განბჯენი; 9-სვეტების ვერტიკალური კავშირები

ელემენტების მაქსიმალური ტიპიზაციისათვის მიღებულია შენობის დაკვალვის გრძივ და განივ ღერძებთან კარკასის შემდგენიერი მიბმა: განაპირა სვეტები დაკვალვის გრძივ ღერძებთან (ნახ. 55,ა): ა) ნულოვანი (დაკვალვის ღერძი ემთხვევა სვეტის გარეთა კიდე), როდესაც სვეტების ბიჯი $B=6...12$ მ და ხიდურა ამწე არ არის, ან ხიდურა ამწე არის, მაგრამ სვეტების ბიჯი $B=6$ მ, ხოლო შენობის სიმაღლე $H \leq 16,2$ მ და ამწის ტვირთამწეობა $Q \leq 30$ ტ; ბ) 250 მმ-იანი მიბმა (დაკვალვის ღერძი სვეტის გარე კიდედან შიგნით არის შემოწეული 250 მმ-ით), როდესაც სვეტების ბიჯი $B=6$ მ, ხოლო $H > 16$ მ-ზე და $Q > 30$ ტ, ან ნებისმიერი H და Q -სთვის, თუ სვეტების ბიჯი $B=12$ მ (ნახ. 55,ბ); გ) განივი მიმართულების დაკვალვის ღერძთან განაპირა სვეტი ორიენტირებულია 500 მმ-იანი მიბმით (სვეტის ღერძსა და დაკვალვის ღერძს შორის მანძილი 500 მმ-ია) (ნახ. 55,გ). შუა სვეტის ღერძი ემთხვევა დაკვალვის ღერძს. იგივეა ტემპერატურულ ნაკერში წყვილი სვეტის მიბმა განივ დაკვალვის ღერძთან;



ნახ. 55. სვეტების მიბმა დაკვალვის ღერძებთან:

1-გრძივი რიგის ღერძი; 2-ფახვერკის ღერძი; 3-განივი რიგის ღერძი

შენობის სიმაღლე დამოკიდებულია საწარმოს ტექნოლოგიურ პროცესზე და იანგარიშება ამწის რელსის თავის წინასწარ დანიშნული H_{cr} -ის მიხედვით (სხვა ზომები სიმაღლის მიხედვით მოცემულია ნახ. 55,დ-ზე).

$$H_b = H_1 - h_r - h_{cb} + a_1; \quad H_t = H_{cr} + h_r + h_{cb} + a_2.$$

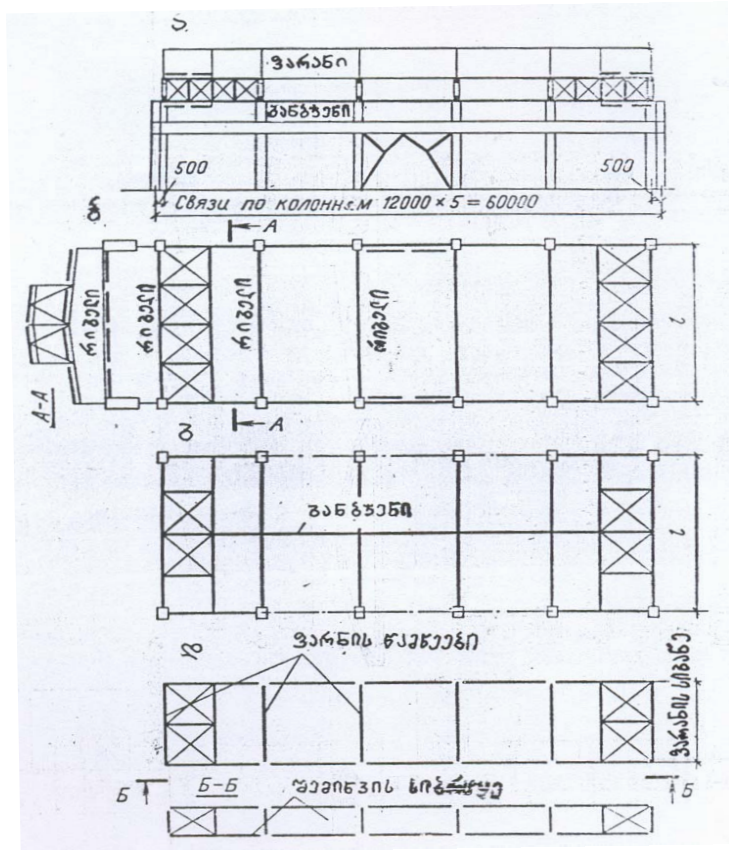
$$H = H_b + H_t.$$

გარდა ამისა, შენობის სრულ H სიმაღლეს განსაზღვრავს ტიპობრივი საკედლე პანელებისა და ფანჯრის ალათების განლაგება სიმაღლის მიხედვით.

ბრტყელი გადახურვა ძირითადად ეწყობა კარკასის რიგელებზე განლაგებული დახურვის პანელებით, რომლებზეც მათი დამონოლითების შემდგომ სრულდება ჰიდროსაიზოლაციო სამუშაოები. რიგელები შეიძლება იყოს სანივნივო კოჭები (18 მ-მდე მაღლის შემთხვევაში. იშვიათად 24 მ-ზე), სანივნივო წამწები (18...24 მ. დასაშვებია 30 მ-ზე) და სანივნივო თაღები (30...36 მ და მეტი მაღლისათვის). მათი განლაგება შეიძლება იყოს შენობის განივი ან გრძივი მიმართულებით. განივი განლაგება უფრო ხელსაყრელია შენობის განივი სიხისტის უზრუნველსაყოფად. თუ სვეტების ბიჯი 6 ან 12 მ-ია, რიგელები უშუალოდ სვეტებზე ეყრდნობა, მაშასადამე, მათზე გრძივი მიმართულებით დაყრდნობილი დახურვის პანელების მაღლი შესაბამისად იქნება 6 ან 12 მ. თუ სვეტების ბიჯია 12 ან 18 მ, მაშინ სვეტებზე გრძივი მიმართულებით ლაგდება 12 ან 18 მ მაღლის ნივნივკვეშა კონსტრუქცია (კოჭი ან წამწე), რომელზეც შემდეგ ეყრდნობა სანივნივო კონსტრუქცია. ამით შესაძლებლობა იქმნება გამოყენებულ იქნეს 6 და 9 მ-იანი დახურვის პანელები. არის შემთხვევა, როდესაც განაპირა სვეტების ბიჯია 6 მ, ხოლო შუა სვეტებისა – 12 მ ან 18 მ. 12 მ-იან სვეტების ბიჯის შემთხვევაში ნივნივკვეშა კონსტრუქცია გამოიყენება მხოლოდ მაშინ, თუ შეკიდული ტრანსპორტია ან შეკიდული ჭერის მოწყობაა საჭირო. 18 მ ბიჯის შემთხვევაში, როგორც წესი, გამოიყენება ნივნივკვეშა კონსტრუქციები.

ერთსართულიან სამრეწველო შენობაზე, გარდა ვერტიკალურისა, მოქმედებს ჰორიზონტალური დატვირთვა (ქარი, სეისმური ზემოქმედება). ამ დატვირთვამ მნიშვნელოვანი დეფორმაცია, რომ არ გამოიწვიოს საჭიროა შენობის სივრცული სიხისტის უზრუნველყოფა. განივი მიმართულებით სიხისტე განისაზღვრება გაანგარიშებით და განივი ჩარჩოს სათანადო კონსტრუქციული მოწყობით: სვეტები ხისტად არის ჩამაგრებული საძირკველში, ხოლო თვით სვეტის განივი კვეთის სათანადოდ შერჩეული ზომები უზრუნველყოფს მის საკმარის სიხისტეს ღუნვაზე. ამიტომ განივი მიმართულებით სპეციალური კავშირების მოწყობა საჭირო არ არის. გრძივი მიმართულებით სიხისტის ასეთი უზრუნველყოფა ხელსაყრელი არ არის. უკეთესია ამ მიმართულებით შემცირდეს სვეტების განივი კვეთის ზომები, ხოლო საერთო სიხისტის გასაზრდელად გამოყენებული იქნეს ვერტიკალური კავშირები, რისთვისაც შენობის ტემპერატურული ბლოკის შუაში გრძივი მიმართულებით განაპირა რიგის ორი მეზობელი სვეტის ლითონის ჩასატანებელ დეტალებზე მიედუღება კუთხოვანებისაგან შედგენილი ჯვარედინი წამწე (ნახ. 54), ხოლო სვეტების შუა რიგში და განაპირა რიგის 12 მ-იანი ბიჯისას – პორტალური წამწე (ნახ. 56,ა).

მთელი კარკასის სივრცითი სიხისტის უზრუნველყოფასთან ერთად აუცილებელია რიგელებისა და ფარნის მთლიანი სიხისტის უზრუნველყოფა, მათი მუშაობის სიბრტყის მართობული მიმართულებით, რაც, აგრეთვე, სრულდება ვერტიკალური კავშირების საშუალებით (ნახ.56,ა). რიგელისა და ფარნის ცალკეული შეკუმშული და გაჭიმული ელემენტების სიხისტის უზრუნველყოფა კი ხდება ლითონის კუთხოვანებისაგან შედგენილი ჰორიზონტალური კავშირების საშუალებით (ნახ. 56,ბ,გ,დ).



ნახ. 56. დახურვის კავშირების სქემები:

ა-ვერტიკალური კავშირები; ბ-ჰორიზონტალური კავშირები რიგელის ქვედა სარტყლის დონეზე; გ-ჰორიზონტალური კავშირები რიგელის ზედა სარტყლის დონეზე; დ-კავშირები ფარანზე

10.2. განივი ჩარჩოს გაანგარიშების საფუძვლები

განივი ჩარჩოს სტატიკური გაანგარიშების მიზანია გარე დატვირთვებისაგან მის ელემენტებში აღძრული ძალებისა და გადაადგილებების განსაზღვრა. დახურვის ფილები, რომლებიც ეყრდნობა რიგელებს, მასთან ჩასატანებელი დეტალების მიდუღებით და ფილებს შორის ნაკერების დამონოლითებით, ქმნის ერთიან ხისტ დიაფრაგმას, აკავშირებენ ერთმანეთთან ცალკეულ ჩარჩოებს და გადააქცევს ერთიან სივრცით კონსტრუქციად. თუ დატვირთვა მოქმედებს ერთდროულად შენობის (ტემპერატურული ბლოკის) ყველა განივ ჩარჩოზე (საკუთარი მასის, ქარის, თოვლის დატვირთვა), მაშინ განივი ჩარჩოები შეიძლება ვიანგარიშოთ ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად, როგორც ბრტყელი ჩარჩოვანი კონსტრუქცია. თუ დატვირთვა მოქმედებს მხოლოდ ერთ განივ ჩარჩოზე (ამწისაგან გადაცემული დატვირთვა), მაშინ, რადგან მეზობელი ჩარჩოებიც იღებს მონაწილეობას აღნიშნული დატვირთვის ასატანად, გაანგარიშებაში მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული კარკასის სივრცითი მუშაობა.

ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის განივი ჩარჩო იანგარიშება შემდეგი დატვირთვების ზემოქმედებაზე: ა) მუდმივი - დახურვის ფილების, მასზე მოწყობილი ჰიდროიზოლაციის, გადახურვის სანივნივე კონსტრუქციის, ფარნის, სვეტებზე შეკიდული საკედლე პანელების, ამწისქვეშა კოჭების, სვეტების და ა.შ. ე.ი. მთელი კარკასის საკუთარი მასისაგან გამოწვეული დატვირთვა; ბ) დროებითი

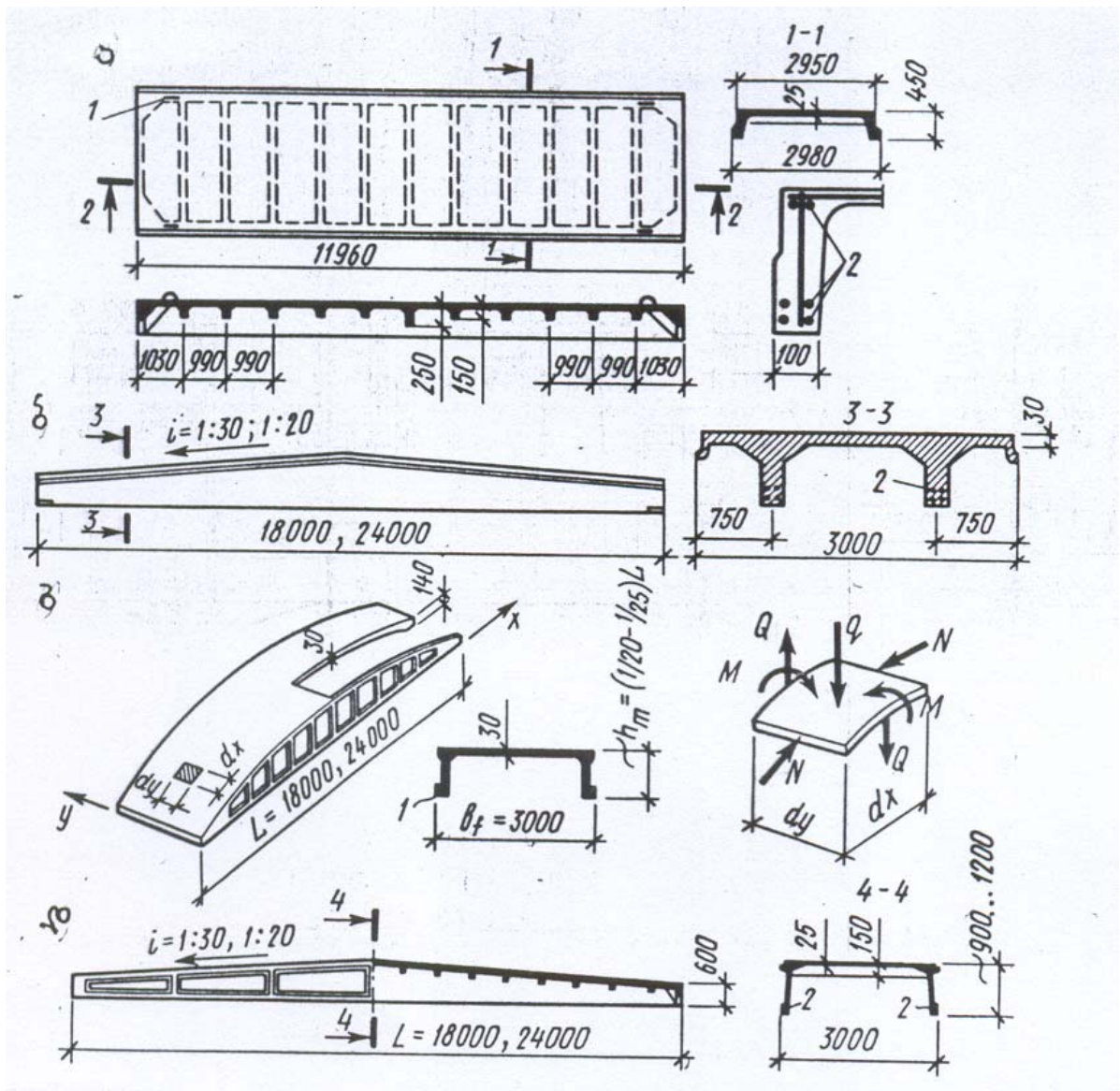
(ხანგრძლივი და ხანმოკლე). ხანგრძლივ დროებით დატვირთვას განეკუთვნება: სტაციონარული დანადგარების და ერთი ხიდურა ამწის (0,6 კოეფიციენტით) მასა, თოვლის დატვირთვის ნაწილი (იმ რეგიონებში მშენებლობისას, სადაც ხანგრძლივი ზამთარი იცის). ხანმოკლე დროებით დატვირთვად ითვლება: ორი ერთმანეთთან მიახლოებული ხიდურა ამწისაგან გადმოცემული დატვირთვა, თოვლის მთლიანი ან ნაწილის დატვირთვა და ქარის დატვირთვა. საჭიროების შემთხვევაში ჩარჩოს გაანგარიშებისას მხედველობაში იღებენ განსაკუთრებულ დატვირთვებსაც: სეისმური (მიწისძვრის შედეგად გამოწვეული), ტექნოლოგიური დანადგარის შესაძლო ავარიისაგან, საძირკვლის ფუძის ქვეშ გრუნტის ჩაჯდომით და ა.შ. როგორც ვხედავთ გაანგარიშება ხდება დატვირთვების ძირითად და განსაკუთრებულ შეხამებაზე. ნორმების მიხედვით ძირითადი შეხამების დროს ერთდროულად მოქმედებს: მუდმივი, დროებითი ხანგრძლივი და ერთი (შეხამების 1-ის ტოლი კოეფიციენტით) ან ორი და მეტი (შეხამების 0,9 კოეფიციენტით) ხანმოკლე დატვირთვა. განსაკუთრებული შეხამების დროს ამ დატვირთვებს ემატება განსაკუთრებული დატვირთვა გამრავლებული 0,8 შეხამების კოეფიციენტზე.

ჩარჩოს სტატიკური გაანგარიშებისათვის გამოიყენება სამშენებლო მექანიკის ერთ-ერთი მეთოდი. თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ უმრავლეს შემთხვევებში სანივნივე კონსტრუქციები (კოჭი, წამწე, თალი) ერთ დონეზეა განლაგებული, ხოლო მათი სიხისტე მუშაობის სიბრტყეში მნიშვნელოვნად დიდია სვეტების სიხისტეზე, მაშინ ჩარჩოს გაანგარიშება ხელსაყრელია მოხდეს გადაადგილების მეთოდით. სათანადო ძირითადი საანგარიშო სისტემა იქნება განივი ჩარჩო, სადაც საძირკველში ხისტად ჩამაგრებულ სვეტებზე სახსრულად დაკავშირებულია უსასრულოდ დიდი სიხისტის მქონე რიგელები, ხოლო პორიზონტალური მიმართულებით გადაადგილების შესაზღვრავად შემოტანილია პორიზონტალური ბმა სახსრული საყრდენის სახით. ძირითად სისტემაში პორიზონტალური რეაქციის გამოთვლის შემდეგ იგი გადანაწილდება ცალკეულ სვეტებში მათი სიხისტეების პროპორციულად და გაანგარიშება დადის ცალკეულ სვეტებში M, N და Q ძალების განსაზღვრაზე, როგორც საძირკველში ხისტად ჩამაგრებულ კონსოლში, რომელზეც მოქმედებს მასზე მოსული გარე დატვირთვა და მთელი განივი ჩარჩოს რეაქციული ძალის ნაწილი. ძალების მიღებული სიდიდეები სვეტების დამახასიათებელი კვეთებისათვის (სვეტის თავთან, სვეტზე ამწისწვეშა კოჭის დაყრდნობის კვეთი და სვეტის საძირკველთან ჩამაგრების კვეთი) ჩაიწერება ცხრილის სახით და აღნიშნულ კვეთებში ძალების (M, N, Q) საანგარიშო შეხამების (ძირითადი ან განსაკუთრებული) შესაბამისი სიდიდის ძალების მიხედვით სიმტკიცის პირობიდან შეირჩევა სათანადო არმატურა, როგორც გარეცენტრულად შეკუმშულ ელემენტში.

პრაქტიკული გაანგარიშებისას არმატურის შესარჩევად საკმარისია განისაზღვროს N და M ძალების შემდეგი ყველაზე არახელსაყრელი შეხამება: ა) ყველაზე დიდი დადებითი მდუნავი მომენტი M_{max} და შესაბამისი გრძივი N ძალვა; ბ) ყველაზე დიდი აბსოლუტური მნიშვნელობის უარყოფითი მდუნავი მომენტი M_{min} და შესაბამისი N მკუმშავი ძალვა; გ) ყველაზე დიდი მნიშვნელობის N მკუმშავი ძალვა და მისი შესაბამისი M მდუნავი მომენტი. ყველა ამ შეხამებისას გამოითვლება შესაბამისი Q განივი ძალვა.

10.3. დახურვის რკინაბეტონის პანელები

ერთსართულიან სამრეწველო შენობებში დახურვის პანელებად ძირითადად გამოიყენება ტიპობრივი წიბოვანი პანელები (ნახ. 57,ა) 6 და 12 მ მალით. სიგანე 3 მ (ფარნიანი დახურვისას – ჩასამატებელი პანელი 1,5 მ სიგანის). წიბოები განლაგებულია გრძივი და განივი მიმართულებით. გრძივი წიბოების ზომებია 100x450 მმ. განივი წიბოების – 40x50 მმ, თაროს სისქე 25...30 მმ. ტიპობრივი წიბოვანი პანელები სრულდება წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონის. წინასწარ დაძაბული არმატურა (ცალკეული მაღალი კლასის ფოლადის ღეროები ან ბაგირები) ჩალაგებულია გრძივ წიბოებში. განივი წიბოს დაარმატურება ხდება შედუღებული კარკასებით, ხოლო თაროსი – შედუღებული რულონური ბადეებით. ბეტონი აიღება B22,5...B30 კლასის. პანელის საკუთარი მასის 25%-მდე შესამცირებლად რეკომენდებულია მსუბუქი ბეტონის ($\rho_m = 1800$ კგ/მ³) გამოყენება.



ნახ. 57. გადახურვის პანელების კონსტრუქციები:
1-სამონტაჟო მარყუქები; 2-დაძაბული არმატურა

პანელი სიმტკიცეზე იანგარიშება, როგორც ორ საყრდენზე თავისუფლად დაყრდნობილი T-სებრი განიგვეთის კოჭი, რომელზედაც მოქმედებს მუდმივი (პანელის მასა ჰიდროიზოლაციასთან ერთად) და დროებითი (თოვლი) დატვირთვა. განივი წიბოების ერთმანეთთან დაშორების მიხედვით თარო იანგარიშება, როგორც კოჭური ან, როგორც კონტურზე დაყრდნობილი ფილა.

ორკონსოლიანი ფილები მზადდება 3x6 მ და 3x12 მ ზომით, რიგელების განივი განლაგებისას ან, 3x18 მ და 3x24 მ – რიგელების გრძივი განლაგებისას. პანელი შედგება ერთმანეთთან 1,5 მ დაშორებული ორი გრძივი წიბოსა და თაროს კონსოლური შეერილებისაგან (ნახ. 57,ბ). განივი მიმართულებით მდუნავი მომენტის შემცირების გამო განივი წიბო არ უკეთდება, რაც დამზადებას აადვილებს. 12 მ მაღის შემთხვევისას, წინასწარ დაძაბული გრძივი წიბოები ცალკე მზადდება B40 კლასის ბეტონისაგან, შემდეგ დაბეტონდება თარო, რომლის წიბოებთან კავშირი ხორციელდება წიბოებიდან არმატურის ნაშევრებით და ბეტონის შეჭიდულობით. ცალ-ცალკე დაბეტონებისას თაროში შესაძლებელია, უფრო იაფი B15 კლასის ბეტონის გამოყენება. 3x6 მ ზომის პანელი მზადდება, როგორც ცალ-ცალკე, აგრეთვე ერთიანი დაბეტონებით. გრძივი, წინასწარ დაძაბული არმატურა ლაგდება წიბოებში, ხოლო თაროს დაარმატურება ხდება ბადეებით. გრძივი მიმართულებით პანელი იანგარიშება, როგორც ორ საყრდენზე თავისუფლად დაყრდნობილი T-სებრი განიგვეთის კოჭი. განივი მიმართულებით გაანგარიშებისას მხედველობაში მიიღება კონსოლების განმტვირთავი გავლენა.

მსხვილგაბარიტიანი რკინაბეტონის კამარისებური პანელი წარმოადგენს მოკლე ცილინდრულ გარსს გრძივი, წინასწარ დაძაბული სეგმენტური მოხაზულობის წიბოებით (დიაფრაგმებით) (ნახ. 57,გ). გარსის სისქეა 30...50 მმ. გეგმაში ზომებია 3x18 მ და 3x24 მ. გამოიყენება რიგელების გრძივად განლაგების შემთხვევაში. დიაფრაგმების კედლის მინიმალური სისქეა 40 მმ და გაძლიერებულია ვერტიკალური სიხისტის წიბოებით. გრძივი, წინასწარ დაძაბული არმატურა მოთავსებულია დიაფრაგმების ქვედა, გაჭიმულ ნაწილში. დიაფრაგმის კედლის დაარმატურება ხდება მხოლოდ დაყრდნობის მიმდებარე ზონაში, შედურებული კარკასებით. სიხისტის წიბოებში ალაგებენ ცალკეულ დეროებს, ხოლო გარსი დაარმატურდება ანგარიშით მიღებული შედურებული ბადეებით. კამარისებური პანელი ეკონომიურია, შედარებით ადვილად დასამზადებელი. ნაკლია მრუდხაზოვან ზედაპირზე ბურულის (ჰიდროიზოლაციის) მოწყობის შრომატევადობა.

ნაკლებად ქანობიანი გადახურვა ხორციელდება II-ს ტიპის პანელით, ზომით 3x18 მ და 3x24 მ (ნახ. 57,დ). მისი უპირატესობა კამარისებურ პანელთან არის ბურულის შედარებით ადვილი მოწყობა. საერთო დანახარჯებისა და დამზადების შრომატევადობის მიხედვით ეს პანელები ერთნაირია.

10.4. რკინაბეტონის სანივნივო კონსტრუქციები

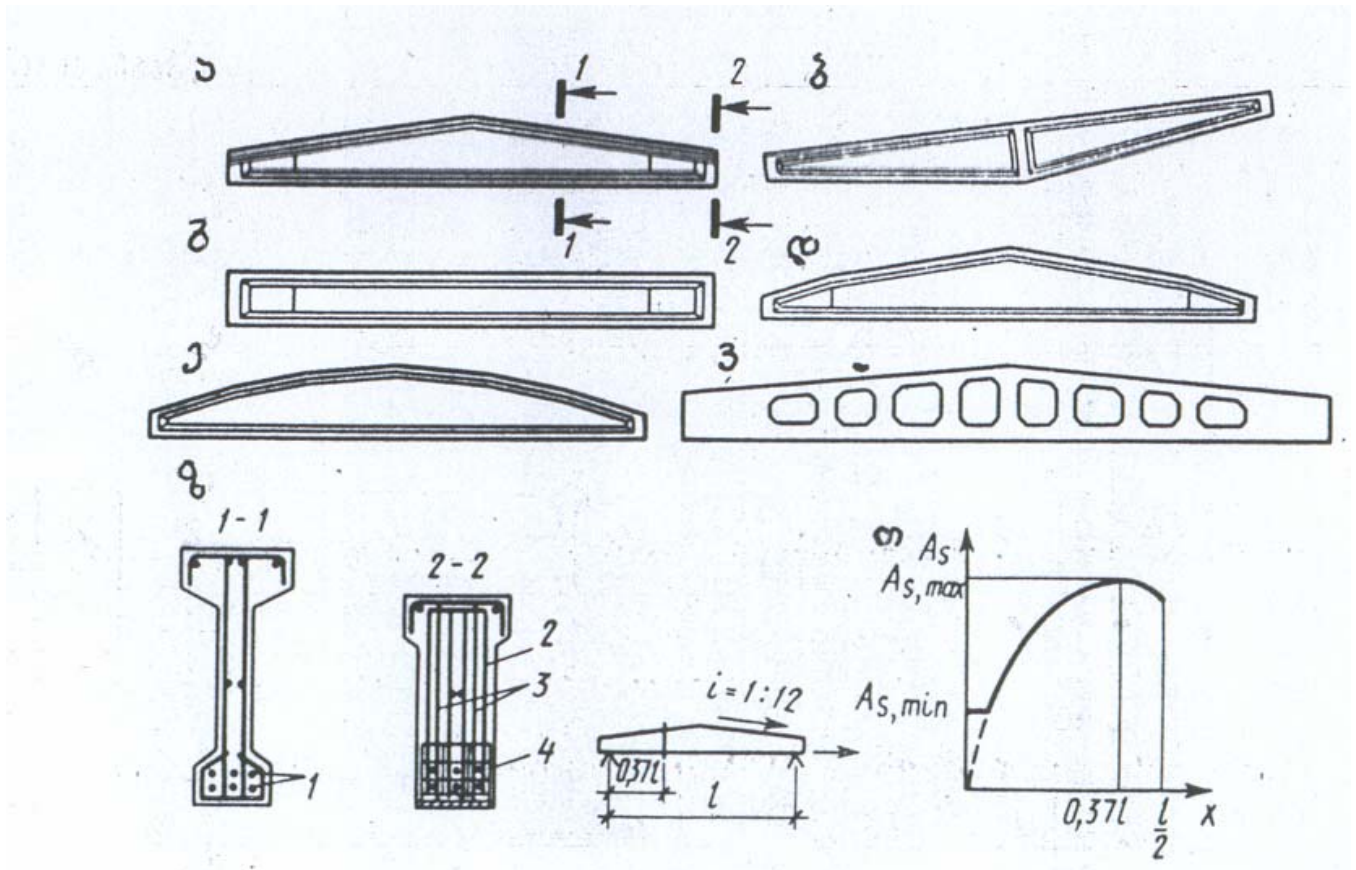
ერთსართულიან სამრეწველო შენობებში, მაღლების ზრდის მიხედვით, სანივნივო კონსტრუქციებად გამოიყენება კოჭები, წამწები და თაღები. ნივნივკვეშა კონსტრუქციებად – კოჭები და წამწები. თითოეული სანივნივო კონსტრუქციის გამოყენების მიზანშეწონილობა დამოკიდებულია ტექნიკურ-ეკონომიკურ ანალიზზე. იმის გამო, რომ ერთსართულიან სამრეწველო შენობა ძირითადად აიგება ასაწყობი კონსტრუქციებით და გეომეტრიული ზომები ექვემდებარება ერთიან სამოდულო სისტემას, სანივნივო კონსტრუქცია შეირჩევა ტიპობრივი კონსტრუქციების სათანადო კატალოგებიდან.

10.4.1. სანივნივო კოჭები

სანივნივო კოჭები გამოიყენება 6, 9, 12 და 18 მ მაღის გადასახურავად. იმის მიხედვით, თუ როგორია სახურავის გადაწყვეტა კოჭები შეიძლება იყოს მუდმივი კვეთის (პარალელური ზედა და ქვედა თაროებით), ერთქანობიანი, ორქანობიანი: მთლიანკედლიანი ან კედელში ღიობებით (კომუნიკაციების გასატარებლად).

პარალელურთაროებიანი კოჭის უპირატესობაა ის, რომ მარტივია დასამზადებლად. გამოიყენება ჰორიზონტალური გადახურვისას. ერთქანობიანი კოჭები ძირითადად 6 ან 9 მ მაღის შემთხვევაში გამოიყენება, ისიც ძირითადად, შენობაზე მიშენებული ნაგებობის გადასახურავად. კოჭები ტეხილი ან მრუდხაზოვანი ზედა თაროთი ეკონომიურობის მიუხედავად არ არის გავრცელებული, დამზადების რთული ტექნოლოგიის გამო.

ყველაზე გავრცელებულია გადახურვის სანივნივო კონსტრუქცია – ორქანობიანი კოჭი. ზედა თაროს შუიდან საყრდენებისაკენ დახრია 1:12. თუ მცირე დახრის სახურავია საჭირო – 1:30. მიუხედავად იმისა, რომ საჭიროა არმატურის ცვლადი კვეთის კარკასის გამოყენება, ორქანობიანი კოჭი მასალების ხარჯვის მიხედვით ყველაზე ეკონომიურია 18 მ მაღის გადასახურავად. 12 მ-იანი ორქანობიანი კოჭები გამოიყენება როგორც განივი, ისე გრძივი მიმართულებით. 18 მ-იანი კოჭი – შენობის განივი მიმართულებით, რომლებზეც ეწყობა 3x6 მ ან 3x12 მ ზომის დახურვის პანელები.



ნახ. 58. ა...ზ – გადახურვის სანივნივო კოჭები; თ – ორქანობიანი კოჭის გაანგარიშებისას არმატურის საანგარიშო ფართობი მაღში: 1-დაძაბული არმატურა; 2-არმატურის კარკასი საყრდენთან; 3-ჩასატანებელი დეტალის ანკერები; 4-საყრდენთან განლაგებული ვერტიკალური ბადეები

მასალის ეკონომიისათვის კოჭების კვეთია T-სებრი ($l=6; 9$ მ) და I-სებრი ($l=12; 18$ მ). ზედა თაროს სიგანე აიღება მასზე დახურვის პანელის დაყრდნობის, ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის დროს მდგრადობის პირობიდან – $(1/50...1/60)l$. ეს დაახლოებით 200...400 მმ- ია. ქვედა თაროს სიგანე (200...300 მმ) აიღება მასში მუშა არმატურის განლაგების, წინასწარი დაძაბვისას აღძრული მკუმშავი ძაბვების ატანისა და სვეტზე დაყრდნობის პირობიდან. კოჭის ვერტიკალური კედლის სისქე აიღება 60...80 მმ დამზადების სიადვილისა და განივი არმატურის განლაგების პირობიდან. საყრდენებთან კოჭის ვერტიკალური კედელი (წიბო) სქელდება ქვედა თაროს სიგანემდე საყრდენი რეაქციის ასატანად და წინასწარ დაძაბული არმატურისაგან საანკერო ზონის სიმტკიცისა და ბზარმდეგობის უზრუნველსაყოფად. ბეტონი აიღება B22,5... B40 კლასის.

სანივნივო კოჭები იანგარიშება, როგორც ორ საყრდენზე თავისუფლად დაყრდნობილი T-სებრი კვეთის კოჭები, დახურვის ფილებისაგან გადმოცემული შეყურსული და საკუთარი მასით გამოწვეული თანაბრად განაწილებული დატვირთვის ზემოქმედებაზე. გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ მიუხედავად მალის შუაში მაქსიმალური მღუნავი მომენტის მოქმედებისა საშიში კვეთი, სადაც მეტი არმატურაა საჭირო, მდებარეობს სახურავის 1:12 დახრისას საყრდენიდან 0,37 l მანძილზე. ეს გამოწვეულია იმით, რომ მალის შუიდან საყრდენებისაკენ კვეთის სიმაღლე უფრო ინტენსიურად მცირდება, ვიდრე მღუნავი მომენტი.

10.4.2. სანივნივო წამწები

რკინაბეტონის სანივნივო წამწები, როგორც რიგელები გამოიყენება სამრეწველო და საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობებში 18, 24, 30 მ მალის გადასახურავად, 6 და 12 მ ბიჯით. უფრო დიდი მალის გადასახურავად წამწები არაეკონომიკურია, როგორც მასალის ხარჯის, ისე ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის თვალსაზრისით.

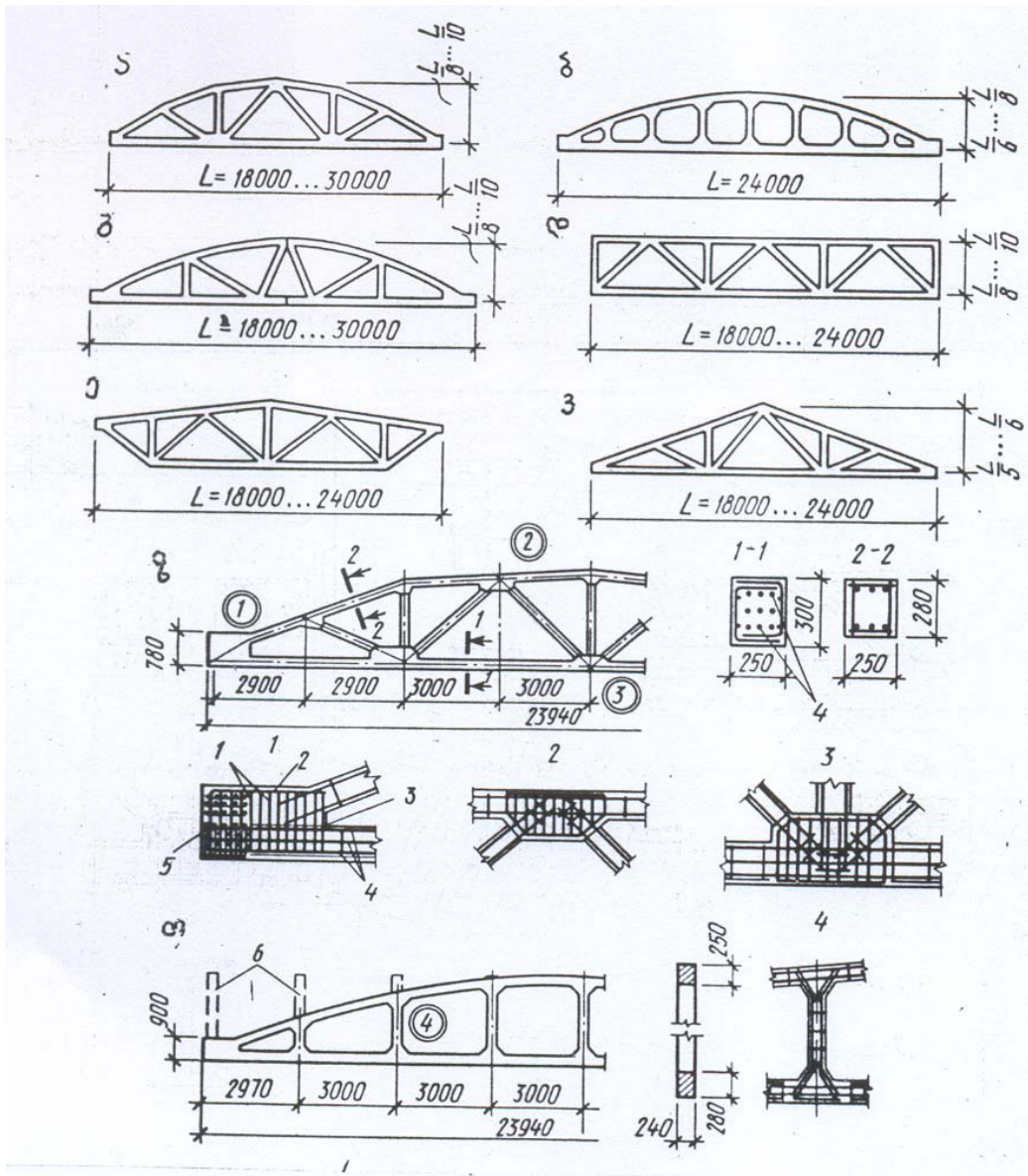
სანივნივო წამწის მოხაზულობა დახურვის სახეობაზე და მთელი შენობის გაერთმთლიანების პრინციპზეა დამოკიდებული. ძირითადად გამოიყენება წამწების ტიპობრივი სახეობები, თუმცა არატიპობრივი ნაგებობებისათვის შეიძლება დამზადდეს წამწის არატიპობრივი კონსტრუქცია (ნახ. 59).

59-ე ნახაზზე ნაჩვენებია სეგმენტური ირიბნებიანი წამწე ტეხილი ზედა სარტყლით, ზედა სარტყლის თაღური მოხაზულობის უირიბანო წამწე, ბრტყელი გადახურვისათვის პარალელურსარტყლებიანი ირიბნებიანი წამწე, არატიპობრივი გადაწვევებისათვის, თაღური წამწე შემცირებული რაოდენობის ირიბნებით, პოლიგონური, სამკუთხა, ქვედა ტეხილი სარტყლით.

სტატიკური მუშაობის თვალსაზრისით ყველაზე ხელსაყრელია სეგმენტური და თაღური ირიბნებიანი წამწები, რადგან მალის გასწვრივ სარტყლებში ძაღვები მცირედ იცვლება, ხოლო დგარებსა და ირიბნებში უმნიშვნელო სიდიდისაა. თუმცა თვით კონსტრუქციის დამზადება და დახრილი სახურავის მოწყობა საკმაოდ შრომატევადია. ამ მხრივ უფრო ხელსაყრელია თაღოვანი მოხაზულობის უირიბანო წამწე, რომელიც გარდა იმისა, რომ ადვილია დასამზადებლად, ხელსაყრელია წამწებს შორის სივრცის კომუნიკაციების განსათავსებლად და ტექნიკური სართულის მოსაწყობად (პარალელურსარტყლებიანი უირიბანო წამწე). ასეთი წამწების უარყოფითი მხარეა ის, რომ დგარებსა და სარტყლებში წარმოიქმნება მნიშვნელოვანი სიდიდის მღუნავი მომენტები, რომელთა ასატანად საჭირო ხდება კვანძებში დამატებითი არმატურის ჩალაგება.

რკინაბეტონის წამწების დაბეტონება ხდება ერთიანად (უირიბანო და მცირე მალის ირიბნებიანი წამწები) და წინასწარ დამზადებული ირიბნებითა და

დგარებით, რომლებიც ჩაიდგმება ყალიბებში არმატურის ნაშვერებით და შემდეგ ხდება ზედა და ქვედა სარტყლების დაარმატურება და დაბეტონება.



ნახ. 59. რკინაბეტონის სანივნივო წამწების კონსტრუქციები:

1-საყრდენი კვეთის განივი არმატურა; 2-კონტურის ღეროები; 3-დამატებითი ბადე; 4-დაძაბული არმატურა; 5-საყრდენთან განლაგებული ვერტიკალური ბადეები; 6-დგარები, ბრტყელი გადახურვის მოსაწყობად

წამწის სიმაღლე მალის შუაში აიღება $(1/6...1/10) L$. ზედა სარტყლის განივკვეთის სიგანე ფილების დაყრდნობისა და მონტაჟის, ასევე გადაზიდვის დროს თავისი სიბრტყიდან მდგრადობის პირობიდან აიღება $(1/70...1/80) L$. ქვედა სარტყლის კვეთის სიგანე იგივეა რაც ზედა სარტყლისა. კვეთის სიმაღლე აიღება გრძივი მუშა არმატურის განლაგების პირობიდან. ირიბნებისა და დგარების განივკვეთის ზომები და დაარმატურება შეირჩევა გაანგარიშებით, ოღონდ ჰორიზონტალური დაბეტონების გასაადვილებლად, კვეთის სიგანე აიღება ზედა და ქვედა სარტყლების სიგანის ტოლი.

წამწე მზადდება B22,5... B50 კლასის ბეტონისაგან. ქვედა, წინასწარ დაძაბულ სარტყელში გამოიყენება A-IV, A-V, A-VI, A_T-IV, A_T-V კლასის ღეროვანი არმატურა

და K-7 კლასის ბაგირები. ზედა სარტყელში და გისოსის ელემენტებში კი-ჩვეულებრივი A-II და A-III კლასის ღეროვანი არმატურისაგან დამზადებული შედუღებული კარკასები.

წამწე, როგორც სტატიკურად რკვევადი (ირიბნებიანი წამწეები), ისე სტატიკურად ურკვევი (უირიბნო წამწეები) იანგარიშება საექსპლუატაციო დატვირთვაზე და ძალებზე, რომლებიც წარმოიქმნება ტრასპორტირებისა და მონტაჟისას. დატვირთვა ბურულისაგან, დახურვის პანელისაგან, საკუთარი მასისა და თოვლისაგან, მოდებულია წამწის ზედა სარტყლის ირიბნებთან და დგარებთან შეერთების კვანძებში, როგორც შეყურსული ძალების სისტემა. შეკიდული ჭერის ან შეკიდული ამწის დატვირთვა მოდებულია ქვედა სარტყლის კვანძებში.

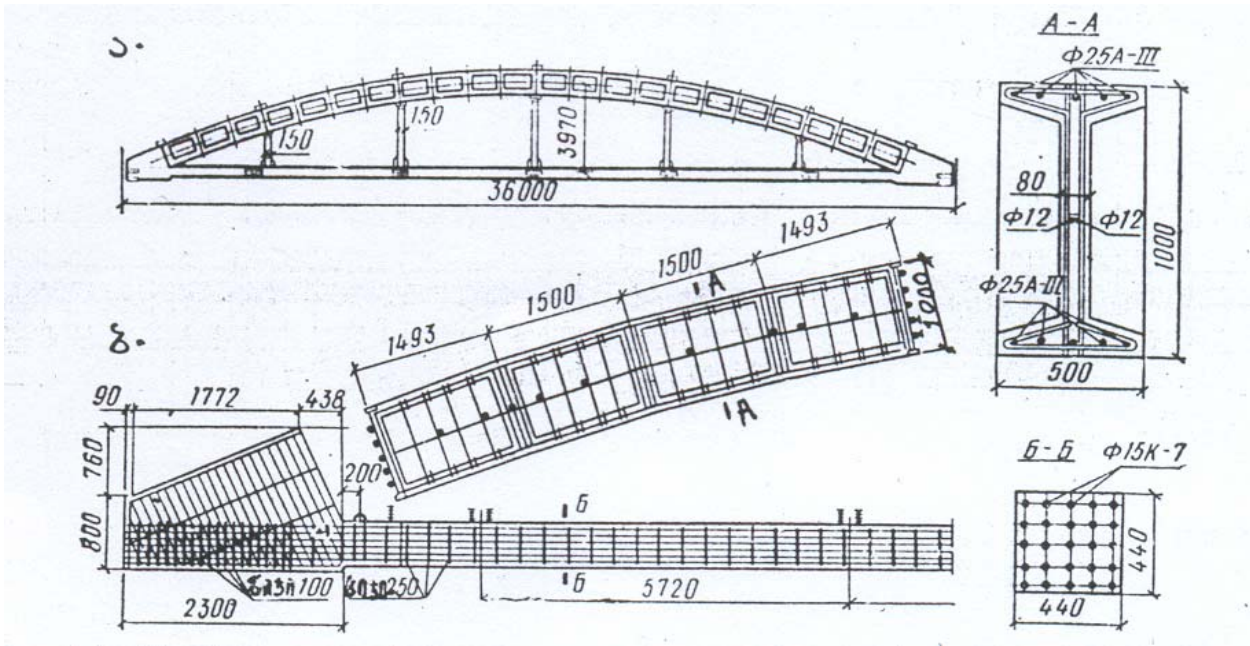
სტატიკური გაანგარიშებით გამოითვლება წამწის ელემენტებში აღძრული ძალები, რომელთა მიხედვით ხდება ამ ელემენტებში კვეთების გაანგარიშება. ზედა სარტყელი იანგარიშება, როგორც გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტი, შემთხვევითი ან საანგარიშო ექსცენტრისიტეტით, ქვედა სარტყელი, როგორც ცენტრალურად გაჭიმული, ხოლო დგარები და ირიბნები – კუმშვაზე ან გაჭიმვაზე. წამწეების გასაანგარიშებლად ეგმ-ისთვის შედგენილია პროგრამები, რომელთა გამოყენებით შესაძლებელია კონსტრუქციის ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა.

10.4.3. სანივნივო თაღები

რკინაბეტონის სანივნივო თაღი წარმოადგენს მრუდწირულ განბჯენიან კონსტრუქციას, რომლის საყრდენების გადაადგილება შეზღუდულია რკინაბეტონის ან ლითონის შემოჭოტით. შემოჭოტში წარმოიქმნება განმბჯენი ძალვა (გამჭიმავი ძალა), რომელიც უზრუნველყოფს თაღის გარეცენტრულ კუმშვაზე მუშაობას. უსახსრო თაღის გამოყენებისას განმბჯენი ძალვა ძირითადად გადაეცემა სპეციალურ საძირკვლებს.

ერთსართულიან სამრეწველო შენობაში რკინაბეტონის თაღები გამოიყენება საშუალო და დიდი მძალების გადასახურავად ($L \geq 30$ მ). მშენებლობის პრაქტიკაში ცნობილია ანგარების ან სპორტული დანიშნულების ნაგებობების 100 მ-ზე მეტი სიდიდის მძალების გადახურვის მაგალითები.

რკინაბეტონის თაღი შეიძლება იყოს სამსახსრიანი, ორსახსრიანი და უსახსრო. ძირითადად გამოიყენება ორსახსრიანი თაღი შემოჭოტით. თაღის მოხაზულობა სასურველია ემთხვეოდეს დატვირთვის წნევის წირს, რადგან ასეთ თაღში აღძრული მომენტები მინიმალური სიდიდისაა. პრაქტიკაში გამოიყენება წრიული მოხაზულობის თაღი, რომელიც დასამზადებლად ადვილია და შემადგენელი ელემენტების მინიმალური რაოდენობის ტიპოზომებია საჭირო. თაღი მზადდება ასაწყობი ან მონოლითური. ძირითადად გამოიყენება ასაწყობი თაღები (ნახ. 60,ა), რომელთა აწევის ისარი $f = (1/5 \dots 1/8)L$, განივი კვეთის სიმაღლე $h = (1/30 \dots 1/50)L$, ხოლო სიგანე $b = (0,4 \dots 0,5)h$. გამოიყენება მართკუთხა ან I-სებრი კვეთის, სიმეტრიულად დაარმატურებული. I-სებრი ელემენტის კედელში შეიძლება მოეწყოს ღიობი კომუნიკაციების გასატარებლად. ასაწყობი თაღების ცალკეული ელემენტები 6 მ სიგრძისაა. ისინი ერთმანეთს უკავშირდება არმატურის ნაშვერების აბაზანური შედუღებით, ნაკერების შემდგომი დამონოლითებით. თაღებზე დაეწყობა და ჩასატანებელი დეტალებით მიღუდდება 6...12 მ მაღის დახურვის პანელები, რომლებიც ამავე დროს ჰორიზონტალურ კავშირსაც წარმოადგენს. რკინაბეტონის შემოჭოტები სრულდება წინასწარ დაძაბული. შემოჭოტის ჩაზნექის შესამცირებლად მაღის ყოველ 6 მ-ზე ეწყობა ლითონის საკიდები.



ნახ. 60. რკინაბეტონის ორსახსრიანი თაღი შემკოჭით

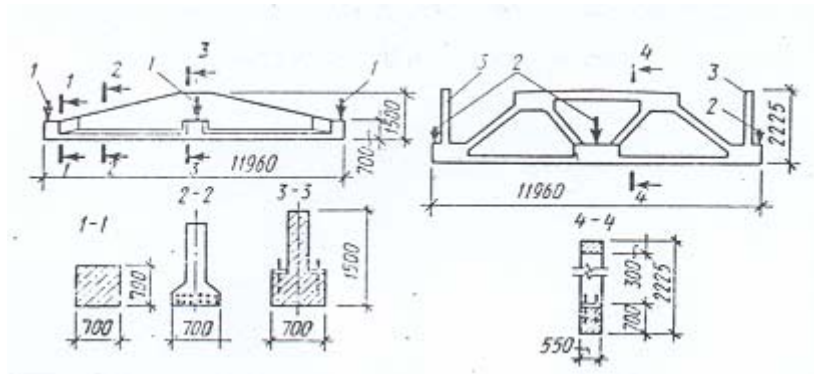
თაღების დასამზადებლად გამოიყენება B22,5..B40 კლასის ბეტონი. მუშა არმატურა A-III კლასის, შემკოჭი - წინასწარ დაძაბული A-IV და მაღალი კლასის ღეროვანი არმატურისაგან. გამოიყენება აგრეთვე, მავთულოვანი არმატურა Bp-II კლასის და ბაგირები - K-7, K-19.

თაღში აღძრული ძალები იანგარიშება სამშენებლო მექანიკის მეთოდებით, როგორც სტატიკურად რკვევადი (სამსახსრიანი თაღი) და ურკვევი (ორსახსრიანი და უსახსრო) კონსტრუქციები. დატვირთვა: საკუთარი მასის, დახურვის პანელების, ბურულის მასის და თოვლის განაწილებული დატვირთვა, შეკიდული ამწისაგან დატვირთვა თაღს გადაეცემა შეყურსული ძალის სახით.

სხვადასხვა დატვირთვისაგან თაღის ცალკეულ კვეთებში აღძრული ძალები ჩაიწერება ცხრილის სახით და დატვირთვების ყველაზე არახელსაყრელი შეხამებისათვის დადგინდება ძალების აბსოლუტური მნიშვნელობის მაქსიმალური სიდიდე. ამ ძალების მიხედვით თაღში, როგორც გარეცენტრულად შეკუმშულ ელემენტში, ხოლო შემკოჭში, როგორც ცენტრალურად გაჭიმულ ელემენტში (შემკოჭში აღძრული მომენტი სიმცირის გამო მხედველობაში არ მიიღება), სიმტკიცის პირობიდან შეირჩევა სათანადო არმატურა. შემკოჭი გაინაგარიშება ბზარმედგობაზეც. თაღის დაარმატურება მოცემულია ნახ. 60,ბ-ზე.

10.4.4. ნივნივქვეშა კონსტრუქციები

ნივნივქვეშა კონსტრუქციები ლაგდება შენობის გრძივი მიმართულებით სვეტებზე და წარმოადგენს შუალედური სანივნივე კონსტრუქციის ან დიდი ზომის დახურვის პანელის საყრდენს. ასეთი კონსტრუქციების მაღი ტოლია სვეტების ბიჯის - 12 ან 18 მ. ძირითადად გამოიყენება კოჭი ან წამწე (ნახ. 61). ნივნივქვეშა



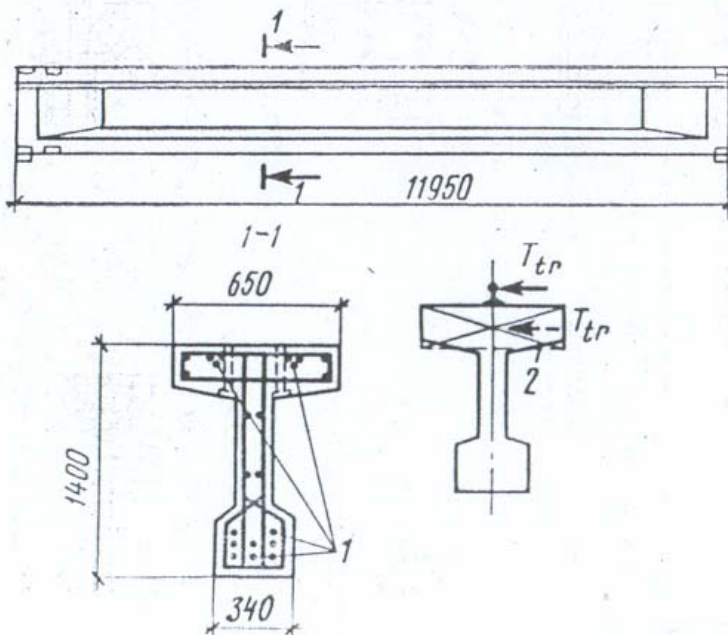
ნახ. 61. ნივნიექვეშა კოჭი და წამწე:
 1-სანივნივო კოჭების რეაქცია; 2-სანივნივო წამწეების რეაქცია;
 3-დგარები გადახურვის პანელების დასაყრდნობად

კონსტრუქციების გაანგარიშება, კონსტრუირება, გამოყენებული მასალები სანივნივო კოჭისა და წამწის ანალოგიურია.

10.5. რკინაბეტონის ამწისქვეშა კოჭი.

ერთსართულიან სამრეწველო შენობებში ამწისქვეშა კოჭი, რომელზედაც მოწყობილია ხიდურა ამწის სავალი გზა (რელსი), ეყრდნობა სვეტების მოკლე კონსოლებს (სვეტის გაგანიერებულ ნაწილს). რკინაბეტონის ამწისქვეშა კოჭი ლითონის ხარჯის მიხედვით ეკონომიკურია ფოლადის კოჭთან შედარებით (50%-მდე). გამოიყენება მხოლოდ საშუალო და მსუბუქი რეჟიმის (ტვირთამწეობა $Q \leq 30$ ტ) ხიდურა ამწეებისათვის. საშუალო და მძიმე რეჟიმის ამწეების დროს, როდესაც $Q > 30$ ტ-ზე, გამოიყენება ლითონის (ფოლადის) ამწისქვეშა კოჭი.

რკინაბეტონის ამწისქვეშა კოჭი, მისი მონტაჟის გასაადვილებლად, მზადდება, როგორც ორ საყრდენზე თავისუფლად დაყრდნობილი მუდმივკვეთიანი კოჭი (ნახ. 62). კოჭის მალი ტოლია სვეტების ბიჯისა - 6 ან 12 მ.



ნახ. 62. ამწისქვეშა კოჭის კონსტრუქცია:
 1- დაძაბული არმატურა; 2- საანგარიშო განივი კვეთი

კვეთის სიმაღლეა $(1/8...1/10)l$. 6 მ მაღის კოჭის განივკვეთის ფორმა T-სებრია. 12 მ მაღისას, გაჭიმული, წინასწარ დაძაბული არმატურის განლაგების პირობების მიხედვით საჭირო ხდება გაჭიმული ზონის გაგანიერება და ამიტომ გამოიყენება \bar{I} -სებრი კვეთი. ზედა, სიგანეში განვითარებული თარო გარდა იმისა, რომ მუშაობს კუმშვაზე, ზრდის კოჭის სიხისტეს ჰორიზონტალური მიმართულებით ამწის ურიკის დამუხრუჭების ძალის ასატანად და ადვილი ხდება ამწის სავალი გზის მონტაჟი, უმჯობესდება ხიდურა ამწის ექსპლუატაციის პირობები. ზედა თაროს სისქე აიღება $h'_f = (1/7...1/8)h$, სიგანე – $b'_f = (1/10...1/20)l = 500...650$ მმ. კოჭები მზადდება წინასწარ დაძაბული. გამოიყენება ბეტონი B22,5...B40 კლასის. არმატურა მაღალი კლასის დეროვანი (A-IV და მეტი), მავთულოვანი Bp-II კლასის და ბაგირი – K-7.

კოჭის დამაგრება სვეტზე ხდება კოჭის საყრდენზე ჩატანებული ფოლადის ფირფიტის ნახვრეტებში გატარებული ჭანჭიკების მეშვეობით, ქანჩის და საყელურის შემდგომი მიდუღებით. ამწის დამუხრუჭების ძალების სვეტზე გადაცემა ხორციელდება სიხისტის წიბოებით (ფოლადის ფირფიტა), რომლებიც სვეტისა და ამწისქვეშა კოჭის ლითონის ჩასატანებელ დეტალებზე მიედუღება. ამწის სავალი გზის (რელსის) კოჭის ზედა თაროსთან დამაგრება ხდება სპეციალური ფოლადის ზესადებებით და თაროში არსებულ ნახვრეტებში გატარებული ჭანჭიკებით.

ამწისქვეშა კოჭზე მოქმედებს კოჭის საკუთარი მასა (რელსის მასასთან ერთად) და ხიდურა ამწის თვლების ვერტიკალური დაწოლა. ჰორიზონტალური მიმართულებით მოქმედებს დამუხრუჭების ჰორიზონტალური ძალა, რომელიც რეალურად მოდებულია რელსის თავზე, მაგრამ საანგარიშო სქემაში იგულისხმება მოდებული კოჭის ზედა თაროს სისქის შუაში. გაიანგარიშება კოჭი სიმტკიცეზე და გამძლეობაზე (მოძრავი ამწის მრავალჯერადი დინამიკური ზემოქმედების გამო), აგრეთვე ბზარმედეგობასა და დეფორმაციაზე. ვერტიკალურ დატვირთვაზე საანგარიშო კვეთია T-სებრი ან \bar{I} -სებრი. დამუხრუჭების ძალაზე იანგარიშება კოჭის მხოლოდ ზედა თარო, ჰორიზონტალური მიმართულებით, როგორც ორ მეზობელ სვეტზე მიყრდნობილი კოჭი. ამწისაგან ამწისქვეშა კოჭზე გადმოცემული მოძრავი დატვირთვისაგან აღძრული მდუნავი მომენტისა და განივი ძალის გამოსათვლელად აიგება მოძრავი ერთეული ძალის გავლენის წირები და ორი ერთმანეთზე მიდებული ამწის თვლების არახელსაყრელი მდებარეობისათვის გამოითვლება სათანადო M და Q.

ამწისქვეშა კოჭის დაარმატურება ხდება ისევე, როგორც ნებისმიერი \bar{I} -სებრი კვეთის წინასწარ დაძაბული კოჭის.

10.6. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის რკინაბეტონის სვეტები

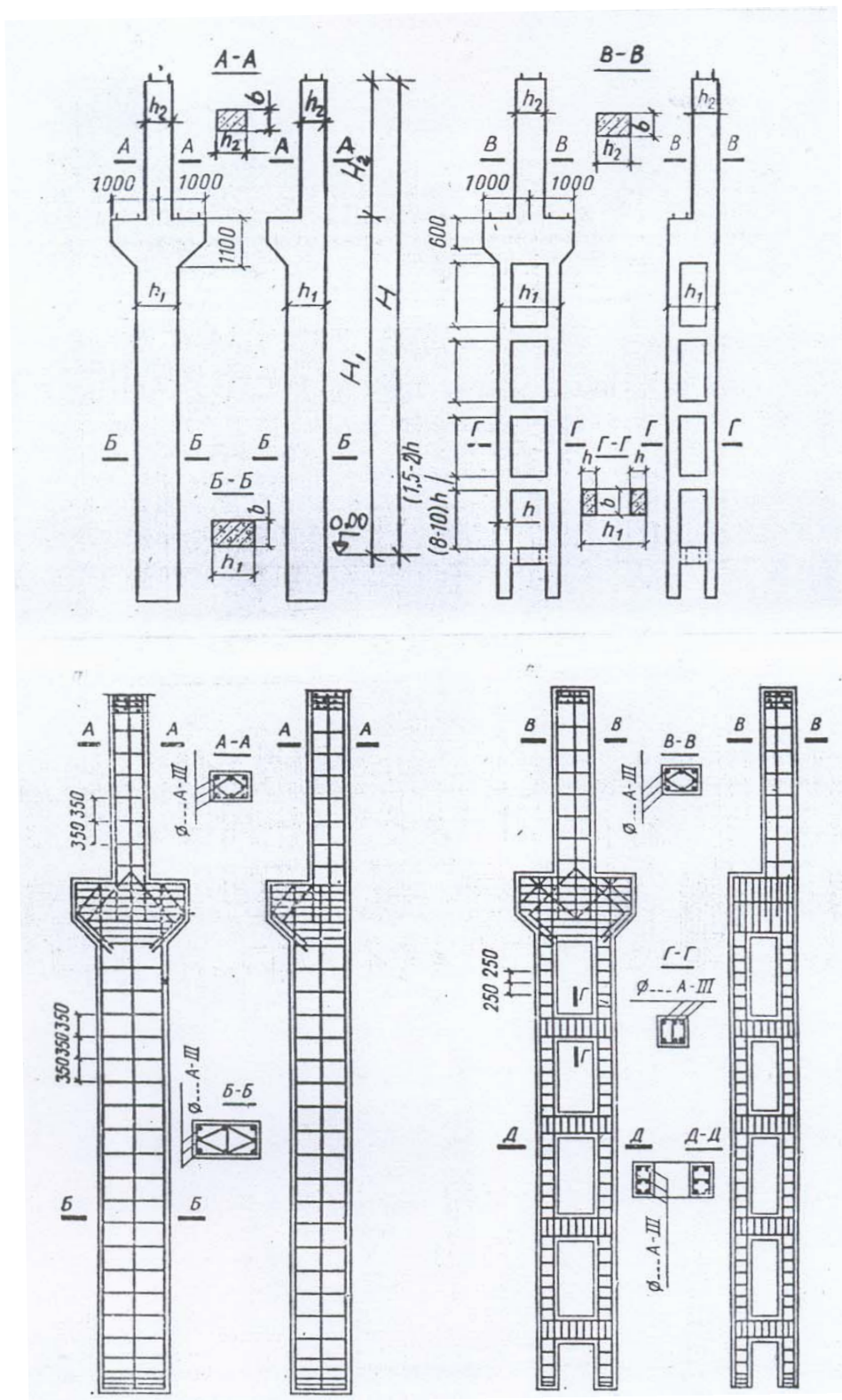
ერთსართულიან სამრეწველო შენობებში რკინაბეტონის ასაწყობი, ტიპობრივი კონსტრუქციის სვეტები გამოიყენება, როგორც განივი ჩარჩოს დგარები, იმ შემთხვევაში, თუ შენობის სიმაღლე $h \leq 18$ მ, სვეტების ბიჯი $b \leq 12$ მ და ამწის ტვირთამწეობა $Q \leq 50$ ტ. აღნიშნული პარამეტრების უფრო დიდი მნიშვნელობისას გამოიყენება ფოლადის შედგენილი სვეტები. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის კარკასის სვეტები შეიძლება იყოს მთლიანკვეთიანი და ორტოტა (ნახ. 63, ა,ბ). ორტოტა სვეტები მასალების ხარჯის მიხედვით უფრო ეკონომიურია, მაგრამ შედარებით რთულად დასამზადებელი. გამოიყენება ძირითადად მთლიანი, მართკუთხა კვეთის მოკლეკონსოლებიანი სვეტები. დამზადების ტექნოლოგიის სრულყოფის შემთხვევაში პერსპექტიულია \bar{I} -სებრი კვეთის სვეტების გამოყენება.

მთლიანკვეთიანი სვეტები გამოიყენება, როდესაც $H \leq 10,8$ მ, $B < 12$ მ და $Q \leq 30$ ტ. ორტოტა სვეტი ხელსაყრელია, როდესაც $H > 10,8$ მ, $B \geq 12$ მ და $Q > 30$ ტ, აგრეთვე, მთლიანკვეთიანი სვეტის ქვედა ნაწილის (განიერი ნაწილის) განივკვეთის, გაანგარიშებით მიღებული, სიმაღლე მეტია 1 მ-ზე. თუ შენობაში ხიდურა ამწე არ არის, სვეტები მიიღება მუდმივი კვეთის მთელ სიმაღლეზე. სვეტების საყალიბე ნახაზი და დაარმატურება მოცემულია 63-ე ნახაზზე. ტიპობრივ მთლიანკვეთიან სვეტებში კვეთის ზომები მიიღება სიმტკიცეზე და სიხისტეზე გაანგარიშებით და სვეტების ბიჯის (6 ან 12 მ) მიხედვით. განაპირა სვეტის ამწისზედა ნაწილის კვეთის სიმაღლე $h_2 = 360$ ან 600 მმ; შუა სვეტებში – $h_2 = 500$ ან 600 მმ. სვეტების განივკვეთის სიგანე ყველგან ერთნაირია და $b = 400, 500$ ან 600 მმ. მოკლეკონსოლებიანი სვეტის ამწისქვედა ნაწილის კვეთის სიმაღლე, ზიდვის უნარისა და სიხისტის მიხედვით, აიღება $h_1 = (1/10 \dots 1/14)H$. ორტოტა განაპირა სვეტის ამწისზედა ნაწილი ისეთივეა, როგორც მთლიანკვეთიან სვეტში. ქვედა ნაწილის კვეთის სიმაღლე სიმტკიცესა და სიხისტეზე გაანგარიშების მიხედვით: განაპირა სვეტში $h_1 = 1000 \dots 1300$ მმ, შუა სვეტში – $h_1 = 1200 \dots 1600$ მმ. კვეთის სიგანე ყველგან ერთნაირია $b = 500 \dots 600$ მმ, გარდა ამისა, უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას $b = (1/25 \dots 1/30)H$.

ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის სვეტები, როგორც წესი, საძირკველში ხისტად არის ჩამაგრებული, სვეტის კონსტრუქციის შესაბამისი ხერხით.

სვეტების გაანგარიშება ხდება განივი ჩარჩოს სიბრტყეში, როგორც საძირკველში ხისტად ჩამაგრებულ დეროსი (მთლიანკვეთიანი სვეტი) ან მრავალსართულიანი ჩარჩოსი (ორტოტა სვეტის ქვედა ნაწილი). სვეტები გაიანგარიშება აგრეთვე ჩარჩოს მუშაობის სიბრტყის მართობული მიმართულებითაც N_{\max} გრძივი ძალის შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტით მოქმედებაზე.

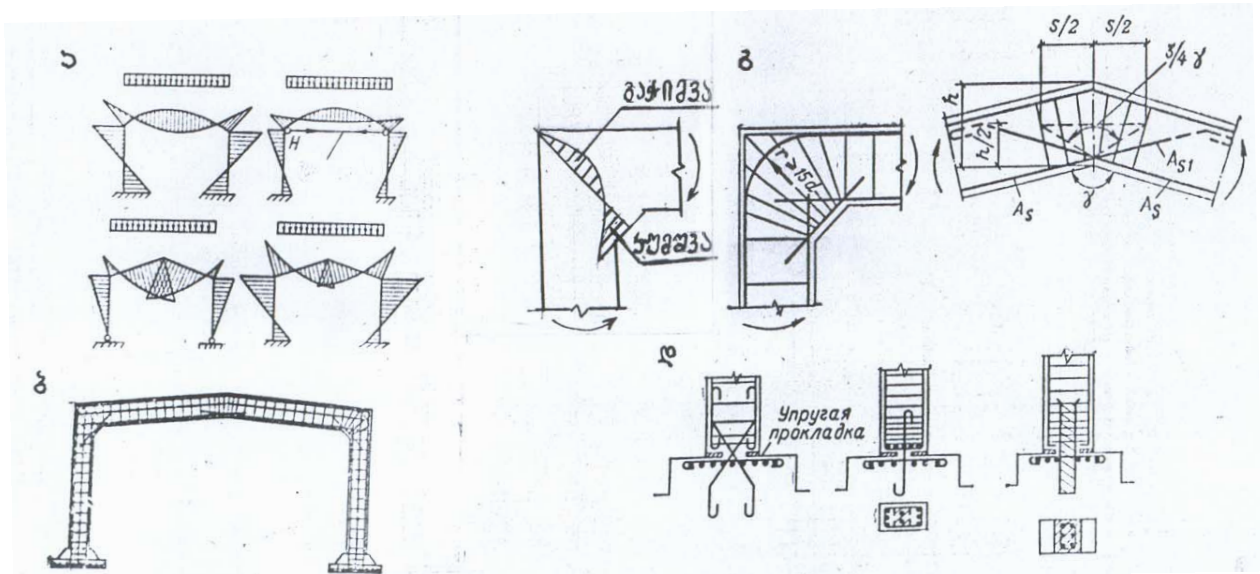
ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის სვეტების ქვეშ ეწყობა რკინაბეტონის საძირკვლები, რომლებიც დაპროექტდებიან, როგორც გარეცენტრულად დატვირთული ცალკეული საძირკვლები.



ნახ. 63. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის სვეტები:
 ა- მთლიანკვეთიანი სვეტი; ბ- ორტოტა სვეტი; გ- მთლიანკვეთიანი
 სვეტის დაარმატურება; დ- ორტოტა სვეტის დაარმატურება

10.7. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის მონოლითური კარკასი

ერთსართულიანი სამრეწველო შენობა რკინაბეტონის მონოლითური მზიდი კარკასით შედარებით იშვიათად (ძირითადად არასტანდარტული ზომებისა ან დატვირთვების შემთხვევაში) გამოიყენება.



ნახ. 64. ერთსართულიანი შენობის მონოლითური განივი ჩარჩო:

- ა-მონოლითური ჩარჩოს ვარიანტები რაციონალური კონსტრუქციის შერჩევისათვის;
- ბ-ჩარჩოს დაარმატურება;
- გ-კვანძების დაარმატურება;
- დ-სვეტის საძირკველში სახსრული ჩამაგრების ვარიანტები

ასეთ შენობებში ძირითადი მზიდი კონსტრუქციაა განივი ჩარჩო (ნახ. 64). მზიდი, განივი ჩარჩო წრფივი რიგელით გამოიყენება 12...15 მ მალეებისას, ტეხილი რიგელი შემოკლების გარეშე – 15...18 მ მალის შემთხვევაში, ხოლო, როდესაც მალი $L \geq 24$ მ – შემოკლით. ჩარჩო ტეხილი რიგელით ხელსაყრელია თხელკედლიანი სივრცითი გადახურვებისას (ძირითადად მოკლე ცილინდრული გარსები), როგორც დიაფრაგმა. შემოკლი, ეწინააღმდეგება დგარების თავის ჰორიზონტალურ გადაადგილებას, რითაც ამცირებს დგარებსა და რიგელებში მომენტებისა და განივი ძალების სიდიდეს. შესაბამისად, მცირდება ამ ძალების ზემოქმედება საძირკველზე.

განივი ჩარჩოს საძირკველთან შეერთება შეიძლება იყოს ხისტი და სახსრული. ძირითადად მიმართავენ ხისტ შეერთებას, მაგრამ თუ დგარებში აღიძვრება მნიშვნელოვანი სიდიდის ძალები, ხოლო გრუნტი შედარებით სუსტია, ჯობია სახსრული შეერთების მოწყობა.

მზიდი ჩარჩოს კონსტრუირებისას განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა კვანძების დაარმატურებას და სვეტის საძირკველში ჩამაგრების მოწყობას.

საკონტროლო საკითხები

1. რა პირობებში ხდება ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის გამოყენება.
2. რა და რა სახის ერთსართულიანი სამრეწველო შენობა იცით..
3. რომელი ელემენტებისაგან შედგება ერთსართულიანი შენობის კარკასი. განივი და გრძივი ჩარჩოები.
4. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის კონსტრუქციული სქემის გაერთმთლიანება, სვეტების როგორი ბადეები გამოიყენება და რაზეა დამოკიდებული შენობის სიმაღლე.
5. როგორია სვეტების მიბმა დაკვალების დერძებთან.
6. როგორ ხდება კარკასის სივრცითი სიხისტის უზრუნველყოფა განივი და გრძივი მიმართულებით. კავშირების სისტემა.
7. რომელი დატვირთვები მოქმედებს ერთსართულიანი შენობის კარკასზე.
8. განივი ჩარჩოს გაანგარიშების საფუძვლები. როდის არის საჭირო კარკასის სივრცითი მუშაობის გათვალისწინება სათანადო კოეფიციენტით.
9. რას წარმოადგენს დახურვის რკინაბეტონის პანელი. მისი სახეობები და გაანგარიშების პრინციპები. გამოხაზეთ წიბოვანი პანელის დაარმატურება.
10. როგორია სანივნივო კონსტრუქციები. მათი რეკომენდებული მაღლები.
11. დაახასიათეთ სანივნივო კოჭები, მათი კონსტრუქციული თავისებურებანი და გაანგარიშების პრინციპები.
12. დაახასიათეთ სანივნივო წამწები, მათი სახეობები, კონსტრუქციული თავისებურებანი და გაანგარიშების პრინციპები.
13. სანივნივე თაღების სახეობები, კონსტრუქციული თავისებურებანი და გაანგარიშების პრინციპები.
14. ნივნივკვეშა კონსტრუქციები. მათი საჭიროების დასაბუთება, სახეობები და განლაგება კარკასში.
15. როდის გამოიყენება რკინაბეტონის ამწისქვეშა კოჭები, როგორია განივი კვეთის ფორმები, მათზე მოსული დატვირთვისა და ძაღვების გამოთვლის სპეციფიკა.
16. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის სვეტების სახეობები, მათი კონსტრუირება და გაანგარიშების პრინციპები.
17. დაახასიათეთ ერთსართულიანი შენობის მონოლითური კარკასი. მათი გამოყენების დასაბუთება.

11. მრავალსართულიანი კარკასული და პანელური შენობების კონსტრუქციები

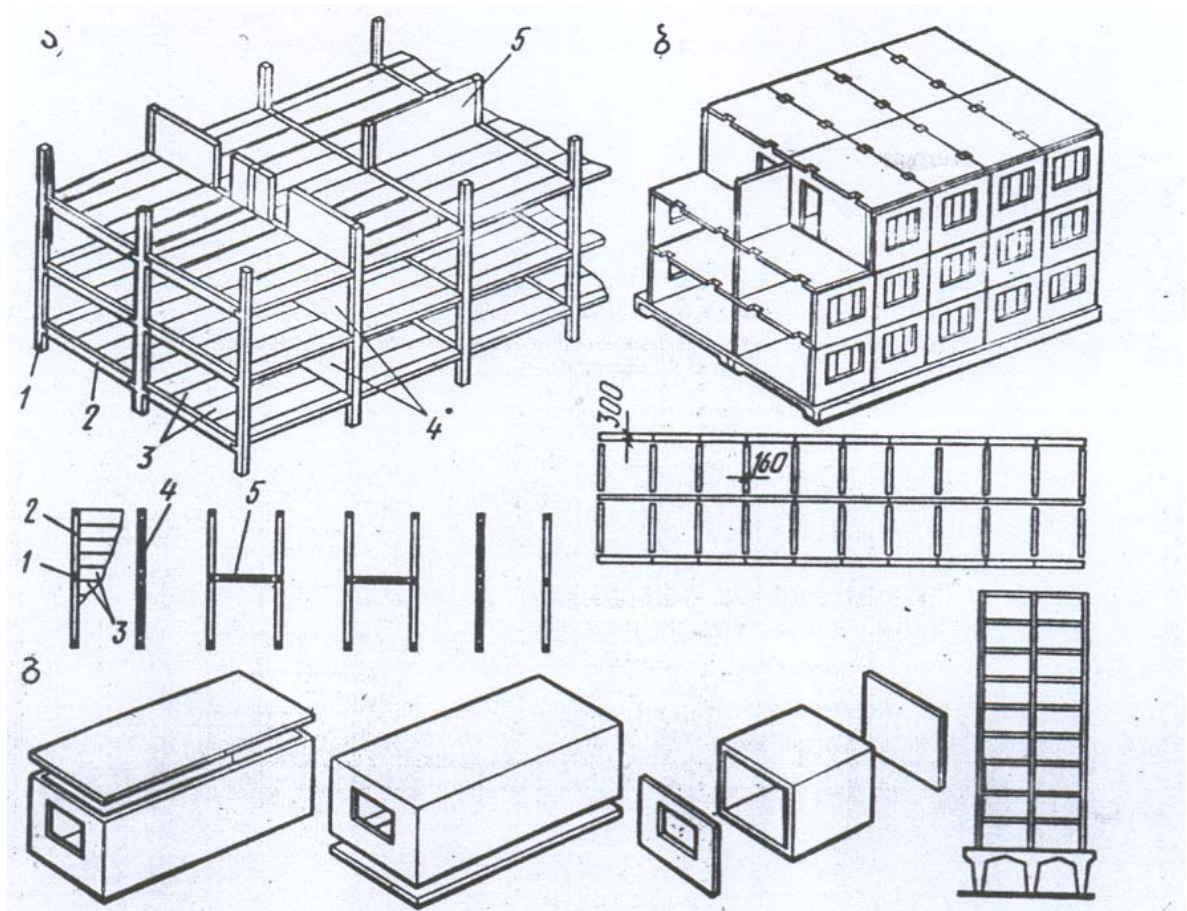
დიდ ქალაქებში მოსახლეობის მკვეთრი ზრდის გამო აუცილებელია სამოქალაქო, საზოგადოებრივი და სამრეწველო დანიშნულების შენობების სართულიანობის გაზრდა. მაგრამ, შენობის სართულების რაოდენობა უნდა დაინიშნოს ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზისა და ქალაქის პერსპექტიული განვითარების გეგმის მიხედვით. მრავალსართულიანი შენობები პირობითად იყოფა შემდეგ კატეგორიებად: I – 9...16 სართული (საერთო სიმაღლე $H < 50$ მ), II – 17...25 სართული ($50 < H < 75$ მ), III – 26...40 სართული ($75 < H < 100$ მ) და მაღლივი შენობები – 40 სართულზე მეტი ($H > 100$ მ). მსოფლიოს დიდ ქალაქებში საკმაო რაოდენობის 100..150 – სართულიანი მაღლივი შენობა აშენდა. მაღლივი შენობების მშენებლობა (მაგალითად, 100 – სართულიანის) თითქმის 10–ჯერ უფრო ძვირია, ვიდრე 8–სართულიანის, რაც გამოწვეულია კონსტრუქციული გადაწყვეტებისა და ექსპლუატაციის გართულებით, კომუნიკაციების განთავსების სირთულით (სალიფტე მეურნეობა, წყალმომარაგება, ვენტილაცია, ენერგოუზრუნველყოფა და ა.შ.). ასეთი შენობები ხელს უშლის ქუჩების განიავებას, მაღალია ხანძარსაშიშროება და სხვა, მაგრამ, მიწის გაძვირებისა და ადგილის სიმცირის გამო მაინც შენდება.

11.1. მრავალსართულიანი შენობების კონსტრუქციული სქემები

მრავალსართულიანი შენობები კონსტრუქციული სქემის მიხედვით შეიძლება დაიყოს კარკასულ, პანელურ, მოცულობით – ბლოკურ და კომბინირებულ შენობებად (ნახ.65). ნებისმიერი ტიპი შეირჩევა შენობის ფუნქციური დანიშნულების, ინდუსტრიული ბაზის არსებობის, შესაძლო სართულიანობის, ეკონომიკის და მშენებლობის წარმოების პირობების მიხედვით.

კარკასული შენობები გამოიყენება, როდესაც საჭიროა დიდი ფართობის სათავსების შექმნა, გადახურვაში ტექნოლოგიური ღიობების მოწყობა და სეისმურად აქტიურ ზონაში საწარმოო, საზოგადოებრივი და ადმინისტრაციული დანიშნულების შენობების მშენებლობა. კარკასული შენობის მზიდი კონსტრუქციაა რკინაბეტონის კარკასი (მაღლივ შენობაში – ფოლადის. უკანასკნელ ხანს, განსაკუთრებით მაღალი სიმტკიცის ბეტონის გამოყენებით – რკინაბეტონის). ნაგებობაზე მოქმედი მთელი დატვირთვა გადაეცემა მზიდ კარკასს, რომელიც უზრუნველყოფს შენობის სიმტკიცესა და მდგრადობას მასზე მოქმედი ნებისმიერი დატვირთვის ზემოქმედებისას. რკინაბეტონის კარკასი შედგება სვეტების, რიგელების, სიხისტის ვერტიკალური ელემენტების, დიაფრაგმების და სართულთშორის გადახურვისაგან (ნახ. 65,ა).

საცხოვრებელ სახლებში, სასტუმროებში საჭიროა შიგა კედლების ხშირი განლაგება. შიგა კედლები უზრუნველყოფენ სათანადო ბგერაიზოლაციას, ხოლო გარე კედლებს გარემოსაგან შემომზღუდავი ფუნქცია აქვს. ასეთი კედლები, მზადდება ძირითადად რკინაბეტონის პანელების სახით. სპეციალურად დატოვებული არმატურის ღეროებით უკავშირდება ერთმანეთს, დამონოლითდება წვრილმარცვლოვანი ბეტონით და წარმოიქმნება სივრცითი სისტემა, რომელიც გათვლილია შენობაზე მოქმედი ჰორიზონტალური და ვერტიკალური დატვირთვების ასატანად. ასეთ შენობებს პანელური ეწოდება (ნახ.65,ბ). 20 სართულამდე სიმაღლის შენობებში მათი გამოყენება შედარებით ეკონომიკურია,



ნახ. 65. მრავალსართულიანი შენობების კონსტრუქციული სქემები:
 1-სვეტი, 2-რიგელი, 3-სართულთშორისი გადახურვა, 4, 5-განივი
 და გრძივი დიაფრაგმები

მაგრამ შეზღუდულია არქიტექტურული გამომსახველობის მიხედვით, რადგან ნაგებობა გამოდის ერთფეროვანი და უსახო. 20 სართულზე მაღალ შენობებში უფრო ხელსაყრელია კარკასის გამოყენება ან დამატებითი, მონოლითური სიხისტის ბირთვის (ლიფტების შახტების, კიბის უჯრედების) გამოყენება, რომელიც დაპროექტდება ჰორიზონტალური დატვირთვების (ქარი, სეისმური ზემოქმედება) ასატანად.

პანელური შენობების შემდგომი განვითარების შედეგია მოცულობითი ბლოკები, დამზადებული ოთახის ან ბინის მოცულობის (ნახ.65.გ) და კომბინირებული კონსტრუქციები (პირველი ერთი ან ორი სართული კარკასი, ხოლო შემდეგი პანელური კონსტრუქციის სართულები). ასეთმა კონსტრუქციებმა ვერ პოვა გავრცელება, მათ შორის ვერც საქართველოში არქიტექტურულ-გეგმარებითი შესაძლებლობის შეზღუდულობისა და ძვირად ღირებული, სპეციალური საქარხნო ბაზის, სატრანსპორტო და სამონტაჟო მექანიზმების საჭიროების გამო.

11.2. მრავალსართულიანი სამრეწველო შენობების კონსტრუქციები

მრავალსართულიანი სამრეწველო შენობები გამოიყენება ისეთი საწარმოებისათვის, სადაც მოსახერხებელია ვერტიკალური საწარმოო პროცესები და მცირე მასისა და გაბარიტების დანადგარებია: კვების და ქიმიური მრეწველობის, ხელსაწყოთმშენებლობის, ლაბორატორიული და საწარმოთა

ადმინისტრაციული კორპუსები და სხვა. სამრეწველო შენობების საერთო რაოდენობის მეოთხედი მრავალსართულიანია.

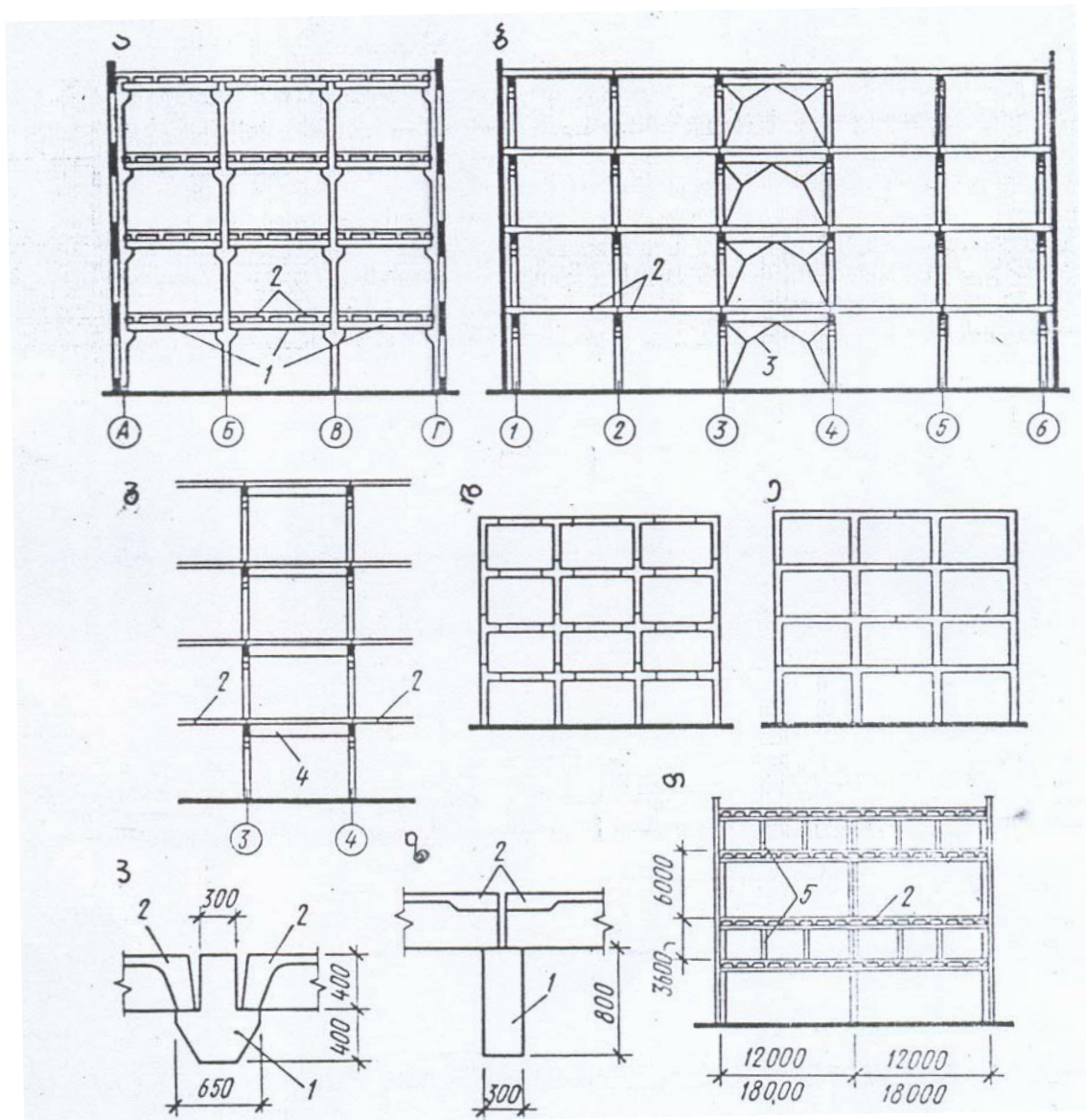
ტექნოლოგიური პროცესის შესაბამისად ასეთი შენობები 3...7- სართულიანია. სათანადო კონსტრუქციული უზრუნველყოფისა და ეკონომიკური გაანგარიშების საფუძველზე შესაძლებელია 8...10- სართულიანის მშენებლობა. შენობა ძირითადად კარკასულია, სადაც შენობის განივი მიმართულებით სიმტკიცესა და მდგრადობას უზრუნველყოფს განივი ჩარჩო ხისტი კვანძებით, ხოლო გრძივი მიმართულებით – სვეტებზე მოწყობილი ლითონის ვერტიკალური კავშირები ან სვეტებთან ხისტად ჩამაგრებული გრძივი მიმართულების რიგელები (ნახ.66). ელემენტების უნიფიკაციის და სტანდარტიზაციის მოთხოვნების მიხედვით სვეტების ბადე გეგმაში აიღება: 6x6, 9x6, 12x6 მ. მთლიანი შენობის სიგანეა 12...60 მ. სართულის სიმაღლე აიღება 1,2 მ-ის ჯერადი, ტექნოლოგიური პროცესის საჭიროების მიხედვით.

მრავალსართულიანი ასაწყოები ჩარჩოების დანაწევრება ხდება სხვადასხვანაირად. უფრო მეტად გავრცელებულია სწორ და ჯვარისებრ ელემენტებად დანაწევრება (ნახ. 66,დ), როდესაც სვეტისა და რიგელის პირაპირები გამოტანილია კვანძიდან მინიმალური მომენტის მოქმედების კვეთებთან. ხელსაყრელია დანაწევრება, როდესაც ასაწყოები კონსტრუქციის ტიპი მინიმალურია (ნახ. 66,ე). მეორე ვარიანტი სეისმურ ზონაში მშენებლობისას უფრო ხელსაყრელია, მაგრამ შედარებით რთული დასამზადებელი და გადასახიდი.

ასაწყოები სვეტები შეიძლება იყოს ერთი, ორი ან სამი სართულის სიმაღლის. პირაპირები ეწყობა ხისტი, მუშა არმატურის ნაშევრების აბაზანური შედუღების და შემდგომში დამონოლითებით. სვეტის განივკვეთის ზომებია 400x400 და 600x600 მმ. ბეტონი – B20... B50 კლასის.

ასაწყოები რიგელები მზადდება მართკუთხა ან \perp -სებრი განივი კვეთით. მართკუთხა რიგელზე გადახურვის პანელები ეწყობა ზევიდან, \perp -სებრი კვეთის რიგელზე – თაროზე დაყრდნობით (ნახ.66,ვ,ზ). რიგელები მაღლით 6 მ მზადდება წინასწარდაუძაბავი ან დაძაბული. შესაბამისად, ბეტონის კლასია B15... B25, რიგელები მაღლით 9 და 12 – მხოლოდ წინასწარ დაძაბული, ბეტონი B20, B30, B40 კლასის. გადახურვის გავრცელებული ელემენტია 1500 მმ სიგანის წიბოვანი პანელი, ძირითადად, წინასწარ დაძაბული. პანელები დამონოლითების შემდეგ ქმნიან ერთიან ხისტ დისკოს, გადასცემენ გრძივ ძალებს კავშირებს და ამავე დროს თითონაც უზრუნველყოფენ სივრცითი კარკასის მდგრადობას გრძივი მიმართულებით.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ტექნოლოგიური პროცესის პირობების მიხედვით, საჭიროა გეგმაში სვეტების დიდი ზომების ბადე (მაგალითად, უნივერსალის სავაჭრო დარბაზი, საგამოფენო დარბაზი და სხვა), მაშინ შენობა დაპროექტდება ერთი ან რამდენიმე წამწესშიგა სართულით (ნახ. 66,თ). აქ რიგელად გამოიყენება უირიბანო წამწეს პარალელური სარტყელებით, რომელიც სვეტებთან ხისტად არის დაკავშირებული. წამწესშიგა სართული გამოიყენება საწყოებად (მაგალითად, უნივერსალში) ან საწარმოო სათავსოდ. მრავალსართულიან სამრეწველო შენობებში, სადაც განთავსებულია ხორცკომბინატი, რძის პროდუქტების და თევზის გადამამუშავებელი საწარმოები, მაცივრები, გარაჟები და ა.შ., სადაც საჭიროა ბრტყელი ჭერი ტემპერატურისა და ჰაერის თანაბრად გასანაწილებლად, კოჭოვანი გადახურვის ნაცვლად გამოიყენება უკოჭო გადახურვა.



ნახ. 66. მრავალსართულიანი სამრეწველო შენობების კონსტრუქციები:

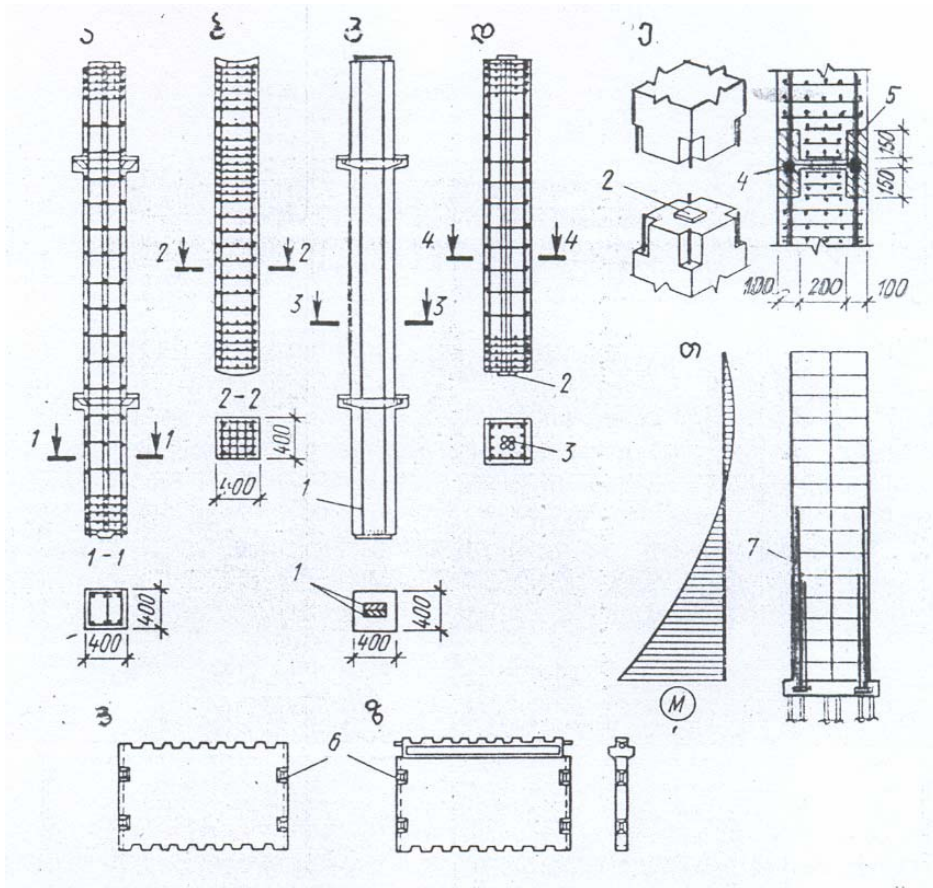
1-განივი ჩარჩოს რიგელი; 2-გადახურვის ფილები; 3-გრძივი, ვერტიკალური კავშირები; 4-გრძივი რიგელები; 5-პარალელურსართყელებიანი უირიბანო წამწები

11.3. მრავალსართულიანი სამოქალაქო შენობების კონსტრუქციები

სამოქალაქო მშენებლობაში მრავალსართულიანი შენობები გამოიყენება სავაჭრო დაწესებულებების (უნივერსალი), სასტუმროების, ადმინისტრაციული, საცხოვრებელი სახლების და ა.შ. მშენებლობისას. კონსტრუქციული გადაწყვეტა ძირითადად კარკასულია. ჩვეულებრივ, ეს არის ჩარჩოვანი ან ჩარჩოვან-კავშირებიანი სისტემა. ვერტიკალური მზიდი ელემენტი აქ არის სვეტი, დიაფრაგმა და სიხისტის ბირთვი. ეს ორი უკანასკნელი კავშირების როლსაც ასრულებს.

სვეტებად გამოიყენება უნიფიცირებული, ტიპობრივი კონსტრუქცია განივკვეთის ზომებით 400x400 მმ (ნახ.67,ა). რადგან ქვედა სართულების სვეტებზე დატვირთვა უფრო დიდია, ამიტომ მათი ზიდვის უნარის გასაზრდელად გამოიყენება მაღალი კლასის ბეტონი (B50...B60) და დაარმატურების მაღალი პროცენტი ($\mu\%=15\%$ -მდე) (ნახ.67,ბ,გ). თუ სართულების რაოდენობა 16-ზე მეტია,

შეიძლება ხისტი არმატურის (შველერი, I-სებრი სორტამენტის) გამოიყენება, ან მთელი სვეტის სიმაღლეზე კორიზონტალური ცალულების ნაცვლად – ირიბი დაარამტურება (ნახ.67,დ). ასაწობი სვეტის სიმაღლე შეიძლება 4 სართულის სიმაღლის იყოს, მაშინ ტრანსპორტირების, მონტაჟისა და ექსპლუატაციისას სიხისტის გასაზრდელად მას წინასწარ დაბავენ. სვეტების შეერთება ხდება არმატურის ღეროების ნაშევრების აბაზანური შედუღებით (ნახ. 67,ე).



ნახ. 67. მრავალსართულიანი სამოქალაქო შენობის კარკასის კონსტრუქციები:

1-ლითონის ზოლოვანი ფურცელი; 2-მაცენტრებელი სადები; 3-მაღალი სიმტკიცის არმატურის გულავი; 4-აბაზანური შედუღება; 5-დამატებითი ცალუდი; 6-სვეტებთან დამაკავშირებელი ჩასატანებელი დეტალი, რომელიც მუშაობს ძვრაზე; 7-წინასწარ დაძაბული არმატურა

დიაფრაგმები, რომლებიც ძირითადად კორიზონტალურ დატვირთვაზე მუშაობენ, მზადდება 140...180 მმ სისქის რკინაბეტონის პანელების სახით (ნახ. 67,ვ,ზ), თავსდება სვეტებს შორის და უკავშირდება მათ ჩასატანებელი დეტალების მიდუღებით. დიაფრაგმებია ბრტყელი და ორკონსოლიანი. პირველი ლავდება სივრცული ჩარჩოს გრძივი მიმართულებით, გადახურვის პანელების ღერძების პარალელურად, ხოლო ორკონსოლიანი – განივი მიმართულებით და უთავსდება რიგელს. დიაფრაგმის სვეტებთან მიერთების ნაკერების დამონოლითება ხდება ცემენტის დუღებით (ვერტიკალური ნაკერი) და წვრილმარცვლოვანი ბეტონით (კორიზონტალური ნაკერი). სართულების მიხედვით ერთრიგად განლაგებული დიაფრაგმები მთლიანად მუშაობს, როგორც მონოლითური სვეტები. დიაფრაგმების სისტემა უზრუნველყოფს მთელი შენობის სიმტკიცეს და სივრცულ სიხისტეს,

სეისმური ზემოქმედების დროს ეწინააღმდეგება გრესას. დიაფრაგმა ძირითადად განიცდის კუმშვას, მაგრამ მნიშვნელოვანი სიდიდის ჰორიზონტალური დატვირთვისას შეიძლება დიაფრაგმის ნაწილი გაიჭიმოს, მაშინ მას წინასწარ ძაბავენ (ნახ. 67,თ).

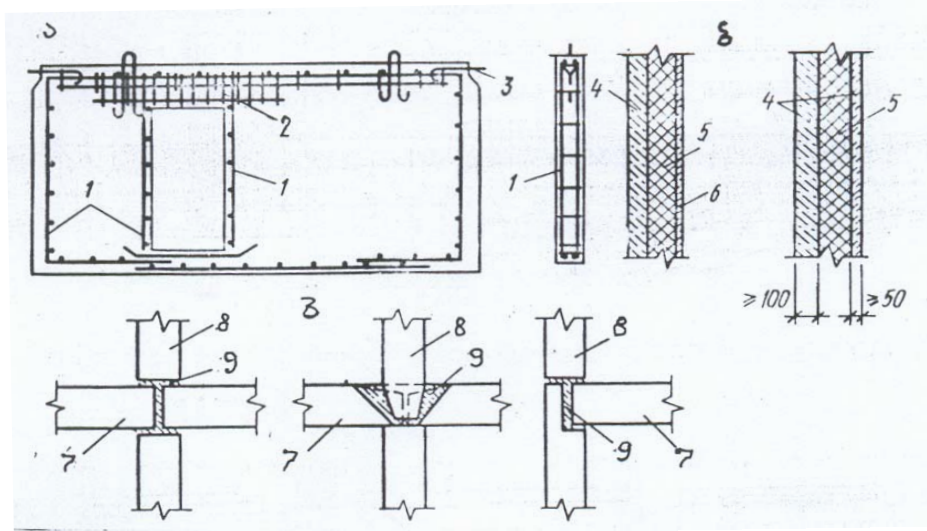
სიხისტის ბირთვი შეიძლება იყოს მონოლითური (ძირითადად) ან ასაწყობი. ეს არის კოლოფისებრი კვეთის, ჰორიზონტალურ დატვირთვაზე გაანგარიშებული რკინაბეტონის ვერტიკალური კონსტრუქცია (ლიფტების შახტა ან კიბის უჯრედი), რომელთან სახსრულად არის დაკავშირებული ჩარჩოს რიგელები. ეს უკანასკნელი მუშაობს მხოლოდ ვერტიკალურ დატვირთვებზე. გეგმაში რთული მოხაზულობის ან დიდი სიგრძის შენობაში შეიძლება იყოს რამდენიმე სიხისტის ბირთვი.

ჩარჩოს რიგელები და მათზე დაწყობილი პანელები ქმნიან ასაწყობ, კოჭოვან სართულთშორის გადახურვას. ძირითადად გამოიყენება მრავალსიღრუიანი პანელები, სისქით 220 მმ. დამონოლითების შემდეგ ძერაზე საიმედოდ მუშაობისათვის, პანელების კიდეებზე დატოვებულია ღრმელები, რომლებშიც დასამონოლითებლად ჩასხმული წვრილმარცვლოვანი ბეტონი გამყარების შემდეგ მუშაობს, როგორც სოგმანი.

ჩარჩოვან-კავშირებიან კარკასში გრძივი მიმართულების სვეტებს შორის ეწყობა წინასწარ დაძაბული ბრტყელი პანელები, რომლებიც ნაშვერებით ეყრდნობიან განივი მიმართულების რიგელებს და ასრულებენ კავშირების როლს.

საცხოვრებელი სახლების კონსტრუქცია, როდესაც საჭიროა ხშირად განლაგებული განივი და გრძივი მიმართულების კედლები, სრულდება რკინაბეტონის პანელებისაგან, რომლებიც საიმედო ნაკერების მოწყობით ქმნიან ხისტ სივრცულ სისტემას, რომელსაც შეუძლია აიტანოს შენობაზე მოსული დატვირთვები. ასეთი შენობები სრულდება უკარკასოდ.

პანელურ შენობებში შეიძლება იყოს განივი, გრძივი, ან ორივე მიმართულების მზიდი პანელები. განივი მიმართულების მზიდი კედლები უფრო ხელსაყრელია, რადგან მათზე ეყრდნობა სართულთშუა გადახურვის პანელი. ამ შემთხვევაში გრძივი მიმართულების გარეთა კედლები ასრულებენ მხოლოდ გარემოსაგან შემომზღუდავ ფუნქციას, ამიტომ რეკომენდებულია მსუბუქი ბეტონის გამოყენება. შიგა მზიდი კედლის პანელები (ნახ. 68) სრულდება B15 კლასის მძიმე ბეტონისაგან, ერთფენოვანი. პანელის სისქე მიიღება სიმტკიცის, ბგერაიზოლაციისა და ხანძარმდეგობის პირობიდან. დაარმატურება ხდება ბადეებით, პანელის ორივე სიბრტყესთან, კონსტრუქციული არმატურით, რომლის განივკვეთის ჯამური ფართობი პანელის კვეთის 1 გრძივ მეტრზე 0,2 სმ²-ის ტოლია. გარე არამზიდი საკედლე პანელები მზადდება ერთფენოვანი, მსუბუქი ბეტონისაგან, ხოლო მზიდი გარეთა პანელი – ორფენოვანი ან სამფენოვანი, რომლის ერთი ფენა მზიდია და მზადდება მძიმე ბეტონისაგან, სხვა ფენები ბგერა და თბოსაიზოლაცია. გადახურვის პანელები მრავალსიღრუიანია. კედლის მზიდი პანელების განლაგებისა და მათზე დაყრდნობის მიხედვით, გადახურვის პანელები იანგარიშება ოთხ, სამ ან ორ საყრდენზე თავისუფლად დაყრდნობილი ფილები. 68-ე ნახაზზე მოცემულია კედლის პანელებისა და გადახურვის ფილების შეერთება. შეერთების საიმედოობა უზრუნველყოფს შენობის სიმტკიცეს და სივრცულ სიხისტეს.



ნახ. 68. პანელური შენობების კონსტრუქციები:

ა-შიგა მზიდი საკედლე პანელი; ბ-გარე ორფა და სამფა მზიდი საკედლე პანელის კვეთი; გ-შიგა და გარე საკედლე პანელების და გადახურვის პანელების პირაპირები; 1-არმატურის ვერტიკალური კარკასი; 2-კარკასი - ზღუდარი; 3-არმატურის ნაშვერები მეზობელ პანელთან შედუღებით შესაერთებლად; 4-მძიმე ბეტონის ფენა; 5-თბოსაიზოლაციო ფენა; 6-მოპირკეთების ფენა; 7-გადახურვის პანელები; 8-კედლის პანელები; 9-ცემენტის ხსნარი

11.4. მრავალსართულიანი შენობის გაანგარიშების საფუძვლები

თანამედროვე მრავალსართულიანი შენობა წარმოადგენს რთულ სივრცულ სისტემას, რომელიც შედგება სხვადასხვა ელემენტისა და შეერთებისაგან, რომელთა პარამეტრები (სიხისტე, დეფორმაციები, ძაბვები და სხვა) იცვლება დატვირთვის პროცესში. ასეთი შენობების გაანგარიშება ყველა კონსტრუქციული თავისებურების, დატვირთვისა და ზემოქმედების ხასიათის გათვალისწინებით რთული ამოცანაა. ამიტომ რეალური ნაგებობა გაანგარიშებისათვის იცვლება შესაძლოდ მიახლოებული იდეალიზებული სქემით. დაპროექტებისას დეფორმირების მხოლოდ ძირითადი თავისებურებების გათვალისწინებისასაც კი, გაანგარიშებისათვის საჭიროა გამოთვლითი ტექნიკა. მოელ რიგ კონკრეტულ შემთხვევებში გამოიყენებენ შესაძლოდ გამარტივებულ საანგარიშო სქემებს. მაგალითად, შენობის სივრცულ სისტემას დაყოფენ შემადგენელ ნაწილებად და თითოეულს ანგარიშობენ ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად, უშუალოდ მათზე მოსულ დატვირთვაზე, როგორც ბრტყელ სისტემას. ამ შემთხვევაში, გაანგარიშების დროს დამპროექტებელს შესაძლებლობა ეძლევა გამოიყენოს კარგად ცნობილი ინჟინრული მეთოდები და დამხმარე ცხრილები. ასეთი მიდგომა ხშირად ნაყოფიერია კონსტრუქციებში ადრული ძაღვების წინასწარი, მიახლოებითი შეფასებისათვის.

მრავალსართულიანი შენობების კონსტრუქციები იანგარიშება დატვირთვების ძირითად და განსაკუთრებულ შეხამებაზე. ამასთან, საჭიროა მხედველობაში ვიქონიოთ, რომ 40 მ-ზე მაღალი შენობის გაანგარიშებისას ქარის სტატიკურ დატვირთვასთან ერთად გასათვალისწინებელია ამავე დატვირთვის დინამიკური ზემოქმედებაც. ანლოგიურად ხდება სეისმური დატვირთვის დინამიკური ეფექტის გათვალისწინება.

11.4.1. ჩარჩოვანი კარკასის გაანგარიშება

ჩარჩოვანი სისტემის კარკასის ინჟინრული გაანგარიშება ხდება შემდეგი თანმიმდევრობით: ანალოგიური კონსტრუქციების დაპროექტების გამოცდილების საფუძველზე წინასწარ დაინიშნება ელემენტების კვეთის გეომეტრიული ზომები. განისაზღვრება ყველა ის დატვირთვა, რაც შენობაზე მოქმედებს: სართულთშორის გადახურვაზე მოქმედი ვერტიკალური, მუდმივი და დროებითი დატვირთვები, როგორც ზედაპირზე თანაბრად განაწილებული, ხოლო ქარის და სეისმური დატვირთვა, როგორც ჰორიზონტალური, სართულთშორისი გადახურვის დონეზე მოდებული შეყურსული ძალების სახით. რიგელისა და სვეტების განივკვეთების ადრე დაინიშნული გეომეტრიული ზომების შემოწმება შეიძლება მიახლოებით ანგარიშით. მაგალითად, რიგელის კვეთს განსაზღვრავენ საყრდენი მომენტის მიხედვით

$$M = (0,6...0,7)M_0; \quad M_0 = (g + v)l_0^2 / 8.$$

აქ M_0 , ორ საყრდენზე თავისუფლად დაყრდნობილ კოჭში აღძრული მაქსიმალური მომენტია;

g და v – მუდმივი და დროებითი საანგარიშო დატვირთვა რიგელის 1 გრძივ მეტრზე;

l_0 – რიგელის საანგარიშო მალი;

კვეთის h_0 მუშა სიმაღლე და b სიგანე განისაზღვრება ფორმულით

$$h_0 = 1,8\sqrt{M/(R_b b)}; \quad b = (0,3...0,4)h.$$

სვეტის კვეთის ფართობი იქნება

$$A_{col} = (1,2...1,5)N/R_b;$$

კოეფიციენტი 1,2...1,5 ითვალისწინებს სვეტში მდუნავი მომენტის გავლენას; N , გრძივი ძალაა, გადმოცემული სვეტზე გადახურვის შესაბამისი ფართობიდან.

გაანგარიშების საფუძველზე მიღებულ სვეტისა და რიგელის გეომეტრიულ ზომებს დაიყვანენ უნიფიცირებულ ზომებზე და შეუთანხმებენ ერთმანეთს გამომდინარე კვანძის კონსტრუქციის მოწყობის შესაძლებლობიდან. შემდეგ იანგარიშება რიგელისა და სვეტების გრძივი სიხისტე, როგორც ბეტონის ელემენტებისათვის. მიღებული შედეგები შეჰყავთ კომპიუტერის სათანადო პროგრამაში და კვანძების დამყოლობის თუ სხვა ფაქტორების გათვალისწინებით გამოითვლება რკინაბეტონის კარკასის ელემენტებში აღძრული ძალები. ამ ძალების მიხედვით ელემენტის სიმტკიცისა და სიხისტის პირობიდან ხდება მუშა არმატურის განივკვეთის ფართობის განსაზღვრა და კონსტრუქციის სათანადო დაარმატურება.

მიახლოებითი ინჟინრული მეთოდით სივრცითი ჩარჩოვანი კარკასის გაანგარიშებისას, მას ყოფენ ცალკეულ ბრტყელ ჩარჩოებად და ანგარიშობენ უშუალოდ მათზე მოსულ ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ დატვირთვებზე.

ვერტიკალურ დატვირთვაზე გაანგარიშებისას, თუ კარკასული შენობის მრავალსართულიან და მრავალმალიან ჩარჩოებს აქვთ ტოლი სიდიდის ძალები (ან განსხვავებული 20%-მდე), სართულების ერთნაირი სიმაღლე და ერთნაირი დატვირთვა სართულებზე (რაც უმრავლეს შემთხვევაში ასეა), მაშინ ასეთი ჩარჩოების ყველა კვანძი განლაგებული ერთ ვერტიკალზე განიცდის დაახლოებით ერთნაირი კუთხით შემობრუნებას, რის გამოც წარმოიქმნება ერთნაირი კვანძური მომენტები, ხოლო მომენტების ეპიურის ნულოვანი წერტილები იქნება სართულის სიმაღლის შუაში (ნახ.69,ა). ამ შემთხვევაში მრავალსართულიანი ჩარჩო შეიძლება დაიყოს სამი ტიპის ერთსართულიან ჩარჩოებად (ნახ.69,ბ): ზედა, შუა და ქვედა სართულისა. თითოეული ამ ჩარჩოს გაანგარიშება შეიძლება ცხრილების [2] დახმარებით მუდმივი და დროებითი დატვირთვის ყველაზე არახელსაყრელი შეხამებისათვის.

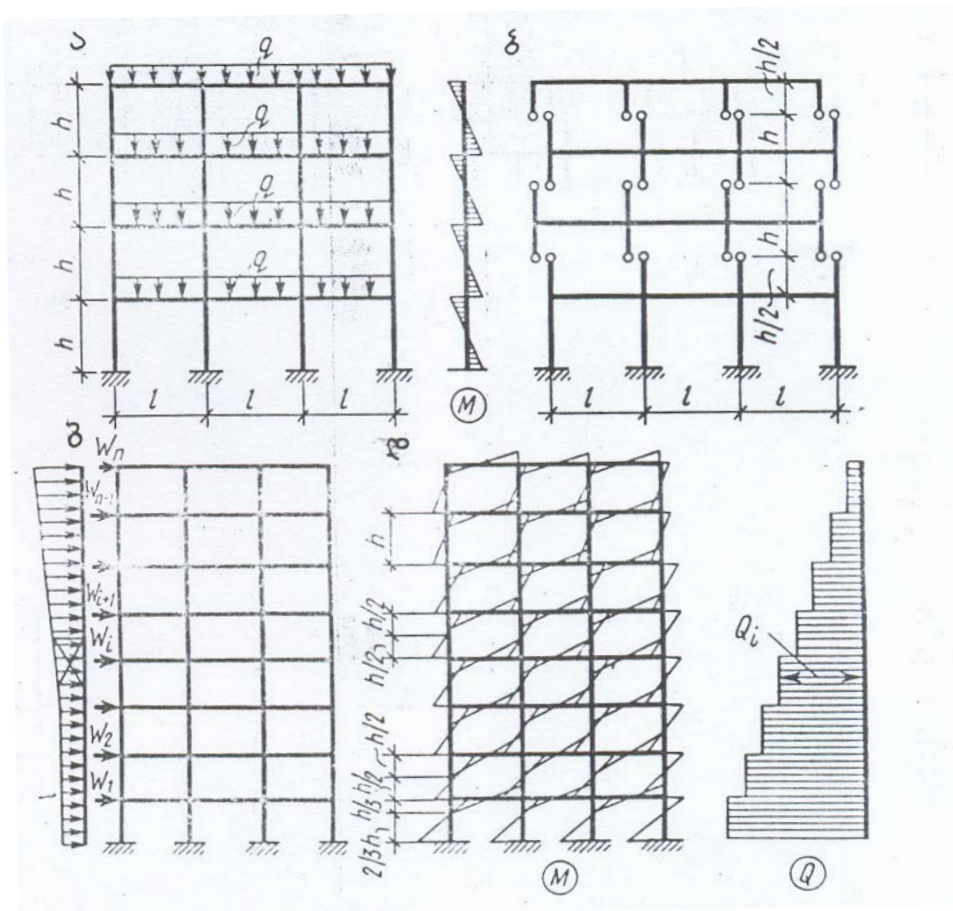
ჩარჩოს რიგელებში საყრდენებზე მღუნავი მომენტები გამოითვლება ფორმულით

$$M = (\alpha g + \beta V)l^2,$$

სადაც α და β ცხრილებში მოცემული კოეფიციენტებია შესაბამისად g მუდმივი და V დროებითი დატვირთვისათვის, დამოკიდებული მალეების რაოდენობაზე, დატვირთვის სქემასა და რიგელისა და სვეტის სიხისტეების შეფარდებაზე; l —რიგელის მალის ნომინალური ზომაა (სვეტების ღერძებს შორის მანძილი).

რიგელის მალში მომენტები განისაზღვრება, როგორც ორ საყრდენზე თავისუფლად დაყრდნობილ კოჭში, რომელზედაც გარდა გარე მუდმივი და დროებითი დატვირთვისა, ბოლოებზე მიღებულია უკვე განსაზღვრული საყრდენი მომენტები. დატვირთვის განლაგების სხვადასხვა შესაძლო ვარიანტებისათვის განისაზღვრება მღუნავი მომენტებისა და განივი ძალების მომენტები ეპიურები და მათი მაქსიმალური სიდიდეების მიხედვით, სიმტკიცის პირობიდან, გაიანგარიშება შესაბამისი კვეთები.

სვეტებში მღუნავი მომენტის სიდიდეები განისაზღვრება, როგორც კვანძში რიგელების საყრდენი მომენტების სხვაობა, განაწილებული სვეტების გრძივი სიხისტეების პროპორციულად. შემდეგ N გრძივი ძალისა და M მღუნავი მომენტის მიხედვით განაპირა და შუა სვეტები იანგარიშება, როგორც გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტები.



ნახ. 69. მრავალსართულიანი კარკასის, როგორც ჩარჩოს გაანგარიშებისათვის: ვერტიკალურ (ა, ბ) და ჰორიზონტალურ (გ, დ) დატვირთვაზე. M მომენტისა და Q განივი ძალის ეპიურები

ჰორიზონტალურ დატვირთვაზე ჩარჩოს ინჟინრული გაანგარიშება ხდება შემდეგნაირად: ერთ ბრტყელ ჩარჩოზე მოქმედი ქარის განაწილებული დატვირთვა იცვლება ეკვივალენტური შეყურსული W_i ძალებით, რომლებიც გამოთვლილია, როგორც i -ური სართულთშორისი გადახურვის ზევით და ქვევით, ნახევარი სართულებით და მარჯვნივ და მარცხნივ, ნახევარი ბიჯებით, შემოფარგლულ ფართობზე მოქმედი, განაწილებული ქარის დატვირთვის ტოლქმედი და მოდებულია ყოველი სართულთშორისი გადახურვის დონეზე (ნახ.68,გ). ამ შემთხვევაში ყველა სართულის სვეტებში, გარდა პირველი სართულისა, მღუნავი მომენტის ეპიურის ნულოვანი წერტილები მიახლოებით ითვლება განლაგებულად სართულის სიმაღლის შუაში. პირველი სართულის სვეტებში კი, ვითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ სვეტები საძირკვლებში ჩამაგრებულია ხისტად და მღუნავი მომენტის ეპიურის ნულოვანი წერტილები განლაგებულია ჩამაგრების კვეთიდან $(2/3)h$ მანძილზე (ნახ. 68,დ).

ნებისმიერი i -ურ სართულზე ჩარჩოში აღძრული Q_i განივი ძალა არის მის ზემოთ განლაგებული, ჩვენ მიერ უკვე გამოთვლილი, ჰორიზონტალური ძალების ჯამი

$$Q_i = W_i + W_{i+1} + \dots + W_{n-1} + W_n,$$

იგი ნაწილდება სართულის (იარუსის) სვეტებს შორის მათი სიხისტეების პროპორციულად

$$Q_{col} = Q_i B / \sum_1^m B_i.$$

აქ B , i -ური სართულის განსახილველი სვეტის სიხისტეა; m - i -ურ სართულზე სვეტების რაოდენობა, ხოლო B_i - i -ურ სართულზე განლაგებული ყველა, m რაოდენობის, სვეტის ჯამური სიხისტე.

ჩარჩოს განაპირა სვეტების კვანძებში ჩამაგრება უფრო დაბალი ხარისხისაა, ვიდრე შუა სვეტებისა, ამიტომ მათზე მოდის მთელს სართულზე აღძრული Q_i განივი ძალის ნაკლები წილი, რაც გათვალისწინებულია სპეციალური $\beta < 1$ კოეფიციენტით [2].

გამოთვლილი Q_{col} განივი ძალები მოდებულია სვეტების მღუნავი მომენტის ეპიურის ნულოვან წერტილებში, ამიტომ ყველა სართულის სვეტში, გარდა პირველი სართულისა, გამოითვლება მღუნავი მომენტის სიდიდე სვეტის სართულთშორისი გადახურვასთან შეერთების ზედა და ქვედა კვეთში

$$M_{col} = Q_{col} \cdot h/2.$$

პირველი სართულის სვეტების ზედა კვეთში M_{col1} და ქვედა კვეთში M_{col2} იქნება

$$M_{col1} = Q_{col} \cdot h/3; \quad M_{col2} = Q_{col2} \cdot 2h/3.$$

ამის შემდეგ ქარის ჰორიზონტალური დაწნევისაგან რიგელებში აღძრული საყრდენი მომენტები იანგარიშება კვანძების წონასწორობის პირობიდან.

ანალოგიურად გამოთვლება მრავალსართულიანი შენობა სეისმურ ზემოქმედებაზე. ჯერ დაეთვლით ყოველი სართულის გადახურვის დონეზე მასების ჯამურ სიდიდეს და შენობას წარმოვადგენთ, როგორც საძირკველში ხისტად ჩამაგრებულ კონსოლურ ღეროს სართულთშორისი გადახურვების დონეზე შეყურსული მასებით. ამ მასების შესაბამისი სეისმური ძალების გამოთვლის შემდეგ ისევე, როგორც ქარის დატვირთვაზე გაანგარიშებისას, მათ შეყურსული ძალების სახით მოვდებთ ჩარჩოს სართულთშორისი გადახურვის დონეზე და ვანგარიშობთ შესაბამის ძალებს. იმის მიხედვით, თუ ამ ორი სახის ჰორიზონტალური დატვირთვიდან (ქარის და სეისმური ზემოქმედების), რომელიც

იდლევა უფრო მეტ ძალებს, მას შევიტანთ საერთო დატვირთვების ცხრილში და ამ ძალების არახელსაყრელი შეხამებით, გამოვთვლით მაქსიმალურ ძალებს.

სათანადო მაქსიმალური ძალების მიხედვით რიგედი, როგორც ღუნვადი ელემენტი გაიანგარიშება M და Q ძაღვაზე ნორმალური და დახრილი კვეთების სიმტკიცის მიხედვით, ხოლო სვეტები, როგორც გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტები მღუნავი M მომენტისა და შესაბამისი გრძივი N ძალის მოქმედებაზე.

საკონტროლო საკითხები

1. როგორია მრავალსართულიანი შენობების გამოყენების მიზეზები. რა უარყოფითი თვისებები ახასიათებს ასეთ შენობებს.
2. როგორია მრავალსართულიანი შენობების კონსტრუქციული სქემები. მათი გამოყენების სფეროები.
3. მრავალსართულიანი სამრეწველო შენობები, სვეტების ბადე, მზიდი კარკასი და მისი დანაწევრების ვარიანტები.
4. მრავალსართულიანი სამოქალაქო შენობების მზიდი კონსტრუქციები, მათი კონსტრუქციული გადაწყვეტის სახეობები.
5. დიაფრაგმები და სიხისტის ბირთვები, როგორც მრავალსართულიანი კარკასის სიხისტის უზრუნველყოფის ელემენტები.
6. რა უპირატესობა და ნაკლი აქვს პანელურ სამოქალაქო შენობებს. შემადგენლობა.
7. მრავალსართულიანი შენობების მზიდი კარკასების და მათი ცალკეული ელემენტების ინჟინრული გაანგარიშების პრინციპები ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დატვირთვების მოქმედებაზე.

ნაწილი III
ქვისა და არმოქვის კონსტრუქციები

12. ქვის წყობის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები

12.1. ზოგადი ცნობები

ქვის კონსტრუქციები (ქვის წყობა) შედგება ბუნებრივი ან ხელოვნური ქვებისაგან, რომლებიც დუღაბის მეშვეობით გაერთიანებულია ერთიან, მონოლითურ სხეულად.

ქვის კონსტრუქცია მრავალი საუკუნის მანძილზე ერთ-ერთი მთავარი სამშენებლო მასალაა. საქართველოში დღემდე მოღწეულია მნიშვნელოვანი ნაგებობები: ტაძრები, თავდაცვის ციხეები, ხიდები და სხვა, რომლებიც აგებულია კირის დუღაბზე ბუნებრივი ქვის წყობით, რომელთაც დღემდე არ დაუკარგავს სათანადო სიმტკიცე. აგურის, კერამიკული ქვისა და ბეტონის ბლოკების ინდუსტრიული წესით დამზადებამ შესაძლებელი გახდა ხელოვნური ქვის წყობით აგებულიყო სამოქალაქო და სამრეწველო დანიშნულების ნაგებობები.

ქვის კონსტრუქციის დადებითი თვისებებია: ცეცხლმედეგობა, ხანგამძლეობა, კარგი თბო – და ბერაიზოლაცია და მცირე საექსპლუატაციო ხარჯები; ქვის მასალები ძირითადად ადგილობრივად მოიპოვება და მზადდება. უარყოფით თვისებებს მიეწერება: დიდი საკუთარი მასა და მშენებლობისას ხელით შრომის მნიშვნელოვანი დანახარჯები. ამ უკანასკნელის ნაწილობრივი გამოსწორება შეიძლება ქვის მსხვილი ბლოკების ან გამსხვილებული პანელების გამოყენებით, რომელთა ადგილზე დალაგება ხდება სათანადო მექანიზმების საშუალებით.

იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა ქვის კონსტრუქციის ზიდვის უნარის გაზრდა, გამოიყენება წყობის დაარმატურების მეშვეობით გაძლიერების სხვადასხვა მეთოდი. დაარმატურებულ წყობას ეწოდება არმოქვის კონსტრუქცია. ქვის წყობის დაარმატურებით შესაძლებელი ხდება მშენებლობაში გაფართოვდეს ქვის კონსტრუქციების გამოყენების სფერო.

12.2. ქვისა და არმოქვის კონსტრუქციების მასალები

ქვის მასალები. წყობისათვის გამოიყენება ბუნებრივი ქვის ცალკეული სწორი ფორმის ბლოკები და უფორმო ყორექვა, რომელთა მასა 40 კგ-მდეა და ხელოვნური ცალობითი ქვა და ქვის ნაკეთობები (აგური, კერამიკული ქვები, ბეტონის ბლოკები) დამზადებული საქარხნო პირობებში, რომელთა მასა შეზღუდულია სატრანსპორტო და სამონტაჟო მოწყობილობების შესაძლებლობებით.

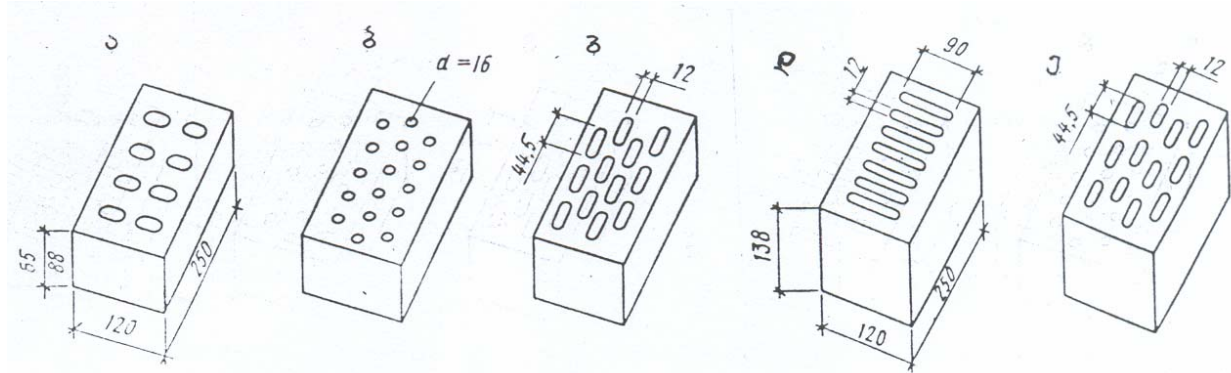
ქვის მასალების კლასიფიკაცია ხდება: 1) წარმოშობის მიხედვით; ა) ბუნებრივი ქვები, რომლებიც მოიპოვება ქვის კარიერებში, როდესაც სწორი ფორმის ბლოკები გამოიხერხება მთის ან დანალექი მტკიცე ქანების მასივებიდან; ყორექვა – ამ მასივების აფეთქების შედეგად ან სწორი ფორმის ქვების დახერხვისას ნარჩენების სახით; ბ) ხელოვნური ქვები ფორმებში დაწნეხილი თიხის გამოწვით (აგური, კერამიკული ქვები) და გამოწვის გარეშე დამზადებული (სილიკატური და წილისაგან დამზადებული აგურები, ბეტონის ბლოკები დამზადებული მძიმე და მსუბუქი ბეტონისაგან); 2) სტრუქტურის მიხედვით გვაქვს: ა) მთლიანი აგური და ქვის ბლოკები; ბ) ღრუ აგური და კერამიკული ქვა, სიდრუეთა სხვადასხვა ფორმით (ნახ. 70).

მძიმე, ბუნებრივი ქანების (კირქვა, ქვიშაქვა, გრანიტი, ბაზალტი, მარმარილო) ბლოკები ძირითადად გამოიყენება კედლების მოსაპირკეთებლად. მძიმე, დიდი ზომის ბლოკები გამოიყენება ლენტურ საძირკვლებში, ხოლო მსუბუქი ქანების ბლოკები (ტუფი, კირქვა, ნიჟარქვა) – მზიდ და ტიხრის კედლებში. ნებისმიერი

ქანის ყორექვა გამოიყენება საძირკვლებში ან ზოგჯერ, არასაპასუხისმგებლო შენობების კედლის წყობაშიც.

მზიდ კედლებსა და ბოძებში გამოიყენება ძირითადად აგური. აგური შეიძლება იყოს ჩვეულებრივი თიხის, მთლიანი ან ღრუ, სილიკატური, დიატომიტის ან ტრეპელის, პლასტიკური ან ნახევრად მშრალი დაწნეხით დამზადებული და კერამიკულის შემდგომი გამოწვით.

ჩვეულებრივ, უშვებენ 250x120x65 მმ ზომების კერამიკულ (თიხის) აგურს, მოდულურს კი – 250x120x88 მმ. ჩვეულებრივი აგური არის მთლიანიც და სიღრუეებიანიც. მოდულური – მხოლოდ სიღრუეებიანია (ნახ.70,ა,ბ,ვ). წყობის ხელით შესასრულებლად გამოიყენება აგრეთვე, 250x120x138მმ ზომების კერამიკული ქვები.



ნახ. 70. ღრუ აგური და კერამიკული ქვები:

ა-აგური ჩვეულებრივი, ნახევრად მშრალი დაწნეხის, არაგამჭოლი სიღრუეებით; ბ-კერამიკული აგური პლასტიკური დაწნეხის, მრგვალი სიღრუეებით; გ-იგივე, ღრეხოსებრი სიღრუეებით; დ-კერამიკული ქვა განივი სიღრუეებით; ე-კერამიკული ქვა გრძივი სიღრუეებით

განივი ან გრძივი სიღრუეებით (ნახ.70,დ,ე), ბეტონის მთლიანი ან ღრუ ბლოკები, ზომით 390x190x188 მმ, რომლებიც მზადდება, როგორც მძიმე, ისე მსუბუქი ბეტონისაგან. მძიმე ბეტონისაგან დამზადებულ მსხვილ ბლოკებს, ზომით 2380x400x580 მმ იყენებენ ძირითადად საკედლე წყობისათვის.

მზიდ კონსტრუქციაში გამოყენებული ქვის ძირითადი მახასიათებელია სიმტკიცე, რომელიც წარმოადგენს ნიმუშების დროებით წინაღობას კუმშვაზე (კგძ/სმ²). გარდა ამისა, ზოგჯერ საჭიროა განისაზღვროს ქვის სიმტკიცე გაჭიმვაზე ღუნვის დროს. წყობაში გამოიყენება ქვები მარკით 4-დან 1000 კგძ/სმ² (0,4...100 მგპა). წყობაში გამოიყენება B3,5... B30 კლასის ბეტონის ბლოკები. ითვლება, რომ ქვები მარკით 4...50 მცირე სიმტკიცისაა, მარკით 75...200 – საშუალო სიმტკიცის, ხოლო მარკით 250...1000 – მაღალი სიმტკიცის. ქვის მარკის ან ბეტონის კლასის შერჩევა ხდება ქვის კონსტრუქციის სიმტკიცის პირობიდან.

ქვის მასალებს გარდა სიმტკიცისა მოეთხოვება ყინვაძედეგობა, წყალუქონადობა, სიმკვრივე, სიღრუეთა გარკვეული პროცენტი და სხვა.

ღუღაბი (ხსნარი). ღუღაბი შედგება აქტიური მჭიდა მასალისაგან (ცემენტი, კირი, ცემენტ-კირი, ცემენტ-თიხა) და ინერტული (შემესები) ქვიშისაგან. გარკვეული რაოდენობის წყალია საჭირო, რომ მჭიდა მასალამ დაიწყოს გამკვრივება (ჰიდრატაცია), ხოლო მოხმარების (წყობის შესრულების) დროს იყოს საკმარისად პლასტიკური. ღუღაბი ცალკეულ ქვებს კრავს ერთ მთლიან მონოლითად (წყობად), გადასცემს რა გარე დატვირთვისაგან აღძრულ ძალებს

ერთი ქვიდან მეორეზე. ქვებს შორის ნაკერების შევსებით იგი უზრუნველყოფს წყობის მთლიანობას და იცავს შენობას ატმოსფერული ზემოქმედების (ქარი, წვიმა) შიგნით შეღწევისაგან. ცემენტიანი დუღაბი მოითხოვს მჭიდრო მასალის შედარებით მეტ ხარჯს, რადგან მცირე რაოდენობის ცემენტის დროს დუღაბი ხისტია და წყობისათვის ძნელად მოსახმარი. ასეთ დუღაბს ძირითადად მოიხმარენ საძირკვლებში და გრუნტის წყლების დონის დაბლა მოთავსებულ კონსტრუქციებში. დუღაბის ადვილად მოხმარებისათვის იგი უნდა იყოს პლასტიკური, რომ გაიშალოს წყობაში თხელ, თანაბარი სისქის ფენად, დაფაროს წყობის უსწორმასწორო ზედაპირი, რაც ზრდის წყობის ხარისხს და კალატოზის მწარმოებლობას. დუღაბის პლასტიკურობისათვის რეკომენდებულია მასში გარკვეული რაოდენობის პლასტიფიკატორის (კირი, თიხა, სპეციალური პლასტიფიკატორი) შეყვანა. სამწუხაროდ, ხშირად დუღაბის პლასტიკურობას ზედმეტი წყლის მეშვეობით აღწევენ, რაც ამცირებს დუღაბის სიმტკიცეს. ეს კი სეისმურ რაიონებში მშენებლობის დროს დაუშვებელია.

სიმტკიცის მიხედვით განასხვავებენ: მძიმე (სიმკვრივე მშრალ მდგომარეობაში 1500 კგ/მ³ და მეტი) და მსუბუქ (სიმკვრივე მშრალ მდგომარეობაში 1500 კგ/მ³ ნაკლები) დუღაბებს. მძიმე დუღაბისათვის შემვსებად იხმარება კვარცის და კირქვის ქვიშები, ხოლო მსუბუქისათვის – ტუფისა და პემზის ქვიშა.

გამყარების შემდეგ დუღაბი უნდა იყოს წინასწარ დანიშნული სიმტკიცის და გარემოს ზემოქმედების მიმართ მედეგი. დუღაბის სიმტკიცე ხასიათდება მარკით – დროებითი წინაღობით კუმშვაზე (კგ/სმ²) კუბებისა, რომელთა გვერდების ზომაა 70x70x70 მმ, გამყარების ვადა 28 დღე. ნორმებით დადგენილია დუღაბის მარკები 4...200 კგ/სმ² (0,4...20 მგპა).

დუღაბის მარკის დანიშნვა ხდება ნაგებობის ხანმედეგობის, სიმტკიცისა და ექსპლუატაციის პირობების გათვალისწინებით. შენობათა კედლების წყობაში უფრო ხშირად გამოიყენება 10...100 მარკის დუღაბები. დაარმატურებულ (არმოქვის) კონსტრუქციებში და შენობებში, რომლებიც სეისმურად აქტიურ რაიონში შენდება, გამოიყენება დუღაბი არანაკლები 25 მარკისა. ახლად დაგებული ან გაყინვის შემდეგ გაღებულ დუღაბის სიმტკიცე პრაქტიკულად ნულის ტოლია.

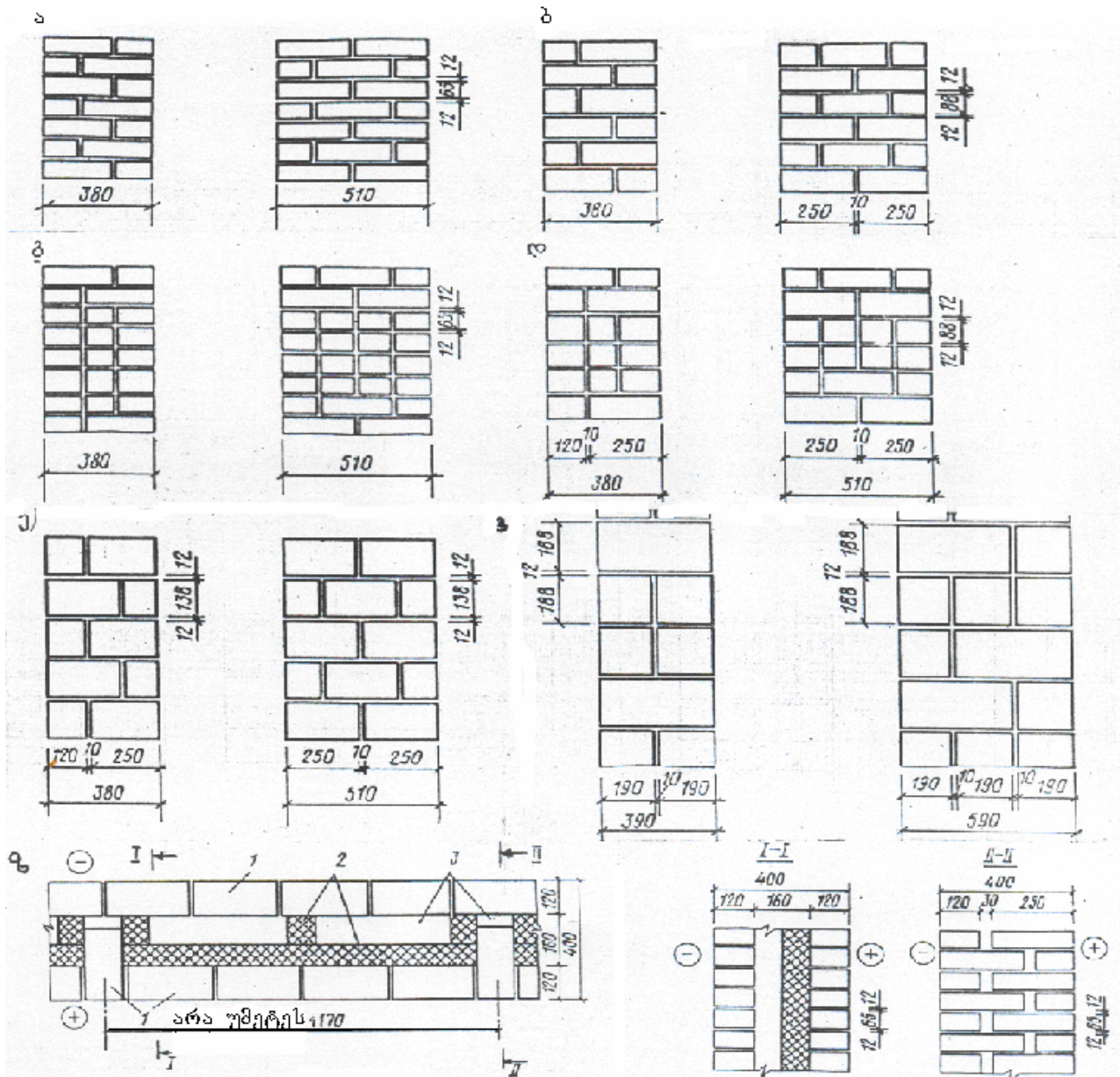
არმატურა. ქვის კონსტრუქციის დასაარმატურებლად (არმოქვის კონსტრუქციები) გამოიყენება: ბადეებით წყობის განივი მიმართულებით დაარმატურებისას – ცხლად გლინული გლუვი ზედაპირის, დეროვანი A–I კლასის არმატურა ($d=6...8$ მმ) ან პერიოდული პროფილის, B_p–I კლასის საარმატურე მავთული ($d=3...8$ მმ). წყობის გრძივი მიმართულებით კარკასებით დაარმატურებისას – გრძივ მუშა და განივ კონსტრუქციულ არმატურად გამოიყენება დეროვანი A–I და A–II კლასის არმატურა და B_p–I კლასის მავთულოვანი არმატურა დიამეტრით 5...8 მმ. ჩასატანებელი დეტალები, ფოლადის გარსაკრი საჭიროა დამზადდეს ფოლადის გლინული ფურცლებისა და სორტამენტისაგან.

12.3. აგურისა და ქვის ბლოკების წყობა

შიგა და გარე კედლების ქვის წყობის ტიპი და მასალა შეირჩევა მშენებლობის რაიონის კლიმატური პირობებისა და ადგილობრივი ქვის მასალის არსებობის მიხედვით, აგრეთვე შენობის დანიშნულებისა და სათავსების ტემპერატურულ-ტენიანობის რეჟიმის მიხედვით.

სტრუქტურის მიხედვით კედლის წყობა განსხვავდება: ქვის ერთი მასალით შესრულებული მთლიანი წყობა; მრავალფენოვანი, რომელიც შედგება ორი ან მეტი ფენისაგან და სრულდება ერთი ან სხვადასხვა ქვის მასალისაგან; შემსუბუქებული წყობა, სადაც მზიდი კედლის ნაწილი შეცვლილია იზოლაციის ფილებით – მსუბუქი ან უჯრედოვანი ბეტონის ბლოკებით. აგურის მთლიანი წყობა სრულდება გადაბმის ერთრიგა ან მრავალრიგა სისტემით (ნახ.71,ა,ბ,გ,დ). კერამიკული, ბეტონის

და ბუნებრივი ქვის წყობის გადაბმა ნაჩვენებია ნახ. 71,ე,ვ-ზე; შემსუბუქებული წყობის ერთ-ერთი ტიპი - ნახ. 71,ზ-ზე.

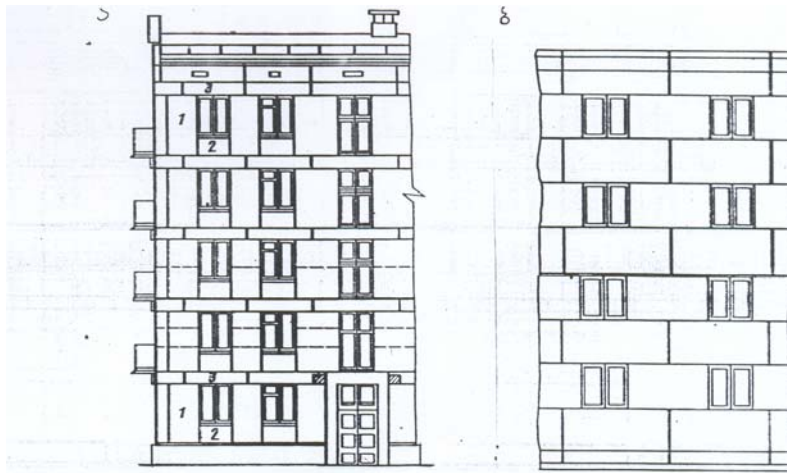


ნახ. 71. აგურის, ხელოვნური და ბუნებრივი ქვის წყობა:

- ა-წყობა ჩვეულებრივი აგურის ჯაჭვური გადაბმით; ბ-იგივე 88 მმ სისქის აგურისაგან;
 - გ-წყობა ჩვეულებრივი აგურის მრავალრიგა გადაბმით;
 - დ-იგივე 88 მმ სისქის აგურისაგან;
 - ე-წყობა ღრუ კერამიკული ქვისაგან;
 - ვ-ბუნებრივი ქვის ან ბეტონის ბლოკის წყობა; ზ-შემსუბუქებული წყობა.
- 1-აგური; 2-დამათბუნებელი მასალის ფილა; 3-სიცარიელე

მსხვილი ბლოკებით შესრულებული კედლების ჭრა დამოკიდებულია სართულის სიმაღლეზე, ფანჯრის ღიობების ზომასა და მშენებლობაზე არსებული ამწე-მექანიზმების ტვირთამწეობაზე. ორრიგა ჭრა (ნახ.72,ა) ძირითადი გადაწყვეტაა გარე მზიდი კედლის წყობისათვის. ორბლოკიანი (დენტური) ჭრა (ნახ.72,ბ) გამოიყენება თვითმზიდ გარე კედლებში. სამ და ოთხრიგა ჭრა (ნახ.72,ა-პუნქტირი) გამოიყენება მზიდ და თვითმზიდ გარე და შიგა კედლებში აგურის, ბუნებრივი

ქვის ან მცირე ზომის სილიკატური ბლოკებისაგან გამსხვილებული პანელების შემთხვევაში.



ნახ. 72. მსხვილი ბლოკებით აგებული შენობის ფასადის ფრაგმენტი:
 ა—ორრიგა ჭრა; ბ—ორბლოკიანი (ლენტური) ჭრა.
 1—შუაქედლისის ბლოკი; 2—ფანჯრისქვეშა ბლოკი; 3—ხელუდარის ბლოკი

12.4. დაუარმატურებელი წყობის სიმტკიცე და დეფორმაცია

ქვის წყობის სიმტკიცე დამოკიდებულია ქვისა და დუღაბის სიმტკიცესა და დეფორმირებადობაზე, ქვის ზომასა და ფორმაზე, დუღაბის პლასტიკურობაზე, პორიზონტალური და ვერტიკალური ნაკერების შევსების ხარისხზე, დუღაბის ქვასთან შეჭიდულობაზე, წყობაში ქვების გადაბმის სახეობასა და ხარისხზე, კალატოხის კვალიფიკაციასა და სხვა ფაქტორებზე.

ცდებით დადგენილია, რომ ცალკეული აგურები (ქვის ბლოკი), ცენტრალურად შეკუმშულ წყობაშიც კი, არ ეყრდნობა მეორე აგურის ზედაპირს მთელი ფართობით, რადგან არც აგურს აქვს იდეალურად სწორი ზედაპირი და არც დუღაბია პორიზონტალურ ნაკერში ერთნაირი სისქისა და სიმკვრივის. ამის შედეგია, რომ აგურის (ქვის) ზედა და ქვედა ზედაპირზე დაწნევა არათანაბრად არის განაწილებული და იგი განიცდის ღუნვას, გარეცხვას კუმშვას ან ახლეჩას, რის გამოც აღიძვრება გამჭიმავი ძაბვები. რადგან პორიზონტალურ ნაკერში დუღაბის ცოცვადობისაგან გამოწვეული განივი დეფორმაციები მნიშვნელოვნად აღემატება ქვის განივ დეფორმაციებს, ამიტომ ქვაში წარმოიქმნება დამატებითი გამჭიმავი ძაბვები, რაც უფრო მეტად ამცირებს წყობის სიმტკიცეს. პორიზონტალურ ნაკერში დუღაბის სისქის გაზრდით შეიძლება მიღწეული იქნეს აგურიდან აგურზე დატვირთვის თანაბარი გადაცემა, მაგრამ სქელი ფენის დუღაბი იწყებს დამოუკიდებლად კუმშვაზე მუშაობას და მისი შედარებით ნაკლები სიმტკიცის გამო, მცირდება წყობის სიმტკიცეც. ამიტომ ნაკერის ოპტიმალურ სისქედ იღებენ 10...12 მმ-ს. აგურის წყობაში წარმოქმნილი რთული დაძაბული მდგომარეობის გამო წყობის სიმტკიცე სუსტი დუღაბის გამოყენებისას შეადგენს აგურის სიმტკიცის 10...15%-ს, ხოლო მტკიცე დუღაბისას — 30...40%-ს. წყობის ვიბრირების შესაძლებლობის შემთხვევაში ხდება ნაკერების დუღაბით შევსება, იზრდება წყობის ხარისხი და სიმტკიცე (1,5...2-ჯერ).

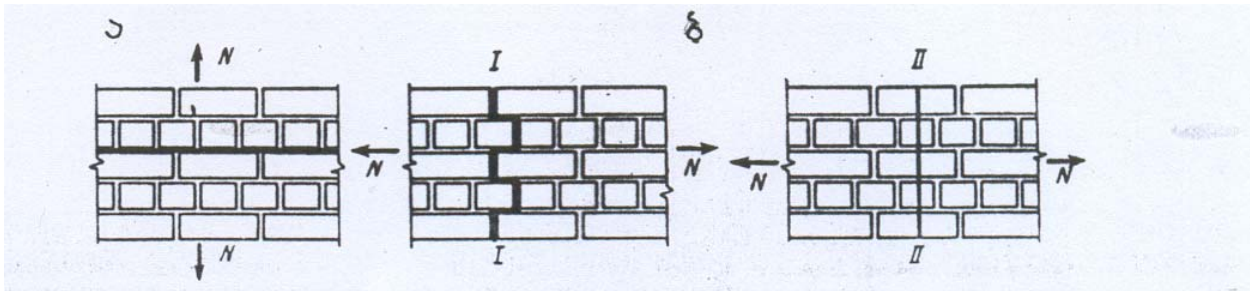
წყობის სიმტკიცესა და დეფორმაციაზე მსჯელობა ეფუძნება მრავალრიცხოვანი ცდების მონაცემებს. ნორმებით, წყობის სიმტკიცის ძირითად მახასიათებლებად მიღებულია: R_u დროებითი წინაღობა კუმშვაზე (სიმტკიცის ზღვრის საშუალო სიდიდე); R საანგარიშო წინაღობა დერძულ კუმშვაზე; R_t საანგარიშო წინაღობა დერძულ გაჭიმვაზე; R_{tb} საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე ღუნვის დროს (იგივეა, რაც მთავარი გამჭიმავი ძაბვა R_{bw}); R_{sq} საანგარიშო წინაღობა ჭრაზე.

R_u დროებითი წინაღობა კუმშვაზე მიიღება ქვისა და დუღაბის სხვადასხვა მახასიათებლიანი, დიდი რაოდენობის წყობის სტანდარტული ნიმუშების კუმშვაზე გამოცდით. R საანგარიშო წინაღობა დერძულ კუმშვაზე მიიღება R_u დროებითი წინაღობის უსაფრთხოების k კოეფიციენტზე გაყოფით ($R = R_u/k$). ყველა სახის წყობისათვის $k=2$.

ქვისა და დუღაბის მარკის (სიმტკიცის) მიხედვით წყობის R საანგარიშო წინაღობა დერძულ კუმშვაზე მკაბ-ობით, მოცემულია მე-15 დანართში.

ქვის სხვადასხვა კონსტრუქციის გაანგარიშებისას წყობის საანგარიშო წინაღობა, საჭიროების შემთხვევაში, მრავლდება მუშაობის პირობების γ_c კოეფიციენტზე, რომელიც დამოკიდებულია კონსტრუქციის სახეობაზე, ქვის მასალაზე, დუღაბის გამყარების პირობებზე და სხვა. მაგალითად, მცირე ფართობის კვეთის ბოძებისა და ზღუდარებისათვის, როდესაც $A \leq 0,3 \text{ მ}^2 - \gamma_c = 0,8$, ხოლო მსხვილი ბლოკებისა და ქვებისათვის, რომლებიც დამზადებულია მძიმე ბეტონისაგან - $\gamma_c = 1,1$.

საანგარიშო წინაღობები გაჭიმვაზე - R_t , გაჭიმვაზე ღუნვისას - R_{tb} (R_{tw}) და ჭრაზე - R_{sq} , დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორია წყობის რღვევის სქემა. წყობის გაჭიმვაზე მუშაობისას გამჭიმავი ძალის მოქმედების მიხედვით მოსალოდნელია რღვევის ორი შემთხვევა: რღვევა გადაუბმელ კვეთზე ანუ წყობის ჰორიზონტალურ ნაკერზე და გადაბმულ კვეთზე, ვერტიკალური ნაკერის გასწვრივ (ნახ.73).



ნახ. 73. წყობის რღვევის სქემა გაჭიმვისას:

ა-გადაუბმელ ნაკერზე; ბ-გადაბმულ ნაკერზე (I-I - რღვევა დუღაბზე;
II-II - რღვევა ქვაზე)

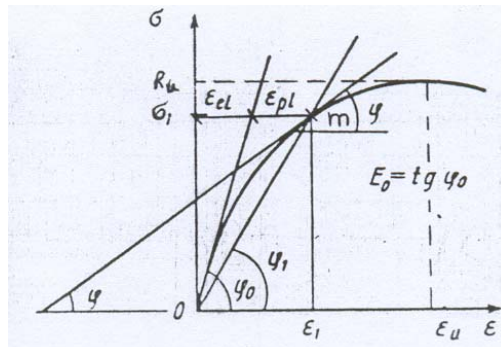
მეორე სახის რღვევის შემთხვევისას წყობის რღვევა შეიძლება მოხდეს დუღაბზე (I-I) ან ქვაზე (II-II). გადაუბმელ ნაკერზე წყობის სიმტკიცე დამოკიდებულია დუღაბის ქვასთან შეჭიდულობაზე და იგი ნაკლებია ვიდრე გადაბმული კვეთის სიმტკიცე, რომელსაც განსაზღვრავს დუღაბის ან ქვის სიმტკიცე.

გაჭიმვაზე ან გაჭიმვაზე ღუნვისას ქვის წყობა მუშაობს შესაბამისად: სითხის ცილინდრულ რეზერვუარში, გარეცენტრულად შეკუმშულ კედლებსა და ბოძებში, ხოლო ჭრაზე (ძვრაზე) - საყრდენი კედლის კონტრფორსებში, განაპირა ზღუდარებში და სხვა.

წყობის დეფორმაციის სურათს იძლევა σ ძაბვისა და ε ფარდობით დეფორმაციას შორის დამოკიდებულების გრაფიკი (ნახ. 74), სადაც ჩანს, რომ წყობა წარმოადგენს დრეკად-პლასტიკურ სხეულს, რადგან გარკვეული σ ძაბვის შესაბამისი ε_1 სრული დეფორმაცია არის ε_{el} დრეკადი და ε_{pl} არადრეკადი (პლასტიკური) დეფორმაციების ჯამი, ე.ი.

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{el} + \varepsilon_{pl}.$$

„ σ - ε “ დიაგრამის მიხედვით წყობა მხოლოდ მცირე სიდიდის დატვირთვისას ($0,2 R_u$ -მდე) მუშაობს დრეკად (გრაფიკის შესაბამისი მონაკვეთი უახლოვდება წრფეს). დატვირთვის შემდგომი გაზრდისას გრაფიკი მრუდდება, ე.ი. გამოვლინდება არადრეკადი ანუ პლასტიკური დეფორმაციები, რაც ძირითადად გამოწვეულია ნაკერებში დუღაბის ცოცვადობით.



ნახ. 74. აგურის წყობის კუმშვისას ძაბვისა და დეფორმაციას შორის დამოკიდებულება

დრეკადი დეფორმაციის მახასითებელია დრეკადობის საწყისი მოდული $E_0 = \sigma / \varepsilon$, რომელიც გეომეტრიულად გამოისახება, როგორც $E_0 = \text{tg } \phi_0$. ცდებით დადგენილია, რომ $E_0 = \alpha R_u$, სადაც α წყობის დრეკადი თვისებების გამთვალისწინებელი კოეფიციენტია. იგი დამოკიდებულია დუღაბის მარკასა და წყობის სახეზე და იცვლება 350...1000-ის ფარგლებში. დატვირთვის ზრდასთან ერთად მოდული მცირდება, რაც ჩანს ნებისმიერი σ_1 -ისა და ε_1 -ის მაგალითზე: იგი დამოკიდებული ხდება დატვირთვაზე და უდრის $E = \text{tg } \phi = d\sigma / d\varepsilon$. გამოთვლების გამარტივებისათვის დეფორმაციის მოდულად იღებენ დეფორმაციის მრუდის განსახილველ m და კოორდინატთა სათავის O წერტილებზე გატარებული წრფის მიერ აბსცისათა ღერძთან შექმნილი კუთხის ტანგენსს ე.ი. $E = \sigma_1 / \varepsilon_1 = \text{tg } \phi_1$. წყობის სიმტკიცეზე პრაქტიკული გაანგარიშებისას $E = 0,5 E_0$. გრძივი და განივი ძალების მოქმედებისას დეფორმაციაზე გაანგარიშებისათვის ან ქვის კონსტრუქციების რხევის პერიოდის გამოთვლისათვის $E = 0,8 E_0$. წყობის ფარდობითი დეფორმაცია გამოითვლება ფორმულით

$$\varepsilon = \nu \sigma / E.$$

აქ σ არის ε -ის შესაბამისი ძაბვა; ν - წყობაში ცოცვადობის გავლენის გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი. აგურის წყობისათვის $\nu = 2,2$.

12.5. ქვის წყობის კონსტრუქციების გაანგარიშება ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით

ქვისა და არმოქვის კონსტრუქციების გაანგარიშება ხდება ორი ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით: პირველი – სიმტკიცისა და მდგრადობის, მეორე – ბზარმდებლობის (ბზარების წარმოქმნა და გახსნა) და საერთო დეფორმაციების მიხედვით. პირველი ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშება სავალდებულოა ყოველთვის, ყველა სახის კონსტრუქციისათვის. მეორე ჯგუფის მიხედვით ხდება იმ კონსტრუქციების გაანგარიშება, სადაც არ დაიშვება ბზარების წარმოქმნა (რეზერვუარების მოპირკეთება) ან დასაშვებია ბზარების გახსნა მხოლოდ შეზღუდული სიდიდით (დიდი ექსცენტრისიტეტით მომუშავე გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტები). თუ დეფორმაციების სიდიდე შეზღუდულია ერთად მომუშავე კონსტრუქციების ერთობლივი მუშაობის პირობიდან (კარკასული შენობის თვითმზიდი კედლებით შევსება), მაშინ ანგარიში წარმოებს საერთო დეფორმაციების (ჩაღუნვის) მიხედვით. გაანგარიშების მიზანია კონსტრუქციის სათანადო კვეთის შერჩევა ან მოცემული კვეთების სიმტკიცის შემოწმება. გამოთვლილი ძაბვები, დეფორმაციები და ბზარის გახსნის სიდიდე არ უნდა აჭარბებდნენ ნორმებით დაშვებულ ზღვრულ სიდიდეებს.

12.5.1. ცენტრალური კუმშვა

ითვლება, რომ ცენტრალური კუმშვისას ძაბვები ელემენტის კვეთში განაწილებულია თანაბრად. ასეთი ელემენტების რღვევა დამოკიდებულია მის მოქნილობაზეც: მოკლე ელემენტები ირღვევა წყობის სიმტკიცის ამოწურვის შედეგად ($\sigma = R_u$), გრძელი (მოქნილი) ელემენტები – მდგრადობის დაკარგვით, როდესაც კრიტიკული ძაბვები ნაკლებია წყობის ზღვრულ წინააღობაზე ($\sigma_{cr} < R_u$).

ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშება ხდება ფორმულით

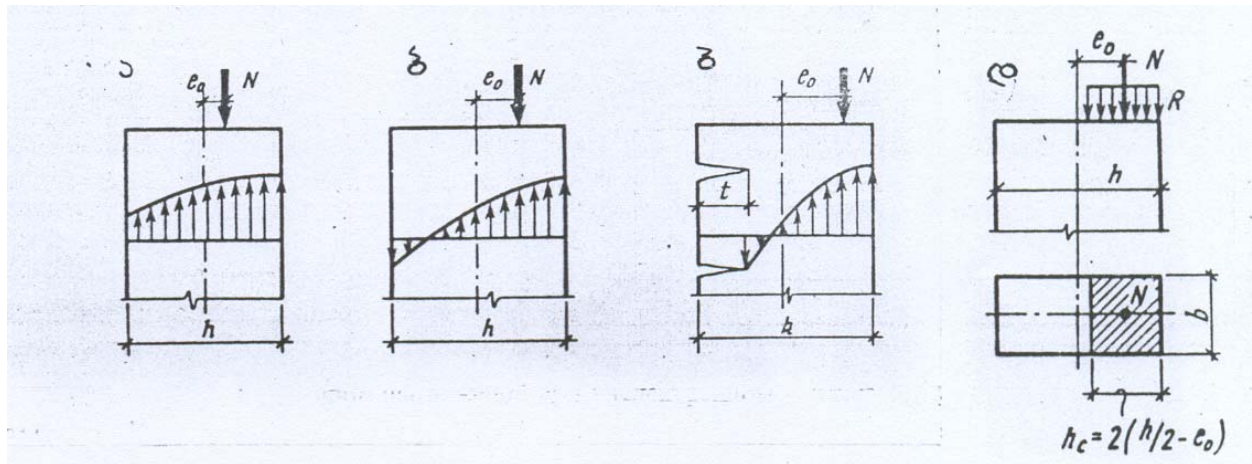
$$N \leq m_g \varphi R A, \quad (12.1)$$

სადაც N საანგარიშო გრძივი მკუმშავი ძალაა; m_g – წყობის ზიდვის უნარზე დატვირთვის ხანგრძლივი მოქმედების შედეგად გამოწვეული გაღუნვის გავლენის კოეფიციენტი, რომელიც ფაქტიურად ასახავს დუღაბის ცოცვალობის გავლენას; R – წყობის კუმშვაზე საანგარიშო წინააღობა; A – ელემენტის განივი კვეთის ფართობი; φ – გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი, დამოკიდებული წყობის დრეკადობის მახასიათებელზე და ელემენტის მოქნილობაზე ($\lambda_h = l_0/h$); m_g და λ_h სიდიდეები განისაზღვრება ნორმების სათანადო ცხრილების მიხედვით.

ცენტრალურად შეკუმშული დაუარმატურებელი ელემენტების კვეთების შერჩევა ხდება თანდათანობით მიახლოებით. დაინიშნება ნორმების შესაბამისად ქვისა და დუღაბის სახეობა, მარკა, მე-15 დანართის მიხედვით მოინახება წყობის საანგარიშო სიმტკიცე კუმშვაზე. პირველი მიახლოებით დაინიშნება $m_g=1$ და $\varphi=0,9$ და სიმტკიცის (12.1) ფორმულიდან განისაზღვრება კედლის ან ბოძის განივი კვეთის ზომები. დადგენილი გეომეტრიული ზომების მიხედვით გაიანგარიშება ელემენტის მოქნილობა, შესაბამისი ცხრილის მეშვეობით დაზუსტდება m_g და φ -ს მნიშვნელობა და გაანგარიშება ჩატარდება ხელმეორედ. წყობის პარამეტრების წინასწარ დაინიშნული სიდიდეები პრაქტიკული გაანგარიშების გამოცდილების შედეგად აიღება, ამიტომ მეორე მიახლოება ძირითადად დამაკმაყოფილებელ შედეგს იძლევა.

12.5.2. გარეცენტრული კუმშვა

გარეცენტრულ კუმშვაზე მუშაობს ქვის კონსტრუქცია, როდესაც გრძივი მკუმშავი ძალა მოდებულია კვეთის სიმძიმის ცენტრის გარეთ. ცდებით დადგენილია, რომ კვეთის დაძაბული მდგომარეობა დამოკიდებულია გრძივი ძალის ცენტრიდან დაშორების (e_0 ექსცენტრისიტეტის) სიდიდეზე. მცირე ექსცენტრისიტეტისას მთელი კვეთი შეკუმშულია, მაგრამ დაბევბი განაწილებულია არათანაბრად. ექსცენტრისიტეტის გაზრდით ნაკლებად შეკუმშულ კიდესთან შეიძლება აღიძრას გამჭიმავი დაბევბი, რასაც მოჰყვება t სიღრმის ბზარის წარმოქმნა და კუმშვაზე მუშაობს კვეთის მხოლოდ $h-t$ ნაწილი (ნახ. 75,გ).



ნახ. 75. გარეცენტრული კუმშვისას დაბვათა ეპიურები და საანგარიშო სქემა:
 ა, ბ, გ - დაბვის ეპიურის ცვლილება ექსცენტრისიტეტის ზრდისას;
 დ - კვეთის საანგარიშო სქემა

როდესაც კვეთში დაბევბი არათანაბრად არის განაწილებული, წყობაში დაბევბი დროებით წინაღობას მიაღწევს პირველად მეტად დაძაბულ კიდეზე, მაგრამ ზიდვის უნარი ამით არ ამოიწურება, რადგან დუღაბის ცოცვადობისაგან განვითარდება მნიშვნელოვანი პლასტიკური დეფორმაციები, რის გამოც დაძაბული კიდედან დაბევბი გადანაწილდება ნაკლებად დაძაბული კიდისაკენ და კვეთის მუშაობა უახლოვდება ცენტრალურ კუმშვას. ეს ნიშნავს, რომ კვეთის ზიდვის უნარი იზრდება. ეს ზრდა გამოიხატება ω კოეფიციენტით. აგურის წყობისათვის $\omega=1+e_0/h \leq 1,45$. ცენტრალური კუმშვის დროს $\omega=1$.

გარეცენტრულ კუმშვაზე წყობის სიმტკიცის გაანგარიშებისას, კვეთის დაძაბული მდგომარეობის სირთულის გამო, სარგებლობენ ემპირიული ფორმულით, შემდეგი დაშვებების გათვალისწინებით: გაჭიმული ზონა (თუ იგი არსებობს) არ მიიღება მხედველობაში; შეკუმშულ ზონაში დაბევბი ითვლება თანაბრად განაწილებულად და მისი სიმძიმის ცენტრი ემთხვევა N გრძივი ძალის მოდების წერტილს (ნახ.75,დ). სიმტკიცის პირობა შემდეგნაირად გამოისახება:

$$N \leq m_g \phi_1 R A_c \omega. \quad (12.2)$$

აქ m_g იგივეა, რაც ცენტრალური კუმშვისას იგი ხანგრძლივი დატვირთვისა და დუღაბის ცოცვადობის გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი. თუ განვივი კვეთის ზომა მეტია 30 სმ-ზე, $m_g=1$;

N არის გრძივი საანგარიშო ძალვა;

ϕ_1 გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი გარეცენტრული კუმშვისას. გამოითვლება, როგორც მთელი კვეთის მიხედვით გრძივი ღუნვის ϕ კოეფიციენტისა და

კვეთის მხოლოდ შეკუმშული ნაწილის შესაბამისი ϕ გრძივი ღუნვის კოეფიციენტის საშუალო არითმეტიკული სიდიდე – $\phi_1 = (\phi + \phi_c)/2$;
 $A_c = A(1 - 2e_0/h)$ კვეთის შეკუმშული ნაწილის ფართობია.

როდესაც ელემენტის სისქე 250 მმ და ნაკლებია, მაშინ e_0 ექსცენტრისიტეტს ემატება e_a შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტი, რომელიც წყობის ვერტიკალიდან გადახრის ან დატვირთვის მოდების წერტილის არაზუსტი დაფიქსირების შედეგად წარმოიქმნება. მაშასადამე,

$$e_0 = M/N + e_a.$$

მზიდი კედლისათვის $e_a=2$ სმ–ს, თვითმზიდი კედლისათვის $e_a=1$ სმ–ს.

ბზარის გახსნის სიგანე და სიღრმე წყობაში ნორმებით შეზღუდულია. რადგან ბზარების წარმოქმნა e_0 ექსცენტრისიტეტის სიდიდეზეა დამოკიდებული, ამიტომ ნორმებით დადგენილია მისი ზღვრული მნიშვნელობები: დატვირთვების ძირითადი შესამებისას $e_0 \leq 0,9y$, ხოლო განსაკუთრებული შესამებისათვის $e_0 \leq 0,95y$ (y მანძილია კვეთის სიმძიმის ცენტრიდან კვეთის მეტად შეკუმშულ კიდემდე). როდესაც $e_0 \leq 0,7y$, გარეცენტრულად შეკუმშულ ელემენტებს ანგარიშობენ მხოლოდ სიმტკიცეზე, თუ ეს პირობა არ სრულდება, საჭიროა გაჭიმული ზონის გაანგარიშება წყობის ჰორიზონტალურ ნაკერებში ბზარის გახსნის სიდიდეზეც.

12.5.3. ადგილობრივი კუმშვა (თელვა)

როდესაც კონსტრუქცია (კოჭი, სვეტი და სხვა) ეყრდნობა ქვის წყობის კვეთის მხოლოდ ნაწილს, გვაქვს ადგილობრივი კუმშვა. ამ შემთხვევაში წყობის წინაღობა უფრო დიდია, ვიდრე ღერძული კუმშვის დროს (როდესაც დატვირთულია მთელი განივკვეთი), რადგან გარდა იმ ფართობისა, რომელზედაც დატვირთვა უშუალოდ მოქმედებს, დეფორმაციას განიცდის მოსაზღვრე ფართობიც, ე.ი. ისიც იღებს მონაწილეობას მუშაობაში. ამ შემთხვევაში წყობის სიმტკიცე მოწმდება გამოსახულებით

$$N_{loc} \leq \psi k R_{loc} A_{loc}, \quad (12/3)$$

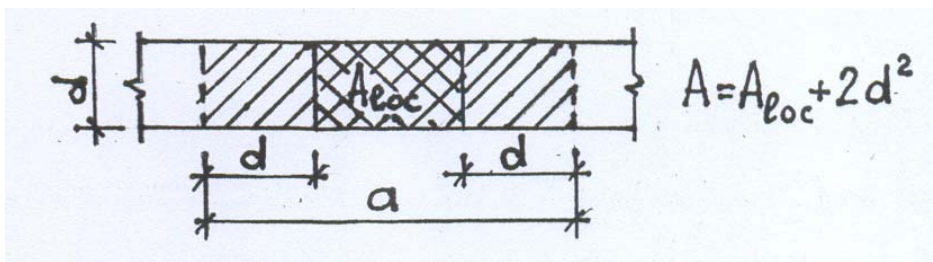
სადაც N_{loc} ადგილობრივი კუმშვისას გრძივი მკუმშავი ძალაა;

ψ არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ადგილობრივი კუმშვის დაწნევის ეპიურის სახეს: თანაბრად განაწილებული დაწნევისას დატვირთვა წყობას გადაეცემა გამანაწილებელი ფილის მეშვეობით და $\psi=1$. როდესაც დატვირთვა გადაეცემა დულაბის ფენის მეშვეობით, დაწნევის ეპიურა სამკუთხაა და $\psi=0,5$ –ს;

k კოეფიციენტი ითვალისწინებს მასალის პლასტიკურ თვისებებს;

$R_{loc} = \xi R$ არის ადგილობრივი კუმშვისას წყობის წინაღობა.

აქ R ღერძულ კუმშვაზე წყობის წინაღობაა; $\xi = \sqrt[3]{A/A_{loc}}$.



ნახ. 76. ადგილობრივი კუმშვისაგან წყობის დაძაბული ფართობი

თუ ადგილობრივ დატვირთვისთან (კოჭის, წამწის საყრდენი რეაქციები) ერთად წყობაზე მოქმედებს კვეთის მთელ ფართობზე განაწილებული დატვირთვაც (ზემოთ მდებარე წყობის მასისაგან და ამ წყობაზე გადაცემული გარე დატვირთვა), მაშინ გაანგარიშება თელვაზე ტარდება ცალ-ცალკე: ჯერ მხოლოდ ადგილობრივ დატვირთვაზე, შემდეგ ადგილობრივი და მთლიანი დატვირთვის ჯამზე.

12.5.4. ღუნვა

ღუნვაზე მუშაობს მრავალსართულიანი შენობების გარე კედლები ქარის ზემოქმედებაზე, წყლის ჰიდროსტატიკურ დაწნევაზე – კონტრფორსებიანი საყრდენი კედლის გარეთა ფილები და ოთხკუთხა აუზის კედლები. ქვის კონსტრუქციები, რომლებიც განიცდიან ღუნვას, როგორც წესი, აიგება გადაბმული ნაკერებით.

მღუნავი მომენტისა და განივი ძალის მიხედვით სიმტკიცის პირობა ჩაიწერება, როგორც დრეკადად მომუშავე კონსტრუქციისათვის

$$M \leq R_{tb}W; \quad Q \leq R_{tb}bz, \quad (12.4)$$

აქ M და Q საანგარიშო მღუნავი მომენტი და განივი ძალაა;

R_{tb} წყობის საანგარიშო წინაღობაა გაჭიმვაზე ღუნვის დროს, გადაბმული კვეთის მიხედვით;

W – კვეთის „დრეკადი“ წინაღობის მომენტი;

z – შიგა წყვილძალის მხარი – კვეთის გაჭიმული და შეკუმშული ზონის სიმძიმის ცენტრზე მოდებულ გამჭიმავ და მკუმშავ ძალებს შორის მანძილი. მართკუთხა კვეთისათვის $z=(2/3)h$;

b და h კვეთის ზომებია.

12.5.5. გაჭიმვა და ჭრა

ცილინდრული რეზერვუარის, სილოსის და სხვა მსგავსი კონსტრუქციების კედელი, რომელიც განიცდის ღერძულ გაჭიმვას, სიმტკიცეზე გაიანგარიშება ფორმულით

$$N \leq R_t A_n, \quad (12.5)$$

სადაც N გაჭიმვის დროს საანგარიშო ღერძული გამჭიმავი ძალაა;

R_t – წყობის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე;

A_n – კვეთის საანგარიშო ფართობი „ნეტო“ ანუ ქვაში სიცარიელების ფართობის გამოკლებით.

ღერძულად გაჭიმული ქვის კონსტრუქციების დაპროექტება ხდება მხოლოდ გადაბმული ნაკერებით.

ქვის წყობა ჭრაზე მუშაობს, როდესაც მასზე მოქმედებს ისეთი ტიპის დატვირთვა, როგორიც არის, მაგალითად, თალის განმბჯენი, რომელიც მოქმედებს ჰორიზონტალურად და იგი ქვის წყობამ უნდა აიტანოს, გადაუბმელი ჰორიზონტალური ნაკერის წინაღობის მეშვეობით. ეს წინაღობა შედგება: თვით ნაკერის ჭრაზე წინაღობისაგან და ხახუნის ძალისაგან, რომელიც წარმოიქმნება ნაკერში ქვასა და დულაბს შორის. გაანგარიშება ხდება ფორმულით

$$Q \leq (R_{sq} + 0,8nf\sigma_0)A, \quad (12.6)$$

აქ Q წყობაზე მოქმედი გადამჭრელი ძალაა;

R_{sq} – წყობის ჭრაზე საანგარიშო წინაღობა;

n კოეფიციენტი ითვალისწინებს წყობაში სიცარიელებს: მთლიანი აგურის ან ქვის დროს $n=1$, სიცარიელების არსებობისას, $n=0,5$;

f არის ხახუნის კოეფიციენტი წყობის ნაკერში. სწორი ფორმის ქვის ან აგურის შემთხვევაში – $f=0,7$;

- თ მკუმშავი ძაბვის საშუალო სიდიდეა წყობაში, რომელიც შეესაბამება გრძივი ძალის უმცირეს საანგარიშო სიდიდეს;
- A არის კვეთის საანგარიშო ფართობი;
- 0,8 კოეფიციენტი ითვალისწინებს ხახუნისადმი წინაღობის შესაძლო შემთხვევით შემცირებას.

12.5.6. წყობის გაანგარიშება მეორე ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით

წყობის ნაკერებში ბზარების წარმოქმნაზე, ბზარების გახსნის სიდიდის მიხედვით და საერთო დეფორმაციებზე გაიანგარიშება გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტები, როდესაც გრძივი ძალის ექსცენტრისიტეტი $e_0 > 0,7y$, ან ის ელემენტები, რომლებშიც ბზარების წარმოქმნა არ დაიშვება, ან ბზარების გახსნის სიდიდე შეზღუდულია ექსპლუატაციის პირობებით.

გაანგარიშება ბზარმედევობაზე (ბზარის წარმოქმნა და გახსნა) წარმოებს მასალების დრეკადი მუშაობის პირობებისათვის. ზოგად შემთხვევაში გაანგარიშების მიზანია, რომ გარედან მოქმედი დატვირთვისაგან წარმოქმნილი გამჭიმავი ძაბვა ელემენტის კვეთის გაჭიმულ კიდეში არ აღემატებოდეს წყობის საანგარიშო R_{tb} წინაღობას გაჭიმვაზე ღუნვისას, გამრავლებულს γ_r მუშაობის პირობების კოეფიციენტზე

$$-\frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \leq \gamma_r R_{tb} \quad (12.7)$$

თუ ამ ფორმულაში გავითვალისწინებთ, რომ $M = N \cdot e_0$ და W წინაღობის მომენტს გამოვსახავთ I ინერციის მომენტის საშუალებით, მივიღებთ გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტების ბზარმედევობაზე გასაანგარიშებელ ფორმულას

$$N \leq \frac{\gamma_r R_{tb} A}{\left[\frac{A(h-y)e_0}{I} - 1 \right]}, \quad (12.8)$$

სადაც N და M შესაბამისად გრძივი ძალა და მომენტია ნორმატიული დატვირთვების ძირითადი შეხამებისათვის;

A, W, I არის კვეთის ფართობი, წინაღობის და ინერციის მომენტები;

γ_r – მუშაობის პირობების კოეფიციენტი დამოკიდებული ექსპლუატაციის ვადაზე და წყობის მახასიათებლებსა და მუშაობის პირობებზე;

y – მანძილი კვეთის სიმძიმის ცენტრიდან შეკუმშულ კიდემდე;

e_0 – გრძივი ძალის ექსცენტრისიტეტი.

ქვის კონსტრუქცია სადაც ექსპლუატაციის პირობების მიხედვით არ დაიშვება ბზარების წარმოქმნა მოპირკეთებულ, შელესილ ან სხვაგვარად დაფარულ ზედაპირზე, საჭიროა გაანგარიშებულ იქნეს გაჭიმული ზედაპირის დეფორმაციის მიხედვით (გაანგარიშება დეფორმაციის მიხედვით):

დერძული გაჭიმვისას $N < EA\varepsilon_u$; (12.9)

ღუნვისას $M \leq \frac{EI\varepsilon_u}{h-y}$; (12.10)

გარეცენტრული კუმშვისა და

გაჭიმვისას $N \leq \frac{EA\varepsilon_u}{\left[\frac{A(h-y)e_0}{I} \mu 1 \right]}$. (12.11)

აქ N და M გრძივი ძალა და მღუნავი მომენტია ნორმატიული დატვირთვისაგან;

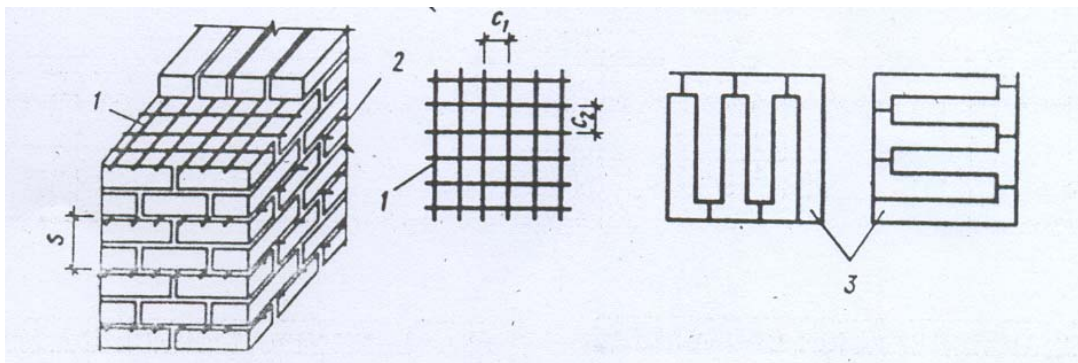
$E = 0,8E_0$ – წყობის დეფორმაციის მოდული (E_0 – დრეკადობის მოდულია);

ϵ_u წყობის გაჭიმვის ზღვრული დასაშვები ფარდობითი დეფორმაციაა, ინიშნება შელესვის ან მოპირკეთების მიხედვით. მაგალითად, სითხის ჰიდროსტატიკური დაწნევის ქვეშ მომუშავე კონსტრუქციაში, კედლის ცემენტის ხსნარით ჰიდროსაიზოლაციო შელესვისას $\epsilon_u = 0,8 \cdot 10^{-4}$.

თუ ზემოთ მოყვანილი პირობები არ სრულდება, მაშინ საჭიროა კვეთის ზომები შეიცვალოს ან გამოყენებული იქნას უფრო მტკიცე მასალები.

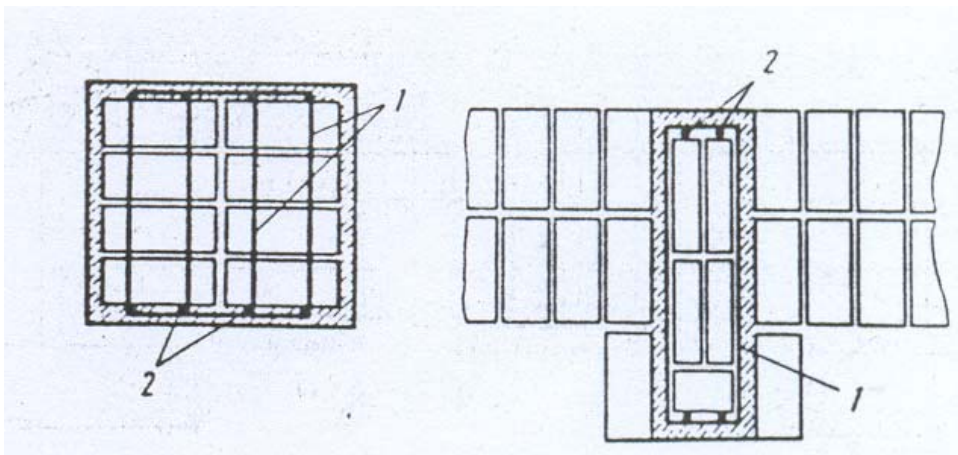
12.6. დაარმატურებული ქვის წყობის (არმატურის) კონსტრუქციები

ქვის კონსტრუქციების ზიდვის უნარის გასაზრდელად იყენებენ გაძლიერების შემდეგ ხერხებს: განივი დაარმატურება – არმატურის ბადეების განლაგებით წყობის ჰორიზონტალურ ნაკერებში (ნახ. 77); გრძივი დაარმატურება – არმატურის ღეროების განლაგებით წყობის გარედან, ან წყობის შიგნით, ელემენტის გრძივი მიმართულებით (ნახ.78); წყობაში რკინაბეტონის ჩართვა – ე.წ. კომპლექსური კონსტრუქციები (ნახ.79); წყობის გაძლიერება, მისი რკინაბეტონისაგან ან ლითონის კუთხოვანებისაგან განხორციელებულ გარსაკრში (სალტეში) ჩასმით (ნახ.80).



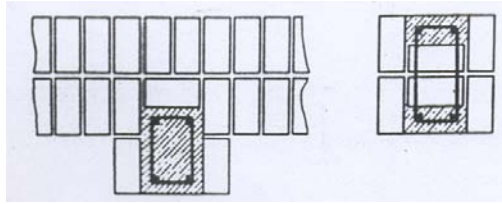
ნახ. 77. ქვის კონსტრუქციის განივი დაარმატურება:

1-მართკუთხა ბადე; 2-არმატურის ბადის ნაშევრები, მისი განლაგების გაკონტროლებისათვის; 3-„ზიგზაგის“ ტიპის ბადე

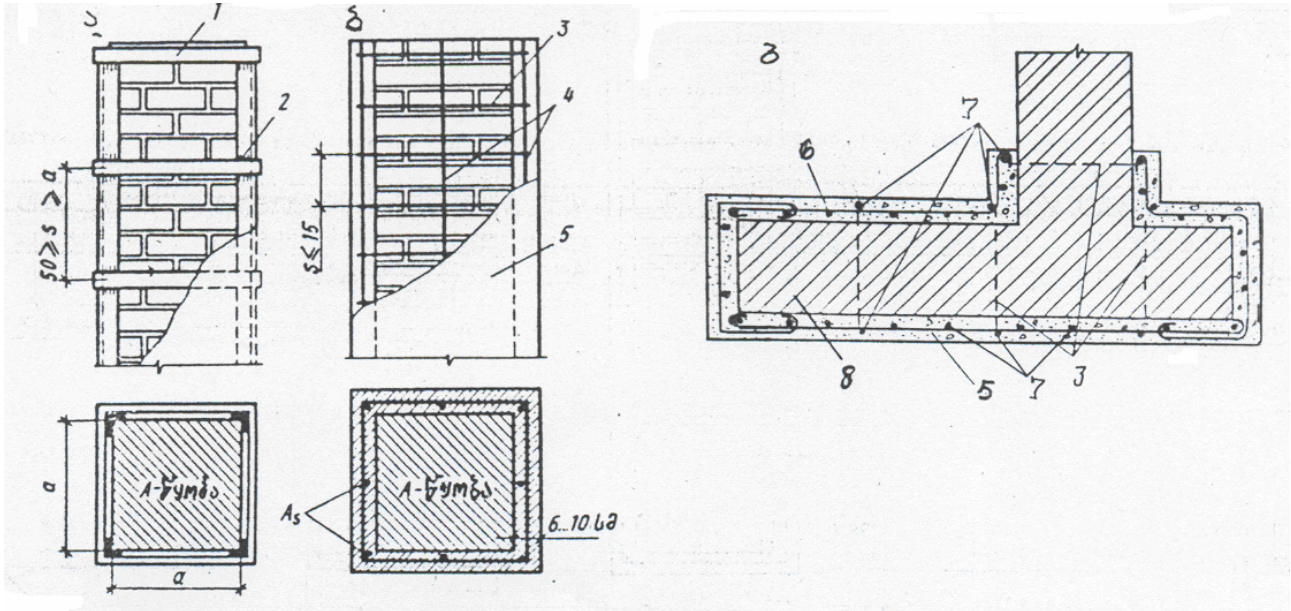


ნახ. 78. ქვის კონსტრუქციის გრძივი დაარმატურება:

ა-არმატურის წყობის გარეთ განლაგება; ბ- არმატურის წყობის შიგნით განლაგება; 1-განივი არმატურა (ცალულები); 2-გრძივი მუშა არმატურა



ნახ. 79. კომპლექსური კონსტრუქციის განივი კვეთის სქემები:
 ა-რკინაბეტონის ცალმხრივი განლაგება;
 ბ-რკინაბეტონის წყობის შიგნით განლაგება



ნახ. 80. ბოძებისა და კედლის საღვთით გაძლიერების სქემა:
 ა-ლითონის საღვთი; ბ-რკინაბეტონის საღვთი; გ-კედლის გაძლიერება
 რკინაბეტონის საღვთით. 1-ლითონის თამასა; 2-შედუღება; 3-განივი
 არმატურა $\varnothing 4...10$ მმ; 4-მუშა არმატურა $\varnothing 5...12$ მმ; 5-ბეტონი B7,5... B15
 კლასის; 6-არმატურის ბადე; 7-გრძივი არმატურა; 8-კედლის წყობა

12.6.1. ბადეებით დაარმატურებული წყობა

ბადეებით დაარმატურება (ნახ.76) გამოიყენება მცირე მოქნილობის $\lambda_h = l_0/h \leq 15$, ძლიერად დატვირთულ ბოძებსა ან ზღუდარებში, როდესაც გრძივი ძალა მოქმედებს მცირე ექსცენტრისიტეტით და მისი მოდების წერტილი არ გამოდის კვეთის გულის გარეთ (მართკუთხა კვეთისათვის $e_0 \leq 0,17h$). თუ ზემოთ მოყვანილი პირობები არ სრულდება, მაშინ კვეთში წარმოიქმნება გამჭიმავი ძაბვა, რისი ატანაც ჰორიზონტალურ ბადეს არ შეუძლია, ე.ი. იგი ვერ გააძლიერებს წყობას.

ბადეებით დაარმატურებული ქვის წყობის ზიდვის უნარის გაზრდა ხდება იმის გამო, რომ ბადის არმატურის ღეროები ჩაერთვება გაჭიმვაზე მუშაობაში, ეწინააღმდეგება წყობის განივი მიმართულებით გაფართოებას ანუ ვერტიკალური ბზარების წარმოქმნას და რღვევას.

ბადეები არმატურის დიამეტრის მიხედვით შეიძლება იყოს მართკუთხა, ჯვარედინად განლაგებული ღეროებით, დიამეტრით 3...6 მმ, ბიჯით არა უმეტეს 12 სმ-სა და არა უმცირეს 3 სმ-ის. ამ შემთხვევაში არმატურის დიამეტრის სიდიდის შეზღუდვა გამოწვეულია წყობის ნაკერის სისქის შეზღუდვით (10...12 მმ). საჭიროა, რომ ბადე დაფარული იყოს დუღაბის არა ნაკლები 4 მმ შრით.

ბადეები ზიგზაგისებურად განლაგებული ღეროებით მზადდება 3..8 მმ დიამეტრის არმატურისაგან, რომელიც ბადეში ორიენტირებულია მხოლოდ ერთი მიმართულებით. ამიტომ ბადეები ლაგდება ორ მეზობელ ჰორიზონტალურ ნაკერში, ღეროების საპირისპირო მიმართულების დაცვით. ქვის წყობა ბადეებით დაარმატურდება ყოველ 40 სმ-ზე, ან ჩვეულებრივი აგურის წყობაში, ყოველი ხუთი რიგის შემდეგ. ბადეებში გამოიყენება A-I და B_p-I კლასის არმატურა. წყობის ბადეებით დაარმატურების მინიმალური პროცენტია $\mu=0,1\%$, ხოლო მაქსიმალური – არა უმეტეს 1%-ისა. დუღაბის მარკა აიღება არა უმცირეს 50-ისა.

ბადეებით დაარმატურებული წყობის საანგარიშო წინაღობა R_{sk} დამოკიდებულია დუღაბის მარკაზე, არმატურის R_s წინაღობაზე, დაუარმატურებელი ქვის წყობის კუმშვის R საანგარიშო წინაღობაზე, μ დაარმატურების პროცენტსა და გარეცენტრული კუმშვისას გრძივი ძალის e_0 ექსცენტრისიტეტზე. ცენტრალური კუმშვისას 50 და მეტი მარკის დუღაბებისათვის იგი გამოითვლება ფორმულით

$$R_{sk} = R + \frac{2\mu R_s}{100} \leq 2R; \quad (12.12)$$

გარეცენტრულად შეკუმშული, არმირებული წყობის საანგარიშო წინაღობა იმავე მარკის დუღაბებისათვის გამოითვლება ფორმულით

$$R_{sk} = R + \frac{2\mu R_s}{100} \left(1 - \frac{2e_0}{y}\right) \leq 2R. \quad (12.13)$$

აქ y მანძილია კვეთის სიმძიმის ცენტრიდან შეკუმშული ზონის კიდემდე.

ბადეებით დაარმატურებული ცენტრალურად და მცირე ექსცენტრისიტეტით გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშება ხდება დაუარმატურებელი წყობის ანალოგიური ფორმულების საშუალებით, ოღონდ ქვის წყობის R საანგარიშო წინაღობის ნაცვლად ჩასმულია დაარმატურებული წყობის R_{sk} საანგარიშო წინაღობა.

12.6.2. გრძივი ღეროებით დაარმატურებული წყობა

გრძივი დაარმატურება (ნახ. 77) გამოიყენება ძირითადად დიდი მოქნილობის ($\lambda_h = l_0/h > 15$), ძლიერად დატვირთულ ბოძებსა და ზღუდარებში, აგრეთვე დიდი ექსცენტრისიტეტით მომუშავე გარეცენტრულად შეკუმშულ ელემენტებში. გრძივი არმატურა ლაგდება წყობის გარეთ ცემენტის ხსნარით შეღებვის ქვეშ, ასევე წყობის შიგნით სპეციალურ ღარებში, რომლებიც შემდეგ ივსება დუღაბით. გამოიყენება A-I, A-II და B_p-I კლასის არმატურა არა ნაკლები 3 მმ დიამეტრის გაჭიმულ ზონაში და არანაკლები 8 მმ-ისა – შეკუმშულ ზონაში. წყობისა და გრძივი ღეროების ერთობლივი მუშაობა უზრუნველყოფილია A-I კლასის არმატურის ან B_p-I კლასის 3..6 მმ დიამეტრის ცივად ჭიმული მავთულის განივი საკიდებით (ცალულებით). საკიდებს შორის მანძილი აიღება არა უმეტეს 15d-სი გრძივი არმატურის წყობის გარედან მოთავსებისას და არა უმეტეს 20 d-სი, როდესაც გრძივი არმატურა წყობის შიგნით არის განლაგებული. გრძივი არმატურით დაარმატურების მინიმალური პროცენტია: 0,1% შეკუმშულის და 0,05% – გაჭიმულის. არმატურის კოროზიისაგან დასაცავად იყენებენ დუღაბის მარკას არა ნაკლებ 50-ისა.

გრძივად დაარმატურებული, გარეცენტრულად შეკუმშული არმოქვის კონსტრუქცია ისევე მუშაობს, როგორც რკინაბეტონის, ამიტომ მათი გაანგარიშების მეთოდიკაც ისეთივეა.

ცენტრალურად შეკუმშულ და ღუნვად ელემენტებში, იმ დროს, როდესაც არმატურაში ძაბვები მიაღწევს დენადობის ზღვარს (საანგარიშო წინაღობა) წყობის წინაღობა გამოყენებულია მხოლოდ 85%-ით, რის შემდეგაც არმატურისა და

წყობის ერთობლივი მუშაობა წყდება და ელემენტი ირღვევა. ეს გარემოება ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშების ფორმულაში, რომელიც ანალოგიურია შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტით შეკუმშული რკინაბეტონის ელემენტის გაანგარიშების ფორმულისა, აისახება ქვის წყობის საანგარიშო წინააღობის წინ 0,85 კოეფიციენტის შემოტანით

$$N \leq m_g \phi(0,85RA + R_{sc}A'_s). \quad (12.14)$$

აქ N საანგარიშო გრძივი ძალაა;

R, R_{sc} – წყობისა და შეკუმშული არმატურის საანგარიშო წინააღობა;

A, A'_s – წყობისა და შეკუმშული არმატურის განივკვეთის ფართობი;

m_g, ϕ – იგივე კოეფიციენტებია, რაც დაუარმატურებელი წყობისათვის.

აღსანიშნავია, რომ ცენტრალურად შეკუმშულ ელემენტში გრძივ დაარმატურებას მიმართავენ გამონაკლის შემთხვევებში წყობის ზიდვის უნარის გასაზრდელად. ამ დროს ხელასაყრელია და უფრო მარტივი, გაიზარდოს წყობის განივკვეთის ზომები ან მოხდეს ბადეებით განივი დაარმატურება.

12.6.3. კომპლექსურად დაარმატურებული წყობა

კომპლექსურია კონსტრუქცია, როდესაც ქვის წყობაში ჩართულია რკინაბეტონის ელემენტი (ნახ.78), რომელიც მუშაობს წყობასთან ერთად. ღუნვად და გარეცენტრულად შეკუმშულ ელემენტებში რეკომენდებულია რკინაბეტონის ელემენტის მოწყობა წყობის გარედან, გაჭიმულ მხარეს. ბეტონის ჩასხმის ხარისხის შემოწმებაც ასე უფრო ადვილია.

კომპლექსური დაარმატურება გამოიყენება, როდესაც საჭიროა ქვის წყობის ზიდვის უნარის მნიშვნელოვანი გაზრდა, ძლიერად დატვირთულ ცენტრალურად და გარეცენტრულად შეკუმშულ ელემენტში, განივი კვეთის ზომების შესამცირებლად.

კომპლექსურ კონსტრუქციაში გამოიყენება ბეტონი არა უმეტეს B15 კლასისა, A-II, A-III კლასის გრძივი არმატურა, რომლის განივკვეთის ფართობი აიღება ბეტონის ფართობის არანაკლებ 0,2% და არა უმეტეს 1,5%-ისა.

კომპლექსური კონსტრუქციის გაანგარიშება ანალოგიურია გრძივად დაარმატურებული არმოქვის კონსტრუქციებისა. მაგალითად, ცენტრალურად შეკუმშული ელემენტების სიმტკიცე იანგარიშება ფორმულით

$$N \leq \phi[0,85m_g (RA + R_b A_b) + R_{sc} A'_s]. \quad (12.15)$$

რადგან კომპლექსური კონსტრუქციის აგება საკმაოდ შრომატევადია, მას იყენებენ იშვიათად, ძირითადად სეისმურ რაიონებში მშენებლობისას.

12.6.4. გარსაკრავით გაძლიერებული წყობა

ქვის წყობის ზიდვის უნარის გაზრდის ყველაზე ეფექტური მეთოდია მისი რკინაბეტონის ან ლითონის გარსაკრავში (სალტეში) ჩასმა (ნახ. 80). გარსაკრავი ეწინააღმდეგება წყობის განივი მიმართულებით გაფართოებას, რაც მკვეთრად ზრდის მის წინააღობას გრძივი ძალის მოქმედების მიმართ.

რკინაბეტონის გარსაკრავი სრულდება B15, B20 კლასის ბეტონისა და გრძივი (ვერტიკალური) არმატურისაგან. განივი არმატურა გრძივს უკავშირდება შედუღებით ყოველ 6...10 სმ-ის დაშორებით. ასეთი არმატურის კარკასი ბეტონის ნაცვლად შეიძლება დაიფაროს გარედან ცემენტის დუღაბითაც.

ლითონის გარსაკრავი შედგება კუთხოვანებისაგან, რომლებიც ვერტიკალურად დაყენებულია ბოძის ან ზღუდარის კიდებზე და თამასებისაგან (ლითონის ფირფიტები), რომლებიც განივად მიედუღება კუთხოვანებს. თამასებს შორის მანძილი აიღება არა უმეტეს 50 სმ-სა. გარსაკრავი, დაყენების შემდეგ,

კოროზიისაგან დასაცავად დაიფარება 50...75 მარკის დუღაბის 25...30 მმ სისქის ფენით.

გარსაკრავით გაძლიერებული ცენტრალურად და გარეცენტრულად (მცირე ექსცენტრისიტეტით) შეკუმშული კონსტრუქციების ზიდვის უნარი შემოწმდება შემდეგი ფორმულებით:

რკინაბეტონის გარსაკრავის შემთხვევაში

$$N \leq \psi \varphi \left[\left(m_g m_k R + \eta \frac{3\mu R_{sw}}{1 + \mu 100} \right) A + m_b R_b A_b + R_{sc} A'_s \right], \quad (12.16)$$

ფოლადის გარსაკრავის დროს

$$N \leq \psi \varphi \left[\left(m_g m_k R + \eta \frac{2,5\mu R_{sw}}{1 + 2,5\mu 100} \right) A + R_{sc} A'_s \right], \quad (12.17)$$

სადაც N გრძივი ძალაა; ψ , η – კოეფიციენტები, ცენტრალური კუმშვისას ცალ-ცალკე უდრის ერთს, φ – გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი; m_g – კოეფიციენტი, ითვალისწინებს დატვირთვის ხანგრძლივობის გავლენას; m_k , m_b წყობისა და ბეტონის მუშაობის პირობების კოეფიციენტებია; R_{sw} – თამასის ან განივი არმატურის (ცალულის) საანგარიშო წინაღობა; R_{sc} – კუთხოვანების ან გრძივი არმატურის საანგარიშო წინაღობა კუმშვისას; A'_s – გრძივი კუთხოვანების ან არმატურის ღეროების განივკვეთის ფართობები; A_b – ბეტონის კვეთის ფართობი; $\mu = \frac{2A_{sw}(h+b)}{hbs}$ – ელემენტის

განივი თამასებით ან ცალულებით დაარმატურების პროცენტი.

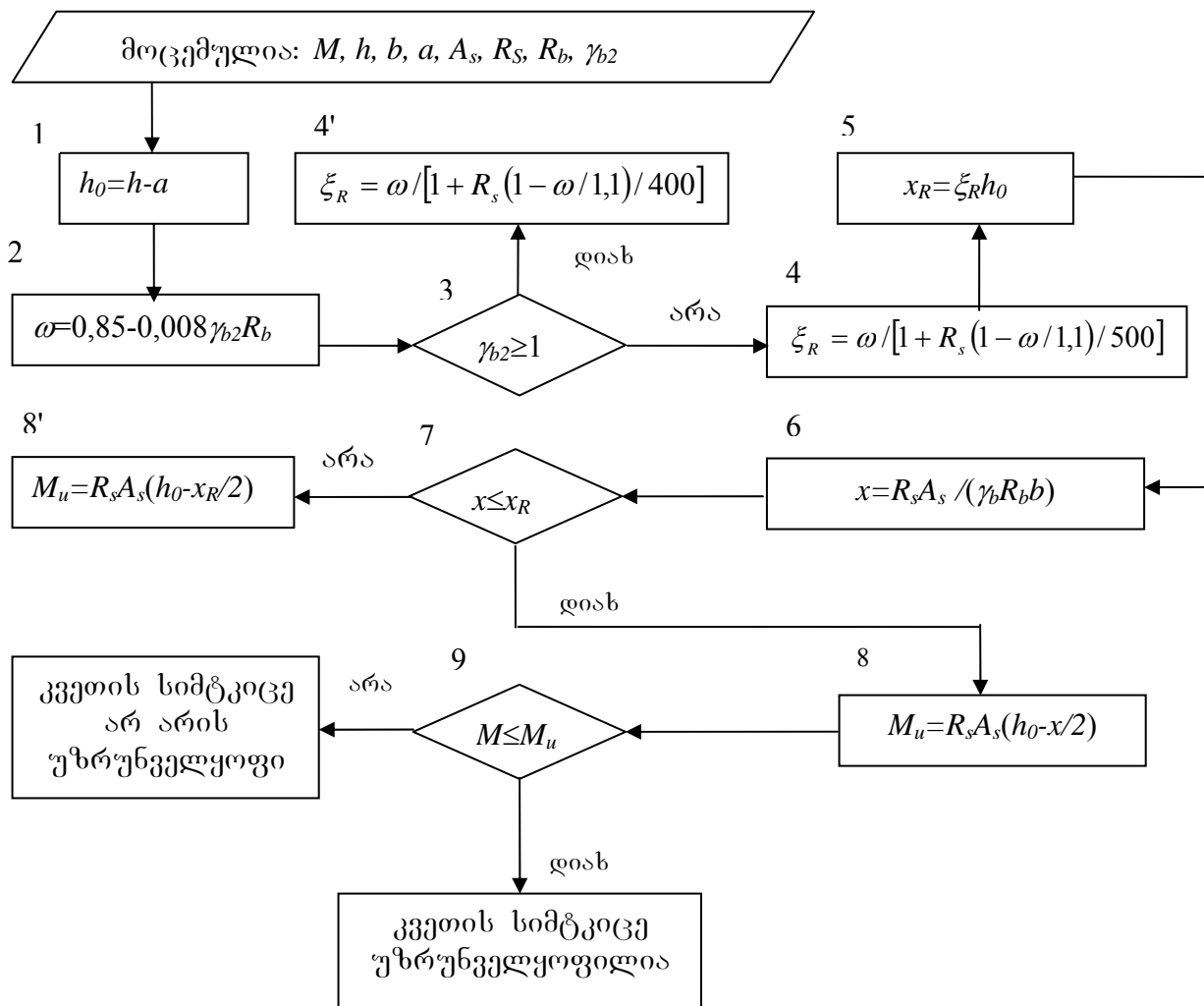
როდესაც გარეცენტრულად შეკუმშულ ელემენტში ექსცენტრისიტეტი გამოდის კვეთის გულის ფარგლებს გარეთ, მაშინ წყობის გაძლიერება გარსაკრავით ნაკლებად ეფექტურია.

საკონტროლო საკითხები

1. როგორია ქვის კონსტრუქციის შედგენილობა. დადებითი და უარყოფითი თვისებები.
2. ქვის კონსტრუქციის და მისი შემადგენელი მასალის – ბუნებრივი და ხელოვნური ქვის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები (სიმტკიცე, ყინვამედეგობა და ა.შ.).
3. რა არის დუღაბი. დანიშნულება, შედგენილობა, დუღაბის მარკა, პლასტიკურობა.
4. როგორი სახის აგურისა და ქვის წყობებია. ქვის გადაბმის სახეობები და რღვევის შესაძლო სქემები.
5. როგორ განისაზღვრება ქვის წყობის სიმტკიცე, რაზეა დამოკიდებული.
6. ქვის წყობის დეფორმაცია. დრეკადი და არადრეკადი დეფორმაციების მახასიათებლები (მოდულები).
7. დაახასიათეთ წყობის მუშაობა ცენტრალურ და გარეცენტრულ კუმშვაზე. სიმტკიცეზე გაანგარიშების ძირითადი პრინციპები.
8. წყობის მუშაობის თავისებურება ადგილობრივი კუმშვისას (თელვა).
9. როგორ ხდება წყობის სიმტკიცის შემოწმება ღუნვაზე, გაჭიმვასა და ჭრაზე.
10. რაზე იანგარიშება ქვის კონსტრუქციები მეორე ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით.

11. რა შემთხვევაში ხდება ქვის წყობის დაარმატურება. დაარმატურების ხერხები.
12. რა შემთხვევაში ხდება ქვის წყობის ბადეებით დაარმატურება. კონსტრუირება და გაანგარიშების პრინციპები.
13. როდის ხდება ქვის კონსტრუქციის არმატურის გრძივი ღეროებით დაარმატურება. ასეთი კონსტრუქციის ცენტრალურ კუმშვაზე გაანგარიშების ფორმულა.
14. რას წარმოადგენს კომპლექსურად დაარმატურებული ქვის წყობა. როგორ ჩაირთვება რკინაბეტონის ელემენტი ქვის წყობაში და როგორ მუშაობს. ცენტრალურ კუმშვაზე საანგარიშო ფორმულა.
15. როგორია გარსაკრავით გაძლიერებული ქვის წყობის კონსტრუქციები. ცენტრალურად და გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტების გაანგარიშება.

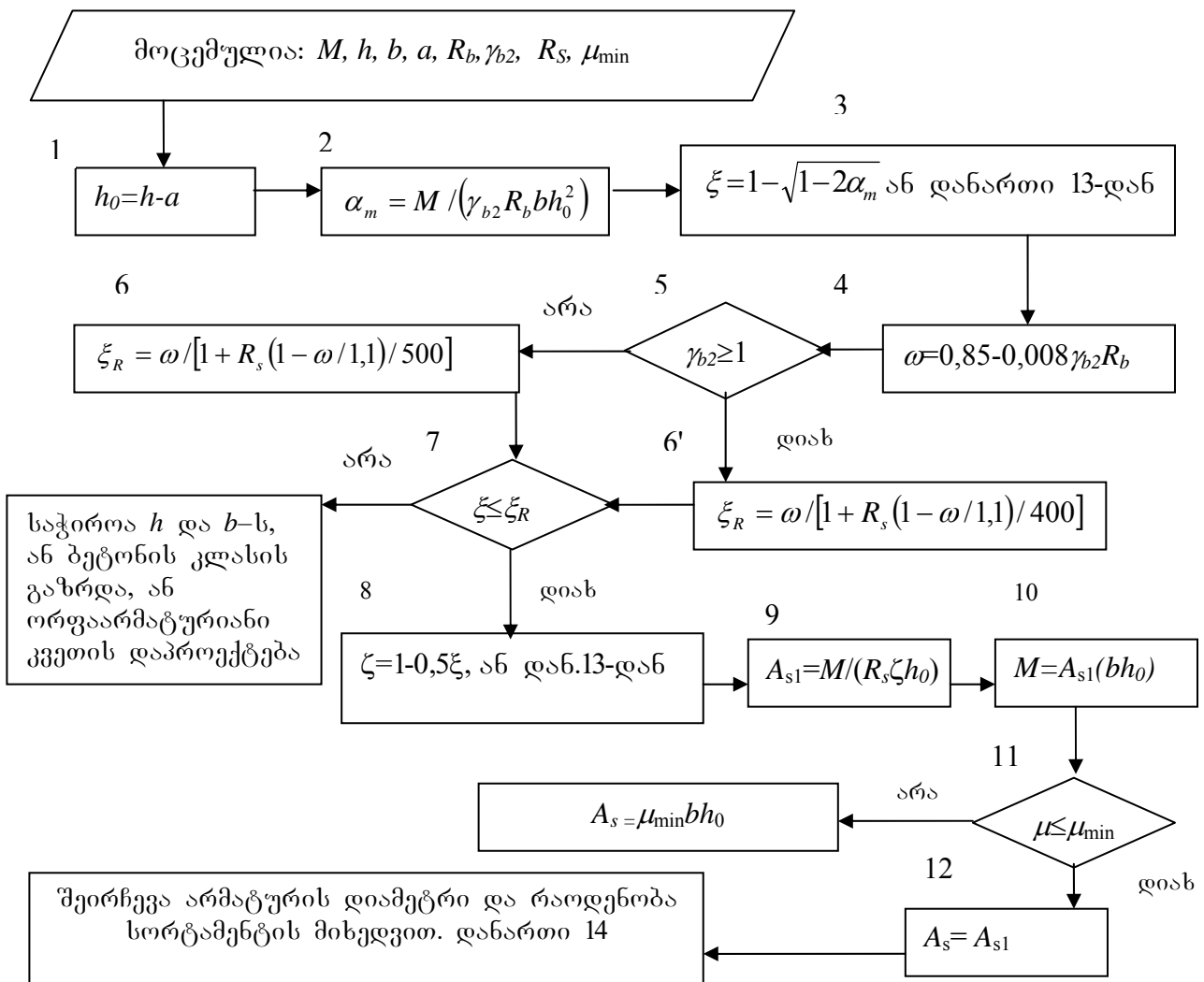
ღუნვადი ელემენტის ნორმალური, მართკუთხა ცალფარმატურიანი კვეთის სიმტკიცეზე შემოწმების ბლოკ-სქემა.



მაგალითი 1. მოცემულია: $M=550$ კნ.მ= $550 \cdot 10^6$ ნ.მმ; $h=800$ მმ; $b=300$ მმ; $a=70$ მმ. ბეტონი მძიმე, B25 კლასის: $\gamma_b=0,9$; $R_b=14,5$ მგპა. არმატურა A-III კლასის, $A_s=2945$ მმ²(6Ø25 A-III). შევამოწმოთ კვეთის სიმტკიცე ბლოკ-სქემის მიხედვით.

1. $h_0=800-70=730$ მმ;
2. $\omega=0,85-0,008 \cdot 0,9 \cdot 14,5=0,746$;
3. $\gamma_b=0,9 < 1$;
4.
$$\xi_R = \frac{0,745}{1 + \frac{365 \left(1 - \frac{0,745}{1,1}\right)}{500}} = 0,6$$
;
5. $x_R=0,6 \cdot 730=438$ მმ;
6. $x = \frac{365 \cdot 2945}{0,9 \cdot 14,5 \cdot 300} = 274,5$ მმ;
7. $x=274,5 < x_R=438$ მმ;
8. $M_u=365 \cdot 2945(730-274/2)=637 \cdot 10^6$ ნ.მმ $> M=550 \cdot 10^6$ ნ.მმ.
კვეთის სიმტკიცე უზრუნველყოფილია.

ღუნვადი ელემენტის ნორმალური, მართკუთხა ცალფაარმატურიანი კვეთის სიმტკიცის პირობიდან გრძივი, მუშა არმატურის განივი კვეთის ფართობის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა.



მაგალითი 2. მოცემულია: $M=250$ კნ.მ= $250 \cdot 10^6$ ნ.მმ; $h=600$ მმ; $b=300$ მმ; $a=40$ მმ, ბეტონი მძიმე, B20 კლასის: $\gamma_{b2}=0,9$; $R_b=11,5$ მგპა. არმატურა A-III კლასის, $d>10$ მმ, $R_s=365$ მგპ. $\mu_{min}=0,0005$ ($\mu_{min}\%=0,05\%$). განსაზღვროთ არმატურის განივი კვეთის ფართობი ბლოკ-სქემის მიხედვით.

1. $h_0=600-40=560$ მმ;
2. $\alpha_m = \frac{250 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 11,5 \cdot 300 \cdot 560^2} = 0,256$;
3. დანართი 13-ის მიხედვით მოვნახავთ $\xi=0,315$;
4. $\omega=0,85-0,008 \cdot 0,9 \cdot 11,5=0,767$;
5. $\gamma_{b2}=0,9 < 1$;
6. $\xi_R = \frac{0,765}{1 + \frac{365}{500} \left(1 - \frac{0,767}{1,1}\right)} = 0,628$;
7. $\xi=0,315 \leq 0,628$;

8. დანართი 13-ის მიხედვით მოვნახავთ $\zeta=0,843$;

9. $A_{s1} = \frac{250 \cdot 10^6}{365 \cdot 0,843 \cdot 560} = 1450 \text{ მმ}^2$;

10. $\mu = 1450 / (300 \cdot 560) = 0,0086$;

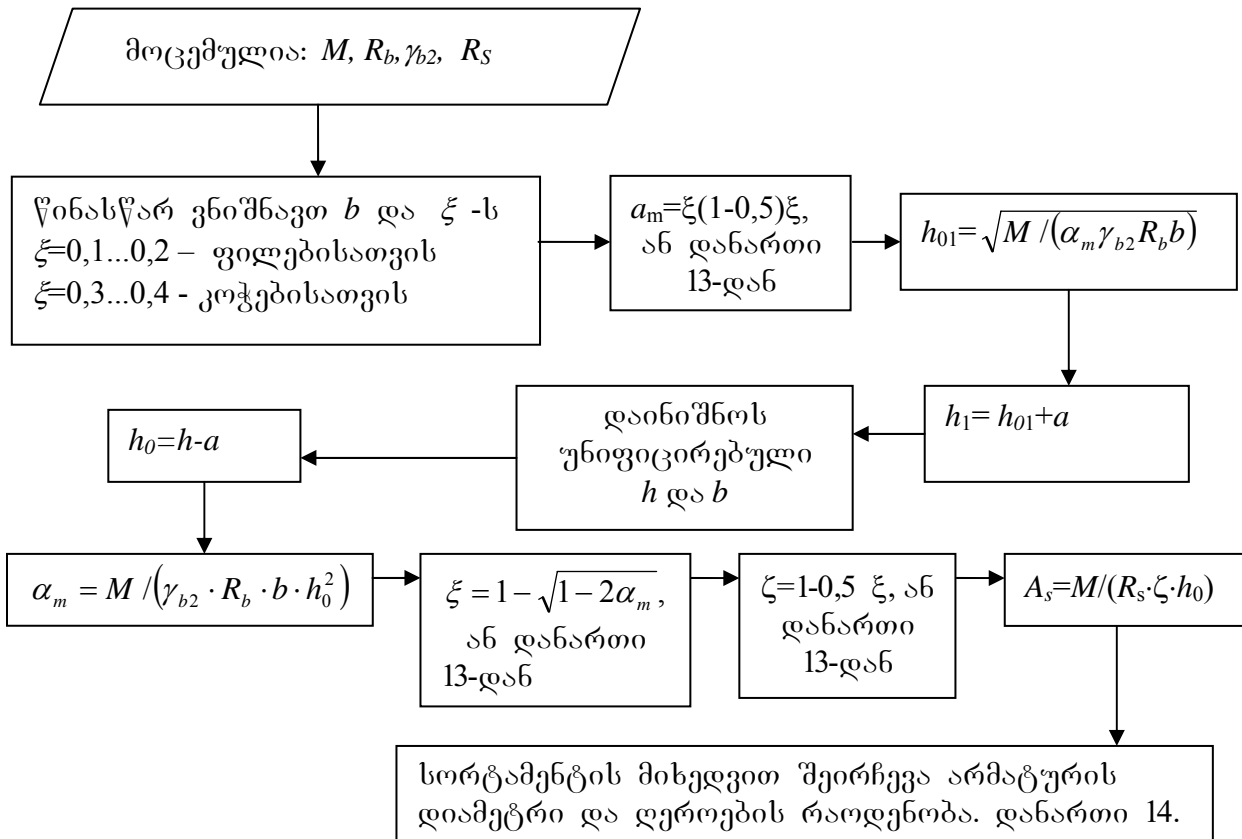
11. $\mu = 0,0086 > \mu_{\min} = 0,0005$;

12. $A_s = A_{s1}$.

სორტამენტის (დანართი 14) მიხედვით შეირჩევა არმატურა 4Ø22 A-III, $A_s = 1520 \text{ მმ}^2$.

დანართი 3

ღუნვადი ელემენტის ნორმალური, მართკუთხა ცალფარმატურიანი კვეთის სიმტკიცის პირობიდან განივი კვეთის h და b ზომების და გრძივი მუშა არმატურის განივი კვეთის ფართობის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა.



მაგალითი 3. მოცემულია: $M=600 \text{ კნ.მ}=600 \cdot 10^6 \text{ ნ.მმ}$; ბეტონი მძიმე, B30 კლასის; $\gamma_{b2}=0,9$; $R_b=17 \text{ მგპა}$. არმატურა A-III კლასის, $R_s= 365 \text{ მგპა}$. განვსაზღვროთ b , h , A_s ბლოკ-სქემის მიხედვით.

1. დავნიშნოთ $b=300 \text{ მმ}$, $\xi=0,35$;

2. დანართი 13-ის მიხედვით, როდესაც $\xi=0,35$, $a_m=0,289$;

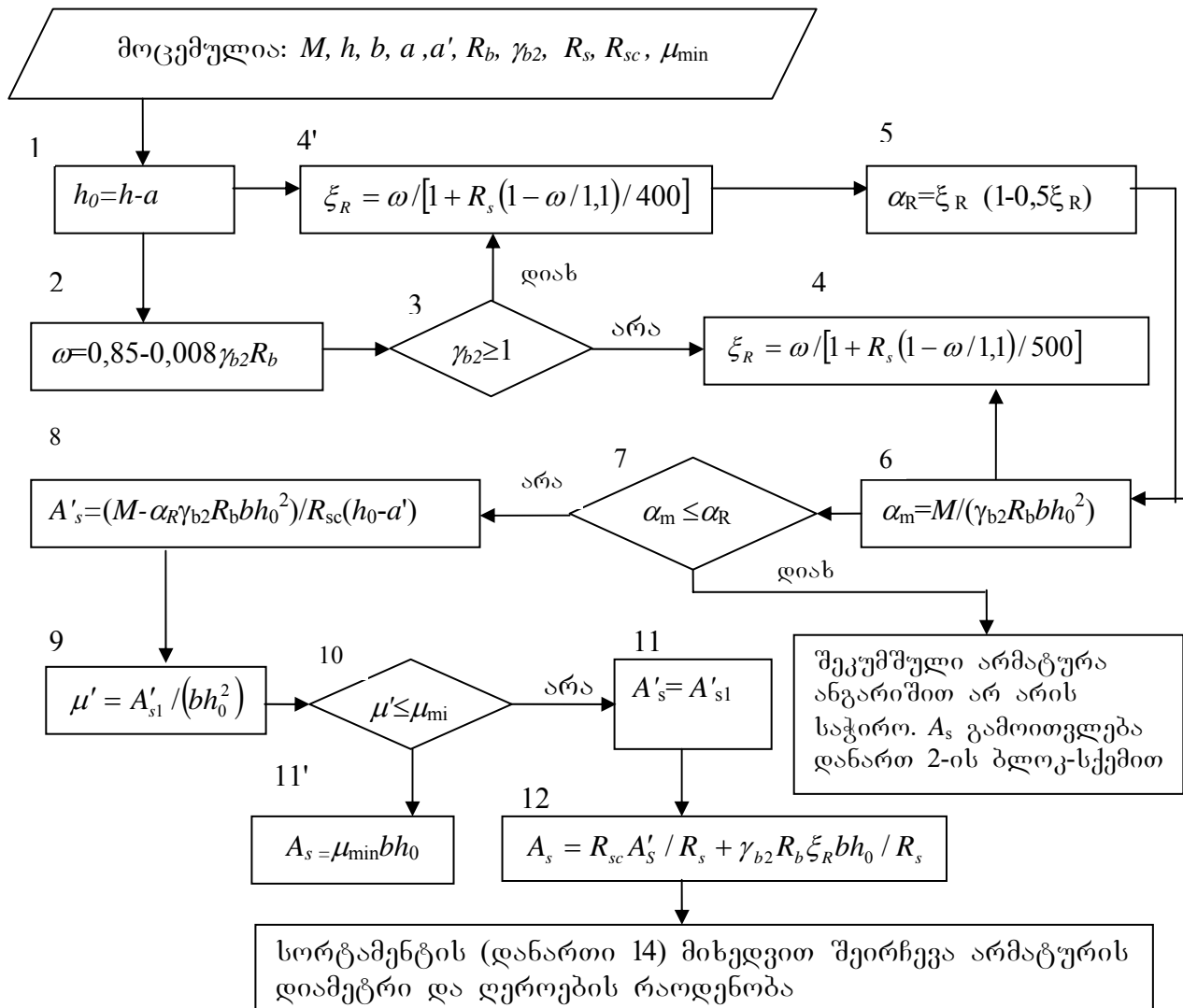
3. $h_{01} = \sqrt{\frac{600 \cdot 10^6}{0,289 \cdot 0,9 \cdot 17 \cdot 300}} = 672 \text{ მმ}$;

4. დაენიშნოთ $a=60$ მმ, მაშინ $h_1=672+60=732$ მმ;
5. უნიფიკაციის მიხედვით დაენიშნოთ $h=800$ მმ, $b=300$ მმ;
6. $h_0=800-60=740$ მმ;
7. $\alpha_m = \frac{600 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 17 \cdot 300 \cdot 740^2} = 0,24$;
8. დანართი 13-დან, როდესაც $\alpha_m=0,24$ მოვინახავთ $\zeta = 0,86$;
9. $A_s = \frac{600 \cdot 10^6}{365 \cdot 0,86 \cdot 740} = 2020$ მმ²;

სორტამენტის (დანართი 14) მიხედვით შეირჩევა - 6Ø22 A-III, $A_s=2291$ მმ².

დანართი 4

ღუნვადი ელემენტის ნორმალური, მართკუთხა ორფაარმატურიანი კვეთის სიმტკიცის პირობიდან გრძივი მუშა არმატურის განივი კვეთის ფართობის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა.

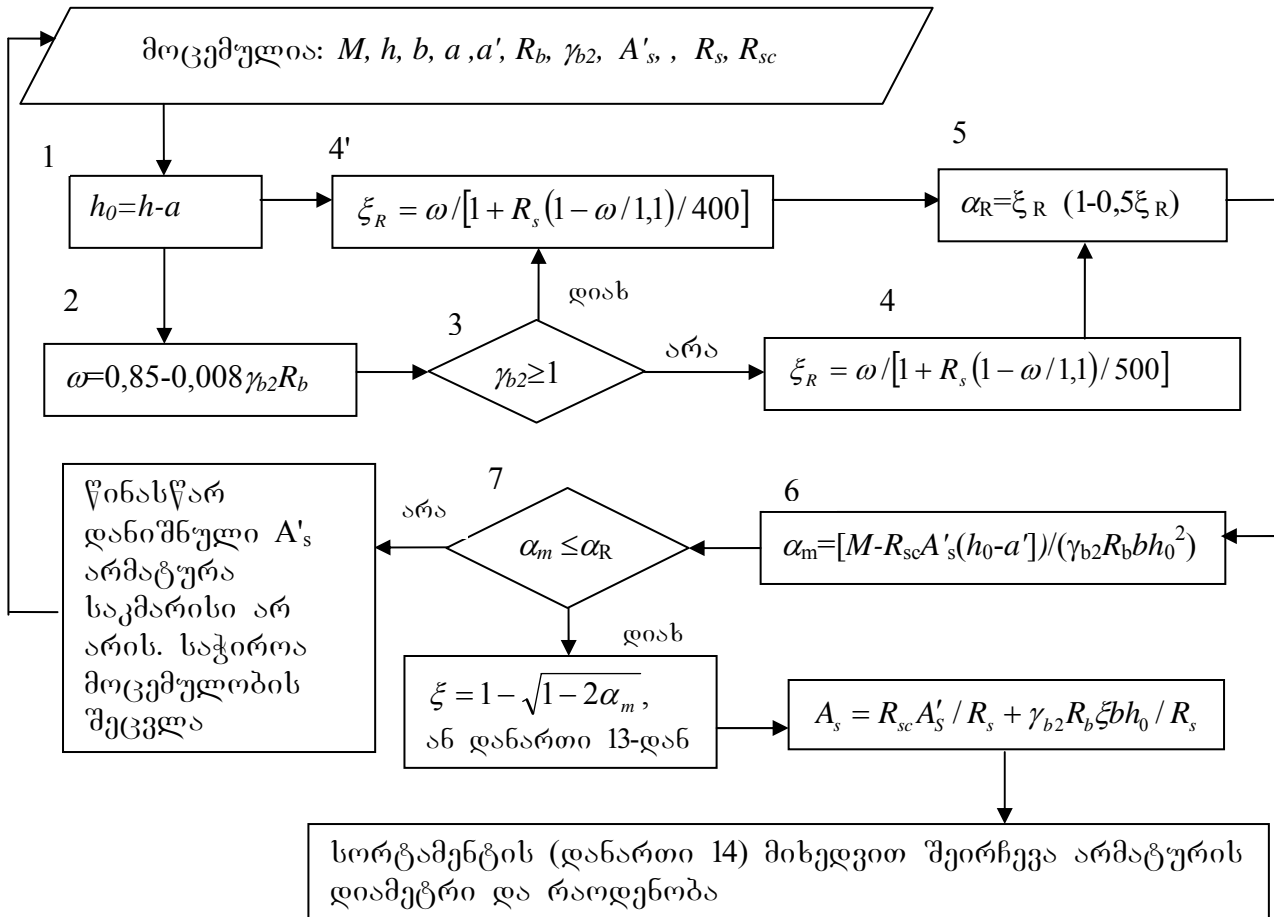


მაგალითი 4. მოცემულია: $M=800$ კნ.მ= $800 \cdot 10^6$ ნ.მმ; $h=800$ მმ; $b=300$ მმ; $a=60$ მმ., $a'=40$ მმ. ბეტონი მძიმე, B20 კლასის: $\gamma_{b2}=0,9$; $R_b=11,5$ მგპა. არმატურა A-III კლასის, $R_s=R_{sc}=365$ მგპა. $\mu_{\min}=0,0005$ ($\mu_{\min}\%=0,05\%$). განვსაზღვროთ გრძივი მუშა არმატურის განივი კვეთის ფართობი ბლოკ-სქემის მიხედვით.

1. $h_0=800-60=740$ მმ;
2. $\omega=0,85-0,008 \cdot 0,9 \cdot 11,5=0,767$;
3. $\gamma_{b2}=0,9 < 1$;
4.
$$\xi_R = \frac{0,767}{1 + \frac{365 \left(1 - \frac{0,767}{1,1}\right)}{500}} = 0,628$$
;
5. $\alpha_R=0,628(1-0,5 \cdot 0,628)=0,43$;
6.
$$\alpha_m = \frac{800 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 11,5 \cdot 300 \cdot 740^2} = 0,471$$
;
7. $\alpha_m = 0,471 > \alpha_R = 0,43$;
8.
$$A'_{s1} = \frac{800 \cdot 10^6 - 0,43 \cdot 0,9 \cdot 11,5 \cdot 300 \cdot 740^2}{365(740 - 40)} = 270 \text{ მმ}^2$$
;
9. $\mu' = 270 / (300 \cdot 740) = 0,0012$;
10. $\mu' = 0,0012 > \mu_{\min} = 0,0005$;
11. $A'_s = A'_{s1} = 270 \text{ მმ}^2$;
12.
$$A_s = \frac{365 \cdot 270}{365} + \frac{0,9 \cdot 11,5 \cdot 0,43 \cdot 300 \cdot 740}{365} = 2976 \text{ მმ}^2$$
.

სორტამენტის (დანართი 14) მიხედვით შევარჩევთ არმატურას 6Ø25 A-III, $A_s=2945$ მმ², 3Ø12 A-III, $A'_s=339$ მმ².

ღუნვადი ელემენტის ნორმალური, მართკუთხა ორფაარმატურიანი კვეთის სიმტკიცის პირობიდან გაჭიმული არმატურის განივი კვეთის ფართობის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა, როცა შეკუმშული არმატურა წინასწარ არის დანიშნული.



მაგალითი 5. მოცემულია: $M=140$ კნ.მ= $140 \cdot 10^6$ ნ.მმ; $h=500$ მმ; $b=200$ მმ; $a=a'=40$ მმ. ბეტონი მძიმე, B20 კლასის, $\gamma_{b2}=0,9$; $R_b=11,5$ მგპა. არმატურა A-III კლასის, $R_s=R_{sc}=365$ მგპა. $A'_s=402$ მმ² ($2\emptyset 16$). განსაზღვროთ გაჭიმული მუშა არმატურის განივი კვეთის A_s ფართობი ბლოკ-სქემის მიხედვით.

1. $h_0=500-40=460$ მმ;
2. $\omega=0,85-0,008 \cdot 0,9 \cdot 11,5=0,767$;
3. $\gamma_{b2}=0,9 < 1$;
4. $\xi_R = \frac{0,767}{1 + \frac{365}{500} \left(1 - \frac{0,767}{1,1}\right)} = 0,628$;
5. $\alpha_R=0,628(1-0,5 \cdot 0,628)=0,43$;
6. $\alpha_m = \frac{140 \cdot 10^6 - 365 \cdot 402(460 - 40)}{0,9 \cdot 11,5 \cdot 200 \cdot 460^2} = 0,18$;
7. $\alpha_m = 0,18 < \alpha_R = 0,43$;

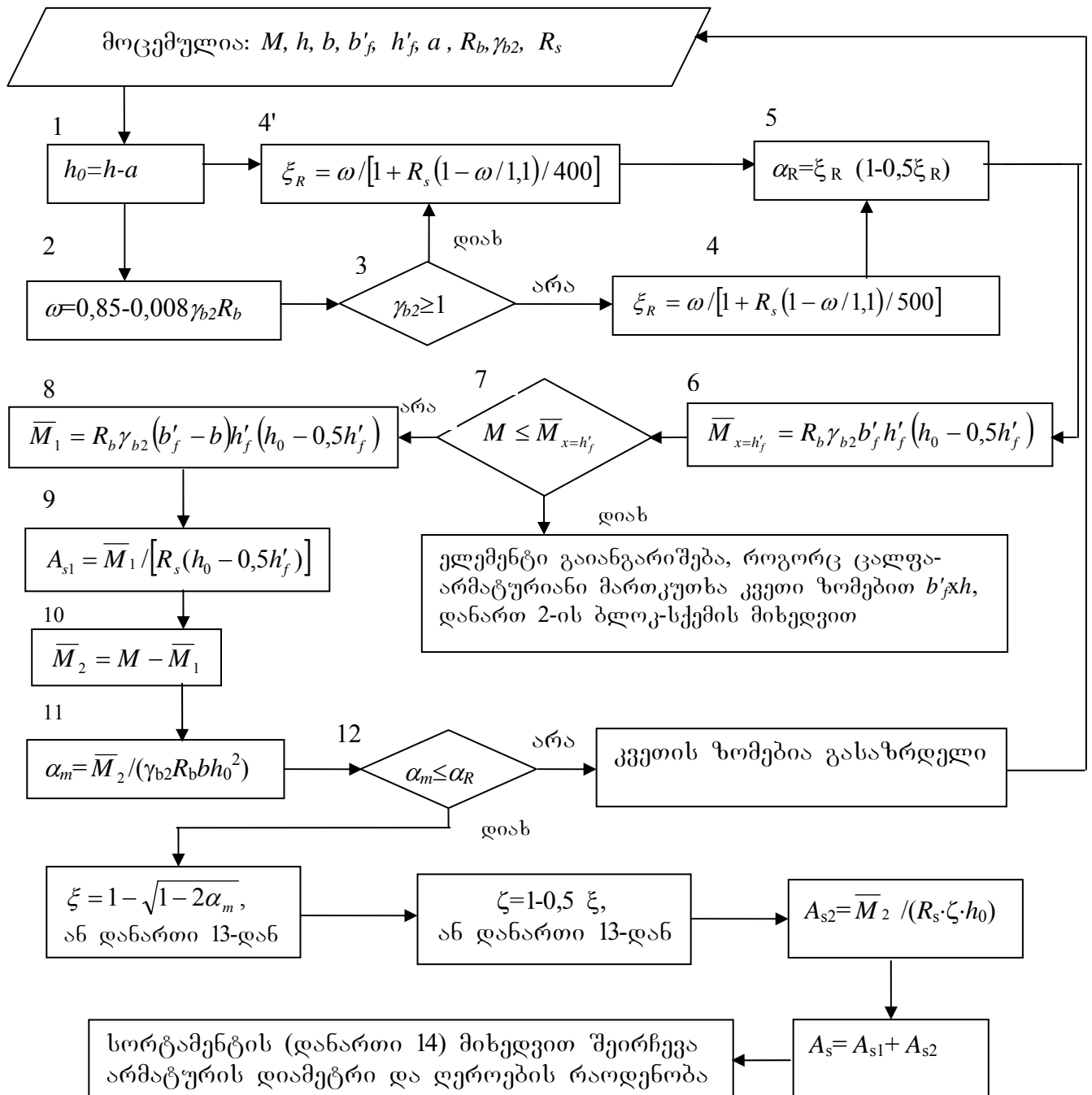
8. $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,18} = 0,2;$

9. $A_s = \frac{365 \cdot 402}{365} + \frac{0,9 \cdot 11,5 \cdot 0,2 \cdot 20 \cdot 460}{365} = 922 \text{ მმ}^2.$

სორტამენტის (დანართი 14) მიხედვით შეირჩევა არმატურას 2Ø25, $A_s=982 \text{ მმ}^2.$

დანართი 6

ღუნვადი ელემენტის ნორმალური, T-სებრი კვეთის სიმტკიცის პირობიდან გაჭიმული, მუშა არმატურის განივი კვეთის ფართობის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა.

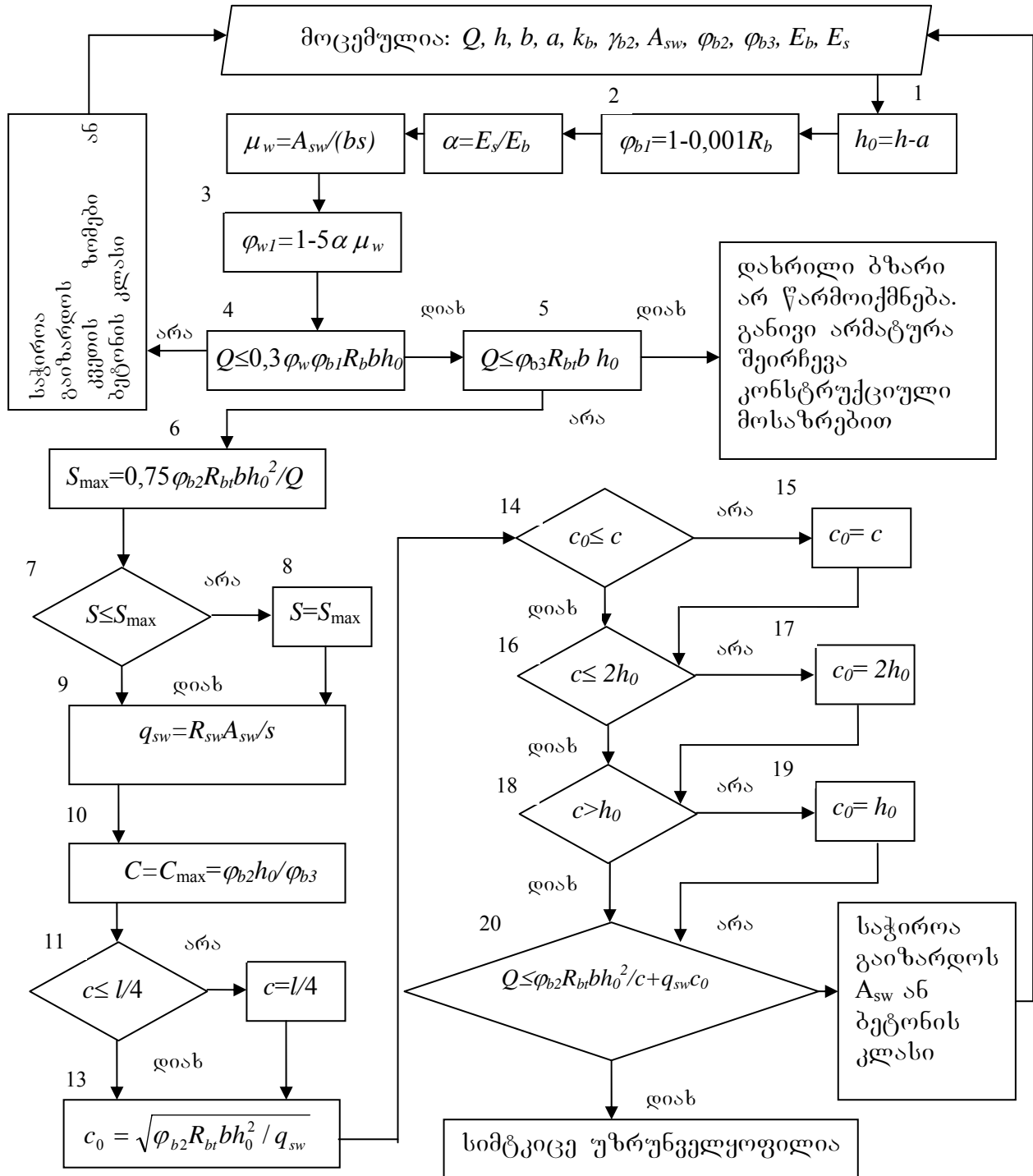


მაგალითი 6. მოცემულია: $M=260$ კნ.მ $=260 \cdot 10^6$ ნ.მმ; $h=500$ მმ; $b=250$ მმ; $b'_f=800$ მმ; $h'_f=50$ მმ; $a=50$ მმ. ბეტონი მძიმე, B20 კლასის, $\gamma_b=0,9$; $R_b=11,5$ მგპა, არმატურა A-III კლასის, $R_s=365$ მგპა. განვსაზღვროთ გაჭიმული მუშა არმატურის ფართობი ბლოკ-სქემის მიხედვით.

1. $h_0=500-50=450$ მმ;
2. $\omega=0,85-0,008 \cdot 0,9 \cdot 11,5=0,767$;
3. $\gamma_b=0,9 < 1$;
4.
$$\xi_R = \frac{0,767}{1 + \frac{365}{500} \left(1 - \frac{0,767}{1,1} \right)} = 0,628$$
;
5. $\alpha_R=0,628(1-0,5 \cdot 0,628)=0,43$;
6. $\overline{M}_{x=h'_f} = 0,9 \cdot 11,5 \cdot 800 \cdot 50(450 - 0,5 \cdot 50) = 175 \cdot 10^6$ ნ.მმ;
7. $\overline{M}_{x=h'_f} = 175 \cdot 10^6 < M = 260 \cdot 10^6$ ნ.მმ;
8. $\overline{M}_1 = 0,9 \cdot 11,5 \cdot (800 - 250) \cdot 50(450 - 0,5 \cdot 50) = 120 \cdot 10^6$ ნ.მმ;
9. $A_{s1} = \frac{120 \cdot 10^6}{365(450 - 0,5 \cdot 50)} = 844$ მმ²;
10. $\overline{M}_2 = 260 \cdot 10^6 - 120 \cdot 10^6 = 140 \cdot 10^6$ ნ.მმ;
11. $\alpha_m = \frac{140 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 11,5 \cdot 250 \cdot 450^2} = 0,267$;
12. $\alpha_m = 0,267 < \alpha_R = 0,43$;
13. 14. დანართ 13-დან $\alpha_m = 0,267$ -ს მიხედვით $\zeta=0,855$;
15. $A_{s2} = \frac{140 \cdot 10^6}{365 \cdot 0,855 \cdot 450} = 997$ მმ²;
16. $A_s = 844 + 997 = 1841$ მმ².

სორტამენტის (დანართი 14) მიხედვით შეირჩევა 4Ø25 A-III, $A_s=1963$ მმ².

თანაბრად დატვირთული, ღერძის გასწვრივ მუდმივი სიმაღლის მართკუთხა კვეთიან ღუნვად ელემენტში განივი ძალის მოქმედებაზე დახრილი კვეთის სიმტკიცის შემოწმების ბლოკ-სქემა.

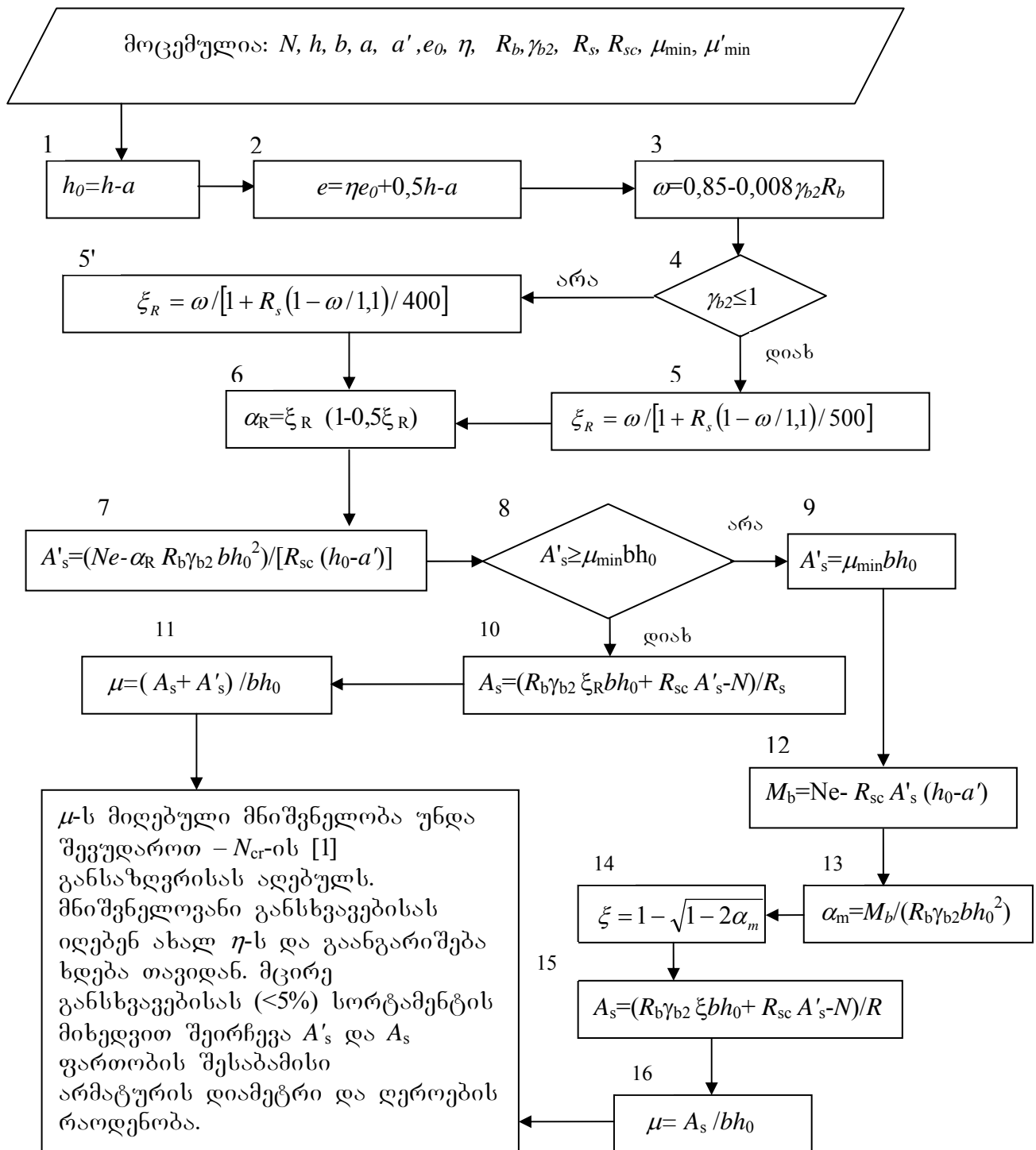


მაგალითი 7. მოცემულია: $Q=2 \cdot 10^5$ ნ; $h=600$ მმ; $b=250$ მმ; $a=40$ მმ, $l=6000$ მმ. ბეტონი მძიმე, B15 კლასის, $\gamma_b=1,0$; $R_b=8,7$ მგპა. განივი არმატურა A-III კლასის, $R_{sw}=285$ მგპა. $2\varnothing 8$, $A_{sw}=106$ მმ², $S=200$ მმ. $\phi_2=2$, $\phi_3=0,6$, $E_b=2,3 \cdot 10^4$ მგპა, $E_s=2 \cdot 10^5$ მგპა. გავიანგარიშოთ დახრილი კვეთის სიმტკიცე განივი ძალის მოქმედებაზე.

1. $h_0=600-40=560$ მმ;
 2. $\phi_{b1}=1-0,01 \cdot 8,7=0,913$;
 3. $\phi_{w1}=1+5 \frac{2 \cdot 10^5}{2,3 \cdot 10^4} \cdot \frac{106}{250 \cdot 200}=1,085$;
 4. $Q=2 \cdot 10^5 < 0,3 \cdot 1,085 \cdot 0,913 \cdot 8,7 \cdot 250 \cdot 560=3,62 \cdot 10^5$ ნ;
 5. $Q=2 \cdot 10^5 > 0,6 \cdot 1,795 \cdot 250 \cdot 560=0,667 \cdot 10^5$ ნ;
 6. $S_{max}=0,75 \cdot 2 \frac{0,795 \cdot 250 \cdot 560^2}{2 \cdot 10^5}=467$ მმ;
 7. $S=200 < S_{max}=467$ მმ;
 9. $q_{sw}=285 \cdot 106/200=143,3$ ნ/მმ;
 10. $C=2 \cdot 560/0,6=1860$ მმ;
 11. $C=1860 > l/4=6000/4=1500$ მმ;
 12. $C=1500$ მმ;
 13. $C_0=\sqrt{\frac{2 \cdot 0,795 \cdot 250 \cdot 560^2}{143,3}}=830$ მმ;
 14. $C_0=830 < C=1500$ მმ;
 16. $C_0=830 < 2 \cdot 560=1120$ მმ;
 18. $C_0=830 > 560$ მმ;
- საბოლოოდ მივიღებთ $C_0=830$ მმ.
20. $2 \cdot 10^5 < 2 \frac{0,795 \cdot 250 \cdot 560^2}{1500} + 143,3 \cdot 830 = 2,11 \cdot 10^5$ ნ.

დახრილი კვეთის სიმტკიცე განივი ძალის მოქმედების მიხედვით უზრუნველყოფილია.

არასიმეტრიულად დაარმატურებული, მართკუთხა კვეთის გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტის მუშა არმატურის განივი კვეთის ფართობის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა.

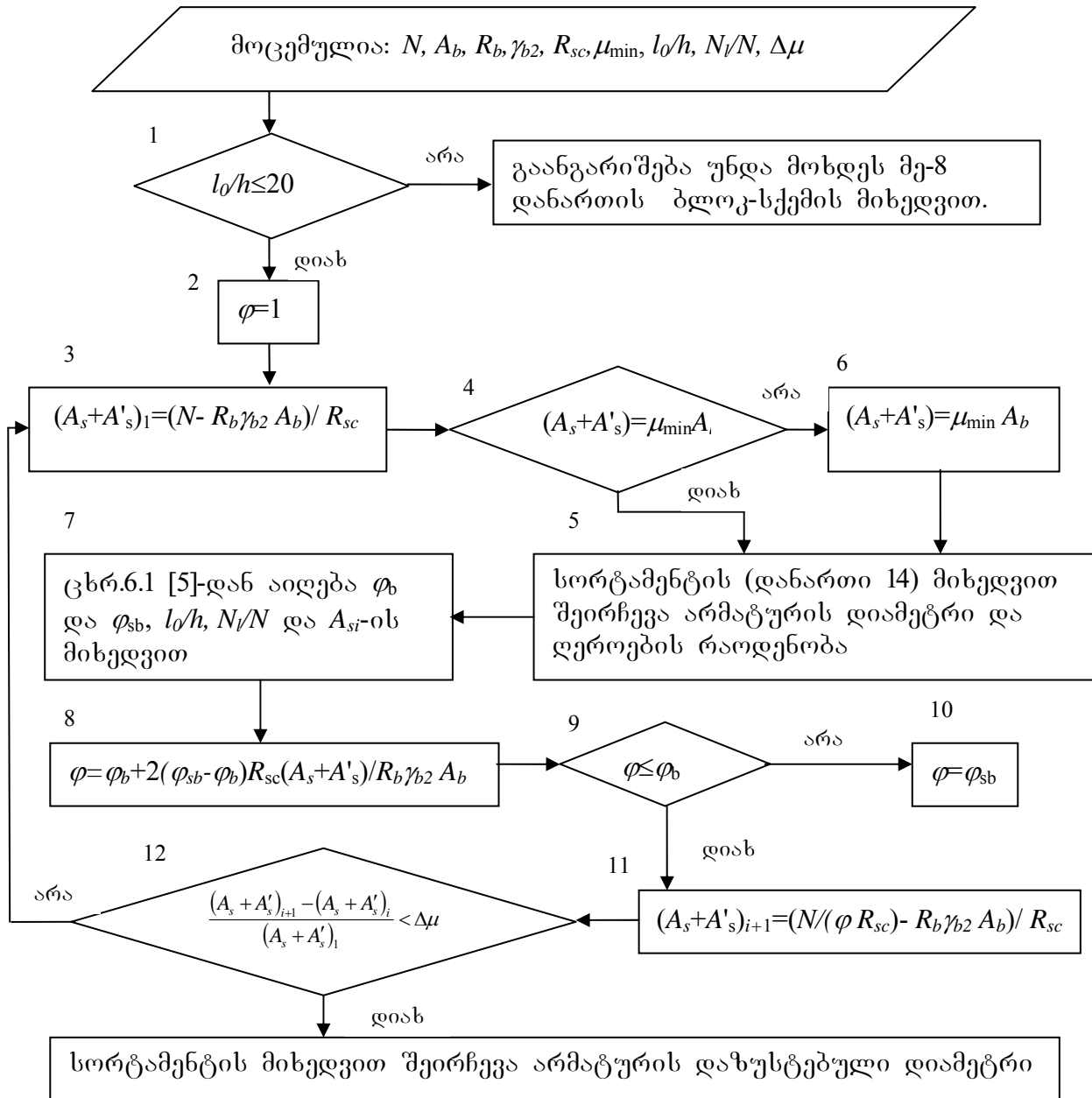


მაგალითი 8. მოცემულია: $N = 700$ კნ $= 700 \cdot 10^3$ ნ; $h = 500$ მმ; $b = 400$ მმ; $a = a' = 40$ მმ, $e_0 = 300$ მმ. ბეტონი მძიმე, B25 კლასის, $\gamma_{b2} = 0,9$; $R_b = 14,5$ მგპა. არმატურა A-III კლასის, $R_s = R_{sc} = 365$ მგპა. $\mu_{min} = 0,001$, $\eta = 1,30$. განსაზღვროთ არმატურის ფართობი.

1. $h_0=500-40=460$ მმ;
2. $e=1,3 \cdot 300+0,5 \cdot 500-40=680$ მმ;
3. $\omega=0,85-0,008 \cdot 0,9 \cdot 14,5=0,746$;
4. $\gamma_2=0,9 < 1$;
5.
$$\xi_R = \frac{0,746}{1 + \frac{360}{500} \left(1 - \frac{0,746}{1,1} \right)} = 0,6$$
;
6. $\alpha_R=0,6(1-0,5 \cdot 0,6)=0,42$;
7.
$$A'_s = \frac{700 \cdot 10^3 \cdot 680 - 0,42 \cdot 14,5 \cdot 0,9 \cdot 400 \cdot 460^2}{365(460 - 40)} = 92 \text{ მმ}^2$$
;
8. $A'_s = 92 < \mu_{\min} b h_0 = 0,001 \cdot 400 \cdot 460 = 184 \text{ მმ}^2$.
9. $A'_s = 184 \text{ მმ}^2$. სორტამენტის (დანართი 14) მიხედვით ავიღებთ შეკუმშულ არმატურას 2Ø12 A-III, $A'_s = 226 \text{ მმ}^2$.
გადავდივართ გაჭიმული არმატურის განსაზღვრაზე
12. $M_b=700 \cdot 10^3 \cdot 680 - 365 \cdot 226(460-40)=441 \cdot 10^6 \text{ ნ.მმ}$;
13.
$$\alpha_m = \frac{441 \cdot 10^6}{14,5 \cdot 0,9 \cdot 400 \cdot 460^2} = 0,4$$
;
14. $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,4} = 0,553$.
15.
$$A_s = \frac{14,5 \cdot 0,9 \cdot 0,553 \cdot 400 \cdot 460}{365} + \frac{365 \cdot 226}{365} - \frac{700000}{365} = 1932 \text{ მმ}^2$$
;
16. $\mu=1932/(400 \cdot 460) \approx 0,01$.

მიღებული μ -ს სიდიდე ახლოსაა N_{cr} -ს გამოთვლისას აღებულ μ -სთან, ამიტომ სორტამენტიდან (დანართი 14) საბოლოოდ შევარჩევთ შეკუმშულ და გაჭიმულ არმატურის ფართობს: 2Ø12 A-III, $A'_s = 226 \text{ მმ}^2$; 4Ø28 A-III, $A_s = 1963 \text{ მმ}^2$.

მართკუთხა პროფილის, შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტით შეკუმშული ელემენტის კვეთში ჩალაგებული მუშა არმატურის ფართობის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა.



მაგალითი 9. მოცემულია: $N=2200$ კნ. $N_l=1000$ კნ. $b=h=400$ მმ. $A_b = b \cdot h = 16 \cdot 10^4$ მმ². ბეტონი მძიმე, B20 კლასის; $R_b=11,5$ მგპა, $\gamma_{b2}=0,9$. არმატურა A-III კლასის, $R_{sc}=365$ მგპა. $\mu_{min} = 0,0005$, $l_0=5600$ მმ. განესაზღვროთ მუშა არმატურის ფართობი.

1. $l_0/h = 5600/400 = 14 < 20$;
2. $\varphi = 1$ (პირველი მიახლოება);
3. $(A_s + A'_s)_1 = \frac{2200000 - 11,5 \cdot 0,9 \cdot 160000}{365} = 1490$ მმ²;
4. $(A_s + A'_s)_1 = 1490 > \mu_{min} A_b = 0,0005 \cdot 160000 = 80$ მმ²;
5. შევარჩიოთ სორტამენტით $8\varnothing 20$ A-III, $(A_s + A'_s) = 2513$ მმ²;

7. როდესაც $l_0/h=14$, $N_l/N=1000/2200=0,45$ ცხრილი 6.1 [5]-დან $\varphi_b=0,855$, $\varphi_{sb}=0,875$;

$$8. \varphi=0,855+2(0,875-0,855)\cdot 365 \frac{2513}{11,5 \cdot 0,9 \cdot 160000}=0,877;$$

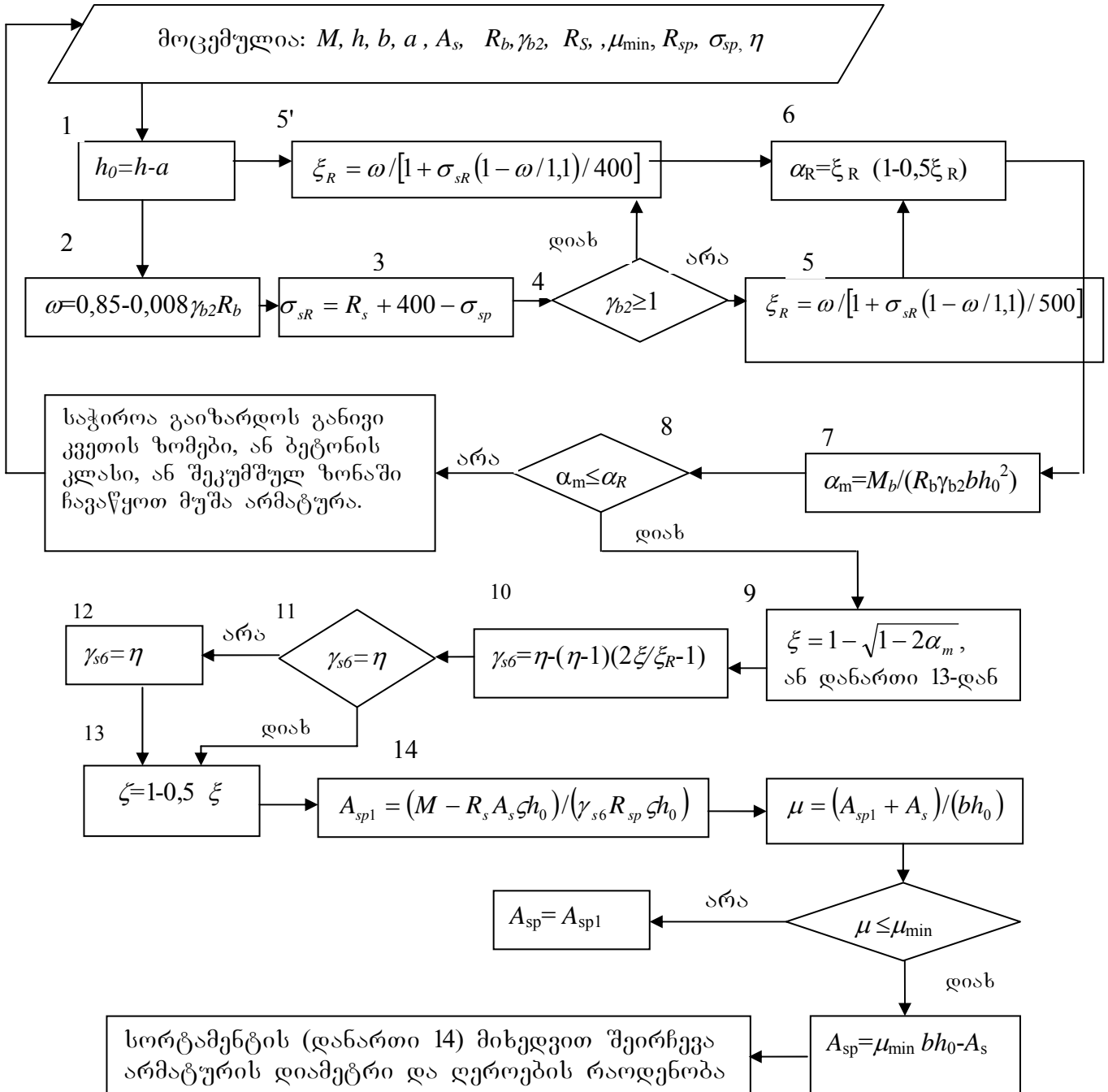
9. $\varphi=0,877 > \varphi_{sb}=0,875$;

10. $\varphi=0,875$;

$$11. (A_s+A'_s)_2=2200000/0,875 \cdot 365 - \frac{11,5 \cdot 0,9 \cdot 160000}{365} = 2352 \text{ მმ}^2;$$

12. $\Delta\mu=(2352-2513)/2513=0,065 \cong 0,05$, ანუ მეორე მიახლოება საკმარისია, ე.ი. შეგვიძლია დავტოვოთ უკვე შერჩეული არმატურის დიამეტრი და ღეროების რაოდენობა - $8\varnothing 20 \text{ A-III}$, $(A_s+A'_s)=2513 \text{ მმ}^2$.

ღუნვადი ელემენტის ნორმალური, მართკუთხა კვეთის სიმტკიცის პირობიდან წინასწარ დაძაბული არმატურის ფართობის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა.



მაგალითი 10. მოცემულია: $M=300$ კნ.მ= $300 \cdot 10^6$ ნ.მმ, $h=600$ მმ, $b=250$ მმ, $a=50$ მმ. ბეტონი მძიმე, B30 კლასის; $R_b=17$ მგპა, $\gamma_{b2}=0,9$. დაუძაბავი არმატურა A-III კლასის $2\emptyset 12$, $A_s=226$ მმ², $R_s=365$ მგპა, დაძაბული არმატურა A-V კლასის, $R_{sp}=680$ მგპ, $\sigma_{sp}=500$ მგპა. $\mu_{min}=0,0005$, $\eta=1,15$. განესაზღვროთ გრძივი დაძაბული არმატურის განივი კვეთის ფართობი.

1. $h_0=600-50=550$ მმ;
2. $\omega=0,85-0,008 \cdot 0,9 \cdot 17=0,728$;
3. $\sigma_{sR}=680+400-500=580$ მგ/კვ.ს.
4. $\gamma_{b2}=0,9 < 1$;
5. $\xi_R = \frac{0,728}{1 + \frac{580}{500} \left(1 - \frac{0,728}{1,1}\right)} = 0,523$;
6. $\alpha_R=0,523(1-0,5 \cdot 0,523)=0,387$;
7. $\alpha_m = \frac{300 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 17 \cdot 250 \cdot 550^2} = 0,26$;
8. $\alpha_m = 0,26 < \alpha_R = 0,387$;
9. $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,26} = 0,31$;
10. $\gamma_{s6} = 1,15 - (1,15 - 1) \left(\frac{2 \cdot 0,31}{0,523} - 1 \right) = 1,12$;
11. $\gamma_{s6} = 1,12 < \eta = 1,15$;
13. $A_{sp1} = \frac{300 \cdot 10^6 - 365 \cdot 226 \cdot 0,845 \cdot 550}{1,12 \cdot 680 \cdot 0,845 \cdot 550} = 1130$ მმ²;
15. $\mu = \frac{1130 + 226}{250 \cdot 550} = 0,01$;
16. $\mu = 0,01 > \mu_{\min} = 0,0005$;
17. $A_{sp1} = A_{sp} = 1130$ მმ²;

სორტამენტის (დანართი 14) მიხედვით შეირჩევა დაძაბული გრძივი არმატურა 2Ø28 A-V, $A_{sp}=1234$ მმ².

ბეტონის საანგარიშო წინაღობები R_b და R_{bt} , კლასების მიხედვით

წინაღობის სახეობა	ბეტონი	ბეტონის კლასი კუმშვის მიხედვით															
		B3,5	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	
დერძული კუმშვა (პრიზმული სიმტკიცე) R_b	მძიმე და წვრილ- მარცვლოვანი	2,1	2,80	4,50	6,00	7,50	8,50	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30	33	
	მსუბუქი	2,1	2,80	4,50	6,00	7,50	8,50	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	-	-	-	-	
	უჯრედოვანი	2,2	3,10	4,50	6,00	7,00	7,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
დერძული გაჭიმვა R_{bt}	მძიმე წვრილმარცვლოვანი ჯგუფების:	0,260	0,370	0,480	0,570	0,660	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	1,45	1,55	1,60	1,65	
	ა.	0,260	0,370	0,480	0,570	0,660	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	-	-	-	-	
	ბ.	0,170	0,270	0,40	0,45	0,57	0,64	0,77	0,90	1,00	-	-	-	-	-	-	
	გ.	-	-	-	-	-	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	1,45	1,55	1,60	1,65	
	მსუბუქი წვრილი შემკვებით:																
	მჭიდრო	0,260	0,370	0,480	0,570	0,660	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	-	-	-	-	
	ფოროვანი	0,260	0,370	0,480	0,570	0,660	0,74	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	-	-	-	-	
უჯრედოვანი	0,180	0,240	0,28	0,39	0,44	0,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

არმატურის ნორმატიული და საანგარიშო წინაღობები, დრეკადობის მოდული, მგპა.

არმატურის კლასი	დია-მეტრი	ნორმატიული R_{sn} და საანგარიშო წინაღობა $R_{s,ser}$ მეორე ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშებისას	საანგარიშო წინაღობა პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობისათვის			დრეკადობის მოდული
			გაჭიმვა		კუმშვა	
			გრძივი, განივი, დახრილი კვეთის M მომენტზე გაანგარიშებისას R_s	განივი, დახრილი კვეთის Q განივ ძალაზე გაანგარიშებისას R_{sw}		
ღეროვანი						
A-I	6...22	235	225	175	225	$2,1 \cdot 10^5$
A-II	10...32	295	280	225	280	$2,1 \cdot 10^5$
A-III	6...8	390	355	285*	355	$2 \cdot 10^5$
A-III	10...40	390	365	290*	365	$2 \cdot 10^5$
A-III _B კონტროლით: წაგრძელებაზე	20...40	540	490	390	200	$1,8 \cdot 10^5$
ძაბვასა და წაგრძელებაზე	20...40	540	450	360	200	$1,8 \cdot 10^5$
A-IV	10...32	590	510	405	400	$1,9 \cdot 10^5$
A-V	10...32	785	680	545	400	$1,9 \cdot 10^5$
A-VI	10...32	980	815	650	400	$1,9 \cdot 10^5$
მათულოვანი						
B _p -I	3	410	375	270(300**)	375	$1,7 \cdot 10^5$
	4	405	365	265(296**)	365	$1,7 \cdot 10^5$
	5	395	360	260(290**)	360	$1,7 \cdot 10^5$
B-II	3	1490	1240	990	400	$2 \cdot 10^5$
	4	1410	1180	940	400	$2 \cdot 10^5$
	5	1335	1110	890	400	$2 \cdot 10^5$
	6	1255	1050	835	400	$2 \cdot 10^5$
	7	1175	980	785	400	$2 \cdot 10^5$
B _p -II	8	1100	915	730	400	$2 \cdot 10^5$
	3	1460	1215	970	400	$2 \cdot 10^5$
	4	1370	1145	915	400	$2 \cdot 10^5$
	5	1250	1045	835	400	$2 \cdot 10^5$
	6	1175	980	785	400	$2 \cdot 10^5$
	7	1100	915	730	400	$2 \cdot 10^5$
	8	1020	850	680	400	$2 \cdot 10^5$
ბაგირები						
K-7	6	1450	1210	965	400	$1,8 \cdot 10^5$
	9	1370	1145	915	400	$1,5 \cdot 10^5$
	12	1335	1110	890	400	$1,5 \cdot 10^5$
	15	1295	1080	865	400	$1,5 \cdot 10^5$
K-19	14	1410	1175	940	400	$1,5 \cdot 10^5$

* - შედუღებულ კარკასებში A-III კლასის არმატურის ცალკეობისათვის, რომელთა დიამეტრი ნაკლებია გრძივი არმატურის დიამეტრის 1/3-ზე, $R_{sw}=255$ მგპა.

** - არმატურის ხელით შეკრულ კარკასებში გამოყენებისას.

ξ, ζ და α_m კოეფიციენტების ცხრილი რკინაბეტონის ღუნვადი ელემენტების სიმტკიცეზე გასაანგარიშებლად

ξ=x/h ₀	ζ	α _m	ξ=x/h ₀	ζ	α _m
0,01	0,995	0,01	0,35	0,82	0,295
0,02	0,99	0,02	0,37	0,815	0,301
0,03	0,98	0,03	0,38	0,81	0,309
0,04	0,985	0,039	0,39	0,805	0,314
0,05	0,975	0,048	0,4	0,8	0,32
0,06	0,97	0,058	0,41	0,795	0,326
0,07	0,965	0,067	0,42	0,79	0,332
0,08	0,96	0,077	0,43	0,785	0,337
0,09	0,955	0,085	0,44	0,78	0,343
0,1	0,95	0,095	0,45	0,775	0,349
0,11	0,945	0,104	0,46	0,77	0,354
0,12	0,94	0,113	0,47	0,765	0,359
0,13	0,935	0,121	0,48	0,76	0,365
0,14	0,93	0,13	0,49	0,755	0,37
0,15	0,925	0,139	0,5	0,75	0,375
0,16	0,92	0,147	0,51	0,745	0,38
0,17	0,915	0,155	0,52	0,74	0,385
0,18	0,91	0,164	0,53	0,735	0,39
0,19	0,905	0,172	0,54	0,73	0,394
0,20	0,9	0,18	0,55	0,725	0,399
0,22	0,89	0,196	0,57	0,715	0,408
0,24	0,88	0,211	0,59	0,705	0,416
0,26	0,87	0,226	0,61	0,695	0,424
0,28	0,86	0,241	0,63	0,685	0,432
0,30	0,85	0,255	0,65	0,675	0,439
0,32	0,84	0,269	0,67	0,665	0,446
0,34	0,83	0,282	0,69	0,655	0,452

დეროვანი და მავთულოვანი არმატურის სორტამენტი

დიამეტრი, მმ	განივი კვეთის ფართობი, სმ ² , დეროვების რაოდენობის მიხედვით									დეროს 1 მ მასა კგ	არმატურა								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		დეროვანი						მავთულოვანი		
											A-I	A-II	A-III	A-IV	A-V	A-VI	B _p -I	B-II	B _p -II
3	0,071	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,57	0,64	0,055	-	-	-	-	-	-	+	+	+
4	0,126	0,25	0,36	0,50	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13	0,099	-	-	-	-	-	-	+	+	+
5	0,196	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	0,154	-	-	-	-	-	-	+	+	+
6	0,283	0,57	0,89	1,13	1,42	1,7	1,98	2,26	2,55	0,222	+	-	+	-	-	-	-	+	+
7	0,385	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	0,302	-	-	-	-	-	-	-	+	+
8	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,53	0,395	+	-	+	-	-	-	-	+	+
10	0,780	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,5	6,28	7,07	0,617	+	+	+	+	+	+	-	-	-
12	1,131	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	0,888	+	+	+	+	+	+	-	-	-
14	1,539	3,08	4,63	6,16	7,69	9,23	10,77	12,31	13,85	1,208	+	+	+	+	+	+	-	-	-
16	2,011	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,1	1,578	+	+	+	+	+	+	-	-	-
18	2,545	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,9	1,998	+	+	+	+	+	+	-	-	-
20	3,142	6,28	9,41	12,56	15,71	18,85	21,99	25,14	28,28	2,466	-	+	+	+	+	+	-	-	-
22	3,801	7,60	11,40	15,20	19,0	22,81	26,61	30,41	34,21	2,984	+	+	+	+	+	+	-	-	-
25	4,909	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,13	3,84	-	+	+	+	+	+	-	-	-
28	6,158	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	4,83	-	+	+	+	+	+	-	-	-
32	8,042	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	6,31	-	+	+	+	+	+	-	-	-
36	10,18	20,36	30,54	40,72	50,90	61,08	71,26	81,44	91,62	7,99	-	-	+	-	-	-	-	-	-
40	12,560	25,12	37,68	50,24	62,80	75,36	87,36	87,92	100,48	9,805	-	-	+	-	-	-	-	-	-

შენიშვნა: ნიშანი „+“-ით აღნიშნულია იმ დიამეტრის არმატურა, რომელსაც წარმოება უშვებს

ა. ყველა სახის აგურისა და კერამიკული ქვის წყობის R (მგპა) საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე

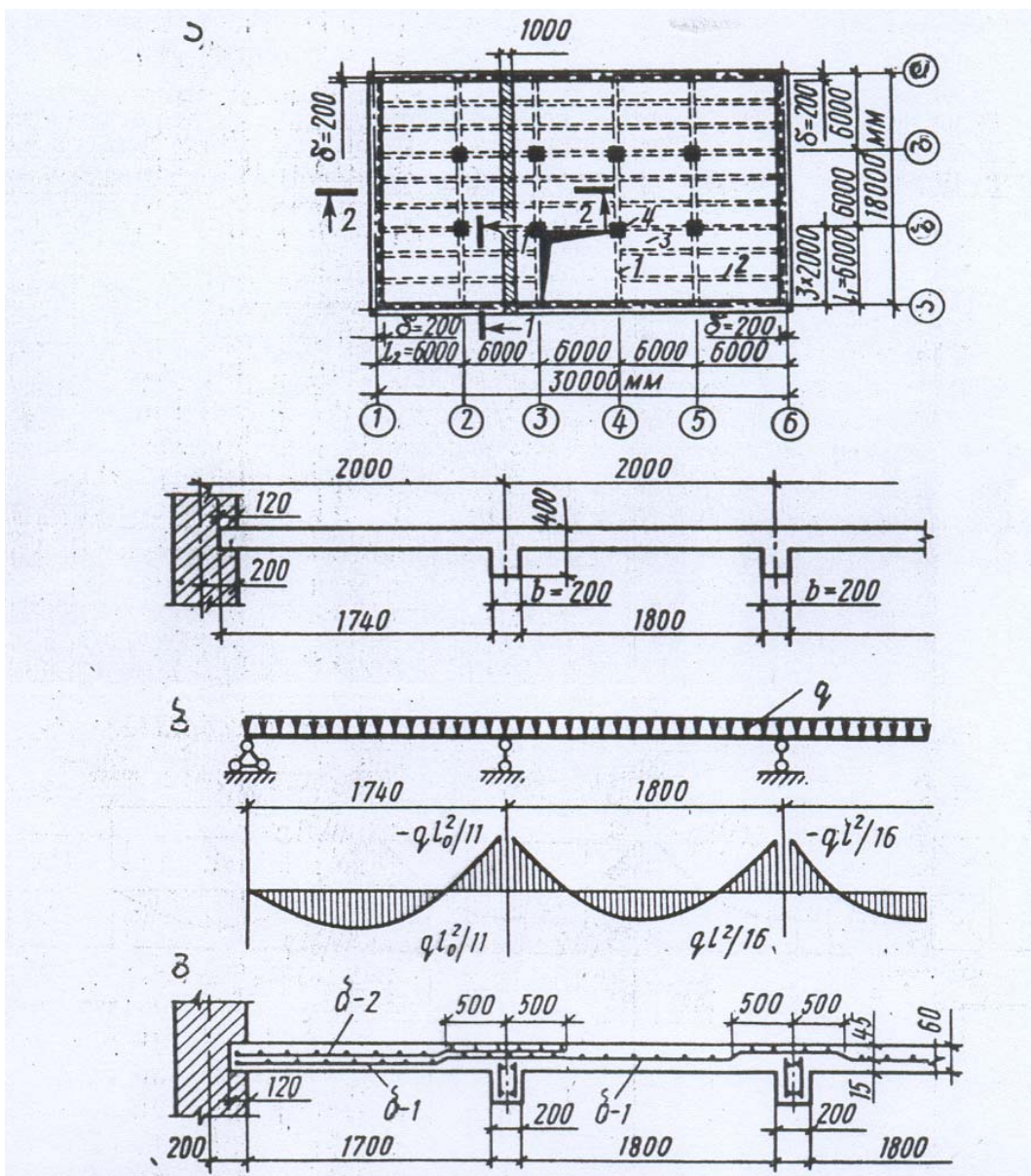
აგურის ან ქვის მარკა	ღუღაბის მარკა								ღუღაბის სიმტკიცე მგპა	
	200	150	100	75	50	25	10	4	0,2	0
300	3,9	3,6	3,3	3,0	2,8	2,5	2,2	1,8	1,7	1,5
250	3,6	3,3	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6	1,5	1,3
200	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,0
150	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8
125		2,2	2,0	1,9	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,7
100		2,0	1,8	1,7	1,5	1,3	1,0	0,9	0,8	0,6
75			1,5	1,4	1,3	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5
50				1,1	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5	0,35
35				0,9	0,8	0,7	0,6	0,45	0,4	0,25

ბ. აგურისა და სწორი ფორმის ქვების წყობის საანგარიშო წინაღობა (მგპა), წყობის გაჭიმვაზე, ჭრაზე ან ღუნვაზე გაანგარიშებისას, როდესაც რღვევის ბზარი გადის აგურზე ან ქვაზე

დაძაბული მდგომარეობა	ქვის მარკა									
	200	150	100	75	50	35	25	15	10	
ღერძული გაჭიმვა R_t	0,25	0,2	0,18	0,13	0,1	0,08	0,06	0,06	0,03	
გაჭიმვა ღუნვისას და მთავარი გამჭიმავი ძაბვები R_{tb}, R_{bw}	0,4	0,3	0,25	0,2	0,16	0,12	0,1	0,07	0,05	
ჭრა R_{sq}	0,1	0,8	0,65	0,55	0,4	0,3	0,2	0,14	0,09	

რკინაბეტონის მონოლითური, წიბოვანი, კოჭური ფილებით სართულთშორისი გადახურვის სიმტკიცეზე გაანგარიშება და კონსტრუირება

დასაპროექტებელია რკინაბეტონის სართულთშორისი გადახურვა შენობის, რომლის გეგმაში დაკვალვის ღერძებს შორის მანძილია 18x38 მ (ნახ.1ა). კედლები მზიდია, აგურის. დაკვალვის ღერძები გადის კედლის შიგა კიდიდან 20 სმ-ის დაშორებით. გადახურვაზე მოსული სასარგებლო, დროებითი ნორმატიული დატვირთვა $V=2000$ პა-ს, სადაც ხანმოკლე დატვირთვაა 700 პა. დატვირთვის მიხედვით საიმედოობის კოეფიციენტი $\gamma=1.2$. შენობა პასუხისმგებლობის ხარისხის მიხედვით განეკუთვნება I კლასს, ამიტომ შენობის დანიშნულების მიხედვით საიმედოობის კოეფიციენტი $\gamma_n = 1$.



ნახ. 81. მონოლითური სართულთშორისი წიბოვანი, კოჭური ფილებით გადახურვის გაანგარიშებისათვის:
 ა-გადახურვის კონსტრუქციული გაერთმთლიანება; ბ-კოჭური ფილის კონსტრუქციული და საანგარიშო სქემა; გ-კოჭური ფილის დაარმატურება; 1-მთავარი კოჭი; 2-დამხმარე კოჭი; 3-ფილა; 4-სვეტი

ბეტონი მძიმე, B15 კლასის ($\gamma_{b2}=0,9$, $R_b=0,9 \cdot 8,5=7,65$ მგპა, $R_{br}=0,9 \cdot 0,75=0,68$ მგპა, $E_b=2,3 \cdot 10^4$ მგპა). ფილა დაარმატურებულია შედუღებული, რულონური ბადეებით. გრძივი არმატურაა B_p-I კლასის ($\emptyset 3$, $R_s=375$ მგპა; $\emptyset 4$, $R_s=365$ მგპა; $\emptyset 5$, $R_s=360$ მგპა); კოჭების დაარმატურება: შედუღებული კარკასებით A-III კლასის გრძივი მუშა არმატურით ($R_s=365$ მგპა), განივი არმატურა B_p-I კლასის ($R_{sw}=260$ მგპა, $E_s=1,7 \cdot 10^5$ მგპა) და A-III კლასის ($R_{sw}=285$ მგპა, $E_s=2 \cdot 10^5$ მგპა). (მასალების საანგარიშო მახასიათებლები აღებულია დანართ 11 და 12-დან).

გადახურვის გაერთმთლიანება

სართულთშორის გადახურვაში მიზანშეწონილია სვეტების ბადე კვადრატული იყოს $l_1 \times l_2 = 6 \times 6$ მ. მთავარი კოჭები განვაღაგოთ სვეტებზე გეგმის განივი მიმართულებით, ხოლო დამხმარე კოჭები მთავარ კოჭებზე – გრძივი მიმართულებით, ყოველ 2 მ-ზე. ამრიგად, მთავარი და დამხმარე კოჭების ნომინალური მაღია $l_1=l_2=6$ მ, ფილისა – $l_{ფ}=2$ მ. მთავარი კოჭი 3-მალიანია, დამხმარე – 5 – მალიანი, ფილა – 9 – მალიანი.

ფილის გაანგარიშება

რადგან „სუფთა“ ფილის გვერდების შეფარდება $l_2/l_{ფ}=6/2=3 > 2$, ამიტომ ფილას ვანგარიშობთ მოკლე გვერდის მიმართულებით, ნომინალური მაღით $l_{ფ}=2$ მ. საანგარიშო სქემა მოცემულია 81-ე ნახაზზე. ფილის სისქე აღებულია $h_{ფ}=6$ სმ.

წინასწარ დაენიშნოთ გადახურვის სხვა ელემენტების განივკვეთის ზომები:

დამხმარე კოჭი – $h_{დკ}=l_2/15=600/15=40$ სმ; $b_{დკ}=0,5 h_{დკ}=40/2=20$ სმ;

მთავარი კოჭი – $h_{გკ}=l_1/12=600/12=50$ სმ; $b_{გკ}=0,5 h_{გკ}=50/2=25$ სმ.

დამხმარე კოჭის მიღებული სივანის გათვალისწინებით ფილის საანგარიშო მაღის ზომა იქნება: შუა მაღის – $l_{02}=200-20=180$ სმ; განაპირა მაღის – $l_{01}=200-20-0,5 \cdot 2 - \frac{1}{3} \cdot 12=174$ სმ.

გაანგარიშებისათვის გამოვყოთ 1 მ სივანის ფილა (ნახ. 81,ა-დაშტრიხული). მაშინ 1 გრძივ მეტრზე მოსული დატვირთვა 1 მ²-ზე დატვირთვის ტოლი იქნება.

ფილის 1 მ²-ზე მოსული დატვირთვის გაანგარიშება

დატვირთვის სახეობა	ნორმატიული დატვირთვა, პა	დატვირთვის მიხედვით საიმედოობის კოეფიციენტი γ_f	საანგარიშო დატვირთვა, პა
მუდმივი (გადახურვის მასისაგან)			
1. იატაკი	1000	1,3	1300
2. რკინაბეტონის ფილა 0,06X25X1000	1500	1,1	1650
ჯამი	2500	-	2950
დროებითი დატვირთვა	2000	1,2	2400
სულ	4500	-	5350

მღუნავი მომენტები ფილაში განისაზღვრება ძალვათა გადანაწილების გათვალისწინებით. განაპირა მაღში და პირველ შუალედურ საყრდენზე

$$M = \pm \frac{ql_{01}^2}{11} = \frac{5,35 \cdot 1,74^2}{11} = \pm 1,47 \text{ კნ.მ.} \quad \text{შუა მალში და შუალედურ საყრდენებზე}$$

$$M = \pm \frac{ql_{01}^2}{16} = \frac{5,35 \cdot 1,8^2}{16} = \pm 1,08 \text{ კნ.მ.}$$

დაარმატურებისათვის ავიღოთ: მავთული $\varnothing 4$ მმ, ხოლო ფილის კვეთის მუშა სიმაღლე $h_0 = 6 - 1 - 0,5 \cdot 0,4 = 4,8$ სმ. მაშინ $b = 1$ მ სიგანის ფილაში მუშა არმატურის ფართობი გამოითვლება შემდეგნაირად:

განაპირა მალში და პირველ შუალედურ საყრდენზე

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{1,47}{7,65 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0,048^2} = 0,083; \quad \text{დანართ 13-დან } \xi = 0,088.$$

$$A_s = \xi b h_0 \frac{R_b}{R_s} = 0,088 \cdot 100 \cdot 4,8 \frac{7,65}{365} = 0,9 \text{ სმ}^2.$$

შუა მალში და შუა საყრდენებზე

$$\alpha_m = \frac{1,08}{7,65 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0,048^2} = 0,061, \quad \xi = 0,063.$$

$$A_s = 0,063 \cdot 100 \cdot 4,8 \frac{7,65}{365} = 0,63 \text{ სმ}^2.$$

ფილის დაარმატურება ხდება უწყვეტი რულონური ბადით (ბ-1) $\frac{4B_p - I - 200}{3B_p - I - 250} 1040$. 1 მ სიგანის ზოლში ლაგდება $5\varnothing 4$ $B_p - I$ ბიჯით 200 მმ. $A_s = 0,63$

სმ². განაპირა მალეებში და კედლიდან პირველ შუა საყრდენებზე საჭირო არმატურის ფართობი $A_s = 0,63$ სმ². ე.ი. ბ-1 არ ყოფნის. ამიტომ განაპირა მალეებში ეწყობა იმავე მარკის დამატებითი ბადეები ბ-2 (იხ.ნახ.81,გ).

დამხმარე კოჭის გაანგარიშება.

წინასწარ დანიშნული გეომეტრიული ზომების თანახმად დამხმარე კოჭის საანგარიშო მალი იქნება (ნახ. 82,ა,ბ).

- განაპირა მალეებში $l_{01} = 600 - 20 - 0,5 \cdot 25 + 0,5 \cdot 25 = 580$ სმ,

- შუა მალეებში $l_{02} = 600 - 25 = 575$ სმ.

დატვირთვა კოჭის 1 გრძივ მეტრზე იქნება

მუდმივი $g = 2,95 \cdot 2 + 0,2(0,4 - 0,06)25 \cdot 1,1 = 7,77$ კნ/მ;

დროებითი $v = 2,4 \cdot 2 = 4,8$ კნ/მ.

მლუნავი მომენტი განაპირა მალში

$$M = \frac{(g + v)l_{01}^2}{11} = \frac{(7,77 + 4,8) \cdot 5,8^2}{11} = 38,44 \text{ კნ.მ}$$

პირველ შუალედურ საყრდენზე $M = -\frac{(g + v) \cdot l_{01}^2}{14} = -\frac{(7,77 + 4,8) \cdot 5,8^2}{14} = -30,2 \text{ კნ.მ.}$

შუა მალეებში და შუა საყრდენებზე $M = \pm \frac{(g + v) \cdot l_{02}^2}{16} = \pm \frac{(7,77 + 4,8) \cdot 5,75^2}{16} = \pm 25,97 \text{ კნ.მ.}$

განივი ძალა:

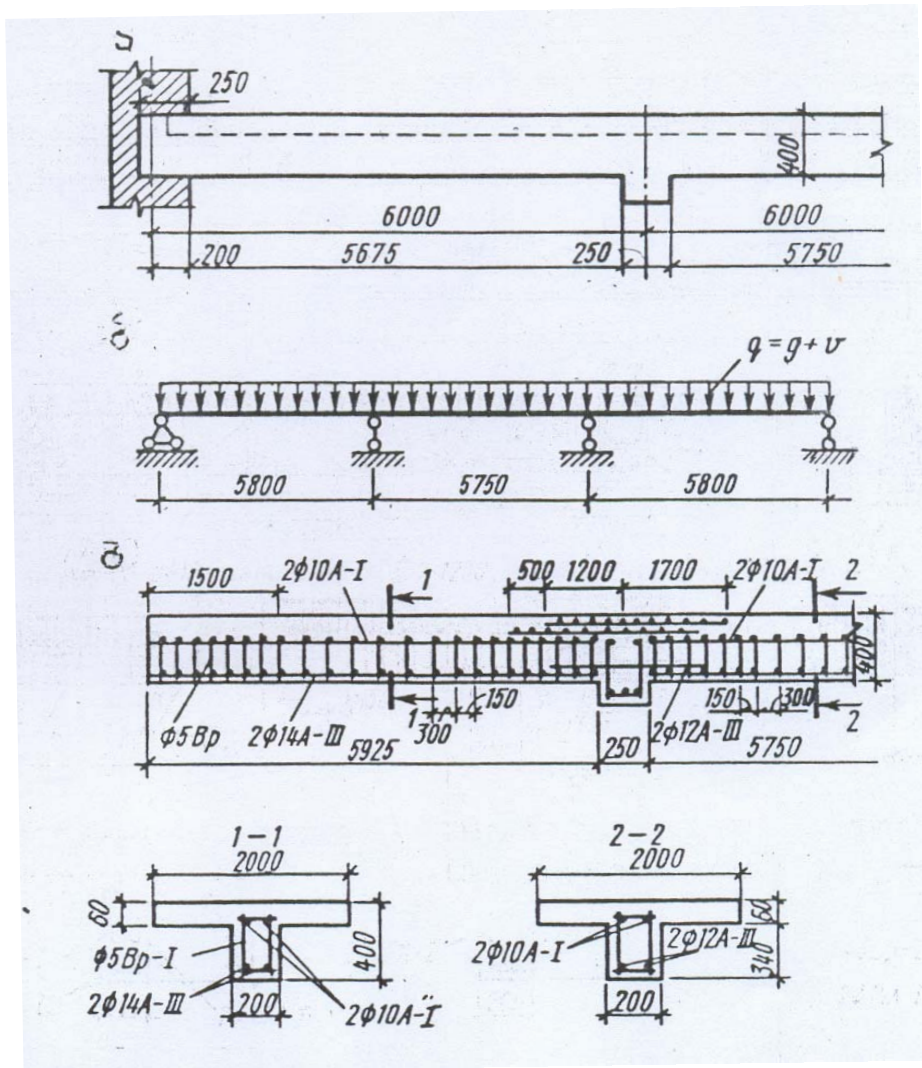
განაპირა საყრდენზე $Q_A = 0,4(g + v) \cdot l_{01} = 0,4(7,77 + 4,8) \cdot 5,8 = 29,16 \text{ კნ.}$

პირველ შუალედურ საყრდენზე მარცხნიდან

$$Q_{B1} = -0,6(g + v) \cdot l_{01} = -0,6(7,77 + 4,8) \cdot 5,8 = -43,74 \text{ კნ.}$$

პირველ შუალედურ საყრდენზე მარჯვნიდან და ყველა შუა საყრდენზე

$$Q_{B2} = \pm 0,5(g + v) \cdot l_{02} = \pm 0,5(7,77 + 4,8) \cdot 5,75 = \pm 36,14 \text{ კნ.}$$



ნახ. 82. დამხმარე კოჭის განგარიშებისათვის:
 ა-საყალიბე ნახაზი; ბ-საანგარიშო სქემა; გ-დაარმატურება

შევამოწმოთ პირობა, რომლის მიხედვით მოწმდება კოჭის განივი კვეთის ზომების საკმარისობა

$$Q \leq 0,3\varphi_{w1} \cdot \varphi_{b1} R_b b h_0; \quad \alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{1,7 \cdot 10^5}{2,3 \cdot 10^4} = 7,39.$$

დავუშვათ, რომ განივი არმატურის დიამეტრია 5 მმ, ხოლო ბიჯი – 15 სმ.

კვეთში ჩალაგებულია ორი კარკასი, მაშინ $\mu_w = \frac{2 \cdot 0,196}{20 \cdot 15} = 0,0026;$

$\varphi_w = 1 + 5\alpha\mu_w = 1 + 5 \cdot 7,39 \cdot 0,0026 = 1,09;$ $\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \cdot 7,65 = 0,92.$

დავუშვათ, რომ გრძივი მუშა არმატურის დიამეტრია 20 მმ, მაშინ დამხმარე კოჭის განივი კვეთის მუშა სიმაღლე იქნება $h_0 = h - a - \frac{d}{2} = 40 - 2 - 0,5 \cdot 2 = 37$ სმ.

მიღებული სიდიდეები ჩავსვათ კვეთის ზომების საკმარისობის პირობაში

$Q = 43740 \text{ ნ} < 0,3 \cdot 1,09 \cdot 0,92 \cdot 7,65 \cdot 20 \cdot 37 \cdot 100 = 170306 \text{ ნ}.$ პირობა დაცულია, მაშასადამე კოჭის განივი კვეთის ზომები საკმარისია.

კოჭის ნორმალური კვეთის გაანგარიშება.

დამხმარე კოჭის განივი კვეთი T-სებრია. დადებით მომენტებზე გაანგარიშებისას თაროს სიგანე აიღება b_f -ის ტოლი. რადგან $h'_f=6$ სმ $>0,1h=0,1\cdot40=4$ სმ, b'_f -ის სიდიდე მიიღება უმცირესი შემდეგი ორი სიდიდიდან:

$$b'_f = 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot l_{02} + b = 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 5,75 + 20 = 211 \text{ სმ და } b'_f=200 \text{ სმ. ე.ი. } b'_f=200 \text{ სმ.}$$

გამოვთვალოთ გრძივი მუშა არმატურის საჭირო ფართობი

$$1) \text{ განაპირა მალში: } \alpha_m = \frac{M}{R_b \cdot b_f \cdot h_0^2} = \frac{38,44}{7,65 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 0,37^2} = 0,018.$$

მე-13 დანართიდან $\xi = 0,018 < \frac{h'_f}{h_0} = \frac{6}{37} = 0,16$ ე.ი. ნეიტრალური ღერძი გადის

თაროს ფარგლებში. მაშინ გრძივი არმატურის ფართობი $A_s = \frac{R_b b h_0 \xi}{R_s} = \frac{7,65 \cdot 200 \cdot 37 \cdot 0,018}{365} = 2,79$ სმ². დაარმატურების მინიმალური

პროცენტის $\mu=0,05\%$ -ის მიხედვით მიიღება $A_{s,\min} = 0,0005 \cdot 20 \cdot 37 = 0,37$ სმ². მივიღოთ 2Ø14 A-III, $A_s=3,08$ სმ².

$$2) \text{ შუა მალში } \alpha_m = \frac{25,97}{7,65 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 0,37^2} = 0,012; \xi=0,012.$$

$$A_s = \frac{7,65 \cdot 200 \cdot 37 \cdot 0,012}{365} = 1,86 \text{ სმ}^2. \text{ მივიღოთ } 2\text{Ø}12 \text{ A-III, } A_s=2,26 \text{ სმ}^2.$$

3) პირველ შუალედურ საყრდენზე (კვეთის საანგარიშო ზომებია $b \times h=20 \times 40$ სმ).

$$\alpha_m = \frac{30,2}{7,65 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,37^2} = 1,44; \text{ შესაბამისი } \xi=0,157.$$

$$\text{არმატურის ფართობი } A_s = \frac{7,65 \cdot 20 \cdot 37 \cdot 0,157}{365} = 2,44 \text{ სმ}^2.$$

$$\text{მივიღოთ ბადე } \frac{4B_p - I - 250}{5B_p - I - 150} \cdot 2940. \text{ შესაბამისი } A_s=2,61 \text{ სმ}^2.$$

$$4) \text{ შუა საყრდენებზე } \alpha_m = \frac{25,97}{7,65 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,37^2} = 0,124; \text{ შესაბამისი } \xi=0,134.$$

$$A_s = \frac{7,65 \cdot 20 \cdot 37 \cdot 0,134}{365} = 2,08 \text{ სმ}^2.$$

მივიღოთ იგივე ბადე რაც პირველ შუა საყრდენზე.

კოჭის დახრილი კვეთის გაანგარიშება.

დახრილ კვეთში ბზარი არ წარმოიქმნება თუ დაცულია პირობა:

$Q \leq 0,6R_{bt}bh$; $Q = 43740$ ნ $>0,6 \cdot 0,68 \cdot 10^2 \cdot 20 \cdot 37=302006$, ე.ი. დახრილი ბზარი წარმოიქმნება და გაანგარიშება განივ ძალაზე საჭიროა.

მივიღოთ განივი არმატურა მავთულოვანი Ø5B_p-I, ორტოტა - n=2. (რადგან კოჭში ჩალაგებულია ორი ბრტყელი კარკასი), ბიჯით 15 სმ. მაშინ

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{S} = \frac{260 \cdot 0,39 \cdot 10^2}{15} = 676 \text{ ნ/სმ.}$$

გამოვთვალოთ საშიში დახრილი კვეთის პროექცია

$$c_0 = \sqrt{\frac{n \cdot R_{bt} \cdot bh_0^2}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,68 \cdot 10^2 \cdot 20 \cdot 37^2}{676}} = 78,2 \text{ სმ.}$$

რადგან $C_0=78,2 \text{ სმ} > 2 h_0=2 \cdot 37=74 \text{ სმ}$. ამიტომ განივი ძალა, რომელსაც აიტანს განივი არმატურა და ბეტონი იქნება

$$Q_{sb} = Q_{sw} + Q_b = q_{sw} c_0 + \frac{M_b}{c} = q_{sw} c_0 + \frac{\varphi_{b2} \cdot R_{bt} b h_0^2}{c} = 676 \cdot 74 + \frac{2 \cdot 0,68 \cdot 10^2 \cdot 20 \cdot 37^2}{78,2} = 102879 \text{ ნ} = 102,88 \text{ კნ} > Q = 43,74 \text{ კნ.}$$

როგორც ვხედავთ ყველაზე საშიში დახრილი კვეთის ზიდვის უნარი უზრუნველყოფილია. მაშასადამე საყრდენებთან ახლოს ($l/4$ ნაწილზე) კონსტრუქციული მოსაზრებით ჩალაგებული განივი არმატურა საკმარისია.

კოჭის მალეების შუა ნაწილში $\varnothing 5B_p-I$ არმატურის ბიჯს ავიღებთ

$$S = \left(\frac{3}{4}\right)h = \left(\frac{3}{4}\right) \cdot 40 = 30 \text{ სმ.}$$

კოჭის დაარმატურება მოცემულია 82,გ ნახაზზე.

დანართი 17

ბადეებით დაარმატურებული აგურის ბოძის ზიდვის უნარის გაანგარიშება

გაგვიანგარიშოთ აგურის დაარმატურებული ბოძის ზიდვის უნარი, რომლის გეგმაში ზომებია $b \times h = 51 \times 64$ სმ, საანგარიშო სიმაღლე $H = 3$ მ. გრძივი საანგარიშო ძალა $N = 800$ კნ, რომელიც მოდებულია ბოძზე ექსცენტრისიტეტით $e_0 = 5$ სმ, კვეთის სიმაღლის მიმართულებით. ბოძის წყობა შესრულებულია თიხის, 100 მარკის აგურისაგან და 75 მარკის დუღაბისაგან.

ბოძის განივი კვეთის ფართობი $A = 0,51 \cdot 0,64 = 0,3264 \text{ მ}^2$. წყობის დრეკადობის მახასიათებელი $\alpha = 1000$ ([5], ცხრ. 11.3). გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი $\varphi = 0,98$ ([5], ცხრ. 11.4). გრძივი ღუნვის კოეფიციენტი კვეთის მხოლოდ შეკუმშული ნაწილის ჩათვლით $\varphi_1 = 0,97$. წყობის საანგარიშო წინაღობა $R = 1,7$ მგპა (დანართი 15).

გარეცენტრულად შეკუმშული დაუარმატურებული აგურის წყობის ზიდვის უნარი გამოვთვალოთ (12.2) ფორმულით

$$N \leq m_g \varphi_1 \cdot R \cdot A_c \cdot \omega = 1 \cdot 0,97 \cdot 1,7 \cdot 0,275 \cdot 1,078 \cdot 10^3 = 488,8 \text{ კნ} < N = 800 \text{ კნ.}$$

$$\text{აქ } A_c = A(1 - 2e_0/h) = 0,3264 \left(1 - \frac{2 \cdot 0,05}{0,64}\right) = 0,3264 \cdot 0,84 = 0,275 \text{ მ}^2;$$

$$\varphi_1 = 0,97; \quad \omega = 1 + e_0/h = 1 + 0,05/0,64 = 1,078; \quad m_g = 1 \quad (h > 30 \text{ სმ-ზე}).$$

ბოძის საანგარიშო ზიდვის უნარი აღმოჩნდა 1,64-ჯერ ნაკლები, ვიდრე მასზე მოქმედი საანგარიშო N გრძივი ძალა. მაშასადამე, საჭიროა ბოძის აგურის წყობის გაძლიერება ბადეებით დაარმატურებით.

ბადეებით დაარმატურებული ბოძის საჭირო სიმტკიცე იქნება

$$R_{skb} = 1,7 \cdot 1,64 = 2,8 \text{ მგპა.}$$

ბადეებისათვის ავიღოთ მავთულოვანი არმატურა $\varnothing 4 B_p-I$, რომლის წინაღობა წყობაში $R_{cs} = R_s \cdot \gamma_{cs} = 365 \cdot 0,6 = 219$ მგპა. სადაც R_s - B_p-I კლასის მავთულოვანი არმატურის საანგარიშო წინაღობაა (დანართი 15), ხოლო $\gamma_{cs} = 0,6$ - წყობაში ბადის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი.

ბოძის ბადეებით დაარმატურების პროცენტი გამოვთვალოთ [5], (13.4) ფორმულიდან

$$\mu = \frac{R_{skb} - R}{2R_s(1 - 2e_0/y)} \cdot 100 = \frac{2,8 - 1,7}{2 \cdot 219(1 - 2 \cdot 0,05/0,32)} \cdot 100 = 0,37\%$$

[5]-ს ფორმულა (13.8)-დან.

$$R_{sku} = R_u + \frac{2R_{csn}\mu}{100} = 1,7 \cdot 2 + \frac{2 \cdot 243 \cdot 0,37}{100} = 5,2 \text{ მგპა,}$$

სადაც $R_u = 2R$ წყობის დროებითი წინაღობაა კუმშვაზე;

$R_{csn} = R_{sn} \cdot \gamma_{cs} = 405 \cdot 0,6 = 243$ მგპა - წყობაში არმატურის ნორმატიული წინაღობა.

ბადეების დაარმატურებული წყობის დრეკადი მახასიათებელი [5]-ის მიხედვით გამოითვლება ფორმულით

$$\alpha_{sk} = \alpha \frac{R_u}{R_{sku}} = 1000 \cdot \frac{3,4}{5,2} = 654.$$

ბოძის მოქნილობა $\lambda_{ch} = l/h = 3/0,64 = 4,7$. [5]-ის 11.4 ცხრილიდან ინტერპოლაციით მოვნახავთ $\varphi=0,98$ და $\varphi_1=0,97$.

[5]-ის (13.4) ფორმულის მიხედვით

$$R_{skb} = R + \frac{2\mu R_s}{100} \left(1 - \frac{2e_0}{y}\right) = 1,7 + \frac{2 \cdot 0,37 \cdot 219}{100} \left(1 - \frac{2 \cdot 0,05}{0,32}\right) = 2,8 \text{ მგპა} < 2R=3,4 \text{ მგპა.}$$

შევამოწმოთ დაარმატურებული ბოძის, როგორც გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტის, ზიდვის უნარი [5] (13.6) ფორმულით

$$N \leq m_g \varphi_1 R_{skb} A(1 - 2e_0/h)\omega = 1 \cdot 0,97 \cdot 2,8 \cdot 0,3264 \cdot 0,844 \cdot 1,078 \cdot 10^3 = 806,5 \text{ კნ} > N=800 \text{ კნ.}$$

შევამოწმოთ ბოძის სიმტკიცე ცენტრალურ კუმშვაზე განიკვეთის b გვერდის მიმართულებით [5]-ის (13.2) ფორმულით

$$R_{sk} = R + \frac{2\mu R_s}{100} = 1,7 + \frac{2 \cdot 0,37 \cdot 219}{100} = 3,32 < 2R=3,4 \text{ მგპა.}$$

ავიღოთ $R_{sk}=3,32$ მგპა. რადგან $\lambda=3/0,51=5,9$ [5]-ის 11.4 ცხრილიდან - $\varphi=0,96$.

სიმტკიცის პირობა ცენტრალური კუმშვისას

$$N \leq m_g \cdot \varphi \cdot R_{sk} \cdot A = 1 \cdot 0,96 \cdot 3,32 \cdot 0,3264 \cdot 10^3 = 1040 \text{ კნ} > N=800 \text{ კნ,}$$

ე.ი. $\mu=0,37\%$. ბადეებით დაარმატურებული ბოძის სიმტკიცე საკმარისია.

ბადის მავთულის დიამეტრი $d=4$ მმ. ბადეები განვალაგოთ ყოველი ორი რიგის შემდეგ. მაშინ $\mu=0,37\%$ -ის მიხედვით სათანადო ცხრილიდან შეირჩევა ბადეები უჯრედებით $4,5 \times 4,5$ სმ. ბადის ღეროები ბოძის კიდიდან დაშორებულია $a=1,5$ სმ-ით (დამცველი ფენა).

ლიტერატურა

1. საქართველოს სამშენებლო ნორმები და წესები - ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციები. პნ 03.01 - 07.თბ.2007 წ.
2. В.Н.Байков, Э.Е.Сигалов - Железобетонные конструкции. Общий курс. М. Стройиздат, 1998 г.
3. В.М.Бондаренко, Р.О.Бакиров, В.Г.Назаренко, В.И.Римшин - Железобетонные и каменные конструкции. Москва, "Высшая школа", 2002 г.
4. ნ. ნინუა - რკინაბეტონის კონსტრუქციები. თბილისი. „განათლება“, 1988 წ.
5. Н.Н.Попов, М.Чариев - Железобетонные и каменные конструкции. Москва, "Высшая школа", 1996 г.

შესავალი	3
ნაწილი I. რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშების საფუძვლები	5
1. ზოგადი ცნობები რკინაბეტონის კონსტრუქციების შესახებ	5
1.1. რკინაბეტონის არსი, დადებითი და უარყოფითი თვისებები	5
1.2. მოკლე ისტორიული ცნობები	6
1.3. რკინაბეტონის გამოყენება, დამზადება და განვითარების პერსპექტივა	7
2. ბეტონის, არმატურისა და რკინაბეტონის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები	9
2.1. ბეტონების კლასიფიკაცია	9
2.2. ბეტონის სიმტკიცე	10
2.3. ბეტონის კლასი და მარკა	12
2.4. ბეტონის დეფორმაცია	13
2.5. ბეტონის დრეკადობისა და სრული დეფორმაციის მოდულები	15
2.6. არმატურა	17
2.7. არმატურის შეჭიდულობა ბეტონთან და რკინაბეტონის კოროზია	22
3. რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშების საფუძვლები	24
3.1. გაანგარიშების მეთოდები	24
3.2. დატვირთვები და ზემოქმედებები	25
3.3. ბეტონისა და არმატურის ნორმატიული და საანგარიშო წინააღობები	26
3.4. ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშებების ძირითადი დებულებები	29
4. ჩვეულებრივი (დაუძაბავი) რკინაბეტონის ელემენტების კონსტრუქცია და სიმტკიცეზე გაანგარიშება	31
4.1. ღუნვადი ელემენტის კონსტრუქციული თავისებურებები	31
4.2. ღუნვადი ელემენტის ნორმალური კვეთის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობათა სტადიები	34
4.3. ღუნვადი ელემენტის ნორმალური, მართკუთხა, ცალფაარმატურიანი კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცის მიხედვით	36
4.4. ღუნვადი ელემენტის ნორმალური, მართკუთხა, ორფაარმატურიანი კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცის მიხედვით	38
4.5. T-სებრი კვეთის ელემენტები	41
4.6. ღუნვადი ელემენტის დახრილი კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცის მიხედვით	43
4.7. გარეცენტრულად შეკუმშული ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშების საფუძვლები	47
4.8. გაჭიმული ელემენტის სიმტკიცეზე გაანგარიშების საფუძვლები	49
5. წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტების თავისებურებები	53
5.1. წინასწარ დაძაბვის არსი, დადებითი თვისებები	53
5.2. წინასწარი დაძაბვის ხერხები	54
5.3. წინასწარი ძაბვების დანაკარგები	55
5.4. წინასწარ დაძაბული ღუნვადი კონსტრუქციის ნორმალური კვეთის დაძაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობათა მიდევრობა (ეტაპები)	56
5.5. წინასწარ დაძაბული ღუნვადი ელემენტის კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცეზე	57
6. რკინაბეტონის კონსტრუქციების II ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით გაანგარიშების საფუძვლები	58
6.1. გაანგარიშება ბზარების წარმოქმნის მიხედვით	58
6.2. გაანგარიშება ბზარების დახურვის მიხედვით	59

6.3. გაანგარიშება ბზარების გახსნის მიხედვით	59
6.4. გაანგარიშება ჩალუნვაზე	59
ნაწილი II. შენობებისა და ნაგებობების რკინაბეტონის კონსტრუქციები	61
7. რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტება	61
7.1 შენობებისა და ნაგებობების რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტების ზოგადი პრინციპები	61
7.2 შენობა-ნაგებობების და მათი ელემენტების უნიფიკაცია და ტიპიზაცია	62
7.3. რაციონალური და ოპტიმალური კონსტრუქციების დაპროექტება	64
7.4. დეფორმაციული ნაკერები	68
7.5. რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაძლიერება-რეკონსტრუქცია	69
8. ბრტყელი სართულთშორისი გადახურვები	72
8.1. მონოლითური წიბოვანი გადახურვა კოჭური ფილებით	72
8.2. მონოლითური წიბოვანი გადახურვა კონტურზე დაყრდნობილი ფილებით	75
8.3. ასაწყობი კოჭოვან-პანელური გადახურვა	77
8.4. რკინაბეტონის უკოჭო გადახურვა	80
8.5. ასაწყობ-მონოლითური კოჭოვანი გადახურვა	83
9. რკინაბეტონის საძირკვლები	85
9.1. რკინაბეტონის ცალკეული საძირკვლები	87
9.2. ლენტური საძირკველი	88
9.3. მთლიანი საძირკველი	89
10. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობები	90
10.1. შენობის კონსტრუქციული სქემის გაერთმთლიანება	91
10.2. განივი ჩარჩოს გაანგარიშების საფუძვლები	94
10.3. დახურვის რკინაბეტონის პანელები	96
10.4. რკინაბეტონის სანიჟნივო კონსტრუქციები	97
10.5. რკინაბეტონის ამწისქვეშა კოჭი	103
10.6. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის რკინაბეტონის სვეტები	105
10.7. ერთსართულიანი სამრეწველო შენობის მონოლითური კარკასი	107
11. მრავალსართულიანი კარკასული და პანელური შენობების კონსტრუქციები	109
11.1. მრავალსართულიანი შენობების კონსტრუქციული სქემები	109
11.2. მრავალსართულიანი სამრეწველო შენობების კონსტრუქციები	110
11.3. მრავალსართულიანი სამოქალაქო შენობების კონსტრუქციები	112
11.4. მრავალსართულიანი შენობის გაანგარიშების საფუძვლები	115
ნაწილი III. ქვისა და არმოქვის კონსტრუქციები	120
12. ქვის წყობის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები	120
12.1. ზოგადი ცნობები	120
12.2. ქვისა და არმოქვის კონსტრუქციების მასალები	120
12.3. აგურისა და ქვის ბლოკების წყობა	122
12.4. დაუარმატურებელი წყობის სიმტკიცე და დეფორმაცია	124
12.5. ქვის წყობის კონსტრუქციების გაანგარიშება ზღვრულ მდგომარეობათა მიხედვით	127
12.6. დაარმატურებული ქვის წყობის (არმოქვის) კონსტრუქციები	132
დანართები	138
ლიტერატურა	166