

624  
ს-75

ა. სოხაძე, ნ. ლლონტი

# რკინაბეჭოვის კარქასის ელემენტების გაანგარიშება

განათლება

ა. სოხაძე, ნ. ლონტი

# რკინაბავონის ქარქასის ულაგენგების გაანგარიშება

(მრავალსართულიანი კავშირგაბიანი სისტემა)

საქართველოს სსრ უმაღლესი და საშუალო სპე-  
ციალური განათლების სამინისტროს მიერ დამ-  
ტკიცებულია დამხმარე სახელმძღვანელოდ უმაღ-  
ლესი ტექნიკური სასწავლებლებისათვის

სსიპ გათვზის უფრო აკრძივალს  
სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
ბიბლიოთეკა

№ 11478

~~სსრ უმაღლესი სპეციალური ინსტ-ტის  
სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
Библиотека  
Гос. Политехнического Института~~

6C6.3  
38 626  
624 016.5  
6752

წინამდებარე დამხმარე სახელმძღვანელოში მოცემულია რკინა-ბეტონის კარკასის ელემენტების გაანგარიშების მაგალითები ახალ ნორმებსა და ჩრდილოეთ სავაჭრო სისტემის გათვალისწინებით. გაანგარიშებულია ტიპური სართლის (მეორე სართლის) ნახა-რა და შუალედური მალურის წინასწარადაბული და დაუძაბავი რიგე-ლები, აგრეთვე სვეტები (ცრთვის შესაბამისი ნახაზები).

განხილული კარკასული შენობა ეყუდების კვეშირებიან სისტე-მას. კვეშირებად განიხილულია კიბის რკინის და შენობის განივი კედლები (რომლებიც უბეზულობენ პორიზონტალურ დატვირთვებს), ამიტომ კარკასი გაანგარიშებულია მხოლოდ ვერტიკალურ დატვირ-თვებზე.

ავტორები: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფ. ვ. მხილაძე  
ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, დოცენტი ვ. ჯაფარიძე  
ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, დოცენტი თ. ფალავა

132 / 34

022

## შესავალი

დასაგეგმარებელია ოთხსართულიანი საწარმოო შენობა (ნახ. 1). შენობის კავშირებად გამოყენებულა კიბის უჯრედი და განივი აგურის კედლები. მანძილი დაკვალვის ნაპირა ლერქებს შორის  $L=22,5$  მ; სვეტების ბადე  $l_1 \times l_2 = 7,5 \times 6$  მ. გრძივი რიგის ნაპირა სვეტების მიბმა ნულოვანია. განივი რიგის ნაპირა სვეტები მათ ლერქებზეა. სართულის სიმაღლე  $H=4,8$  მ. კედლები შეკიდულია ასაწყობი რკინაბეტონის პანელებისაგან, რომელთა  $1$  მ<sup>2</sup> მასაა  $2,9$  კნ. პანელები შემინულია სართულის სიმაღლის ნახევარზე, რომლის  $1$  მ<sup>2</sup> მასა  $0,5$  კნ-ია.

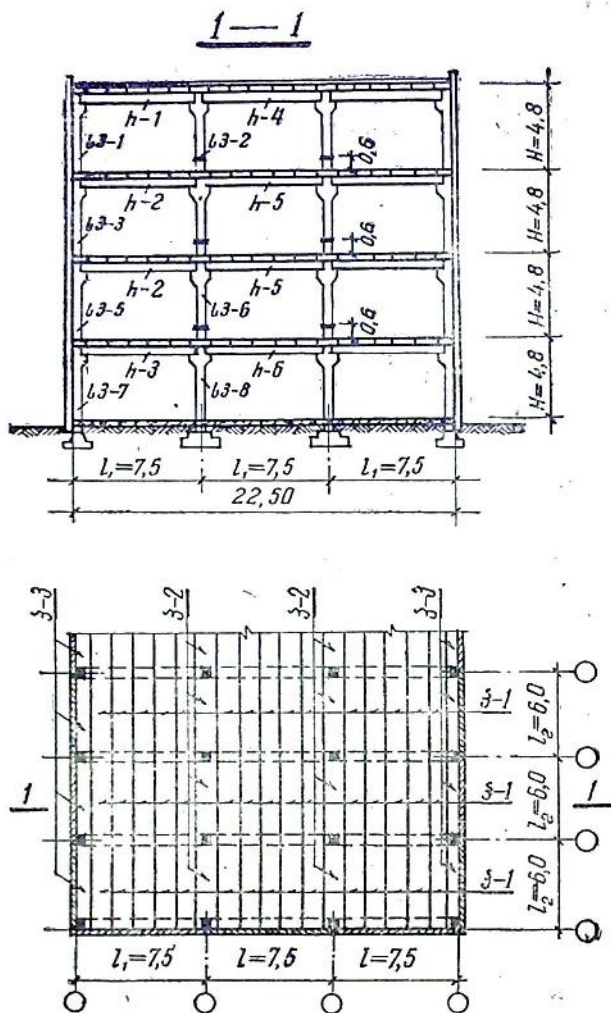
ბეტონის მარკა სვეტებისა და რიველებისათვის—M 300. დაუქაბავი მღშა არმატურის კლასი რიველებისა და პანელებისათვის—A-III, დაძაბულის—A IV.

ნორმატიული სასარგებლო დატვირთვა გადახურვისათვის  $P^E = 12 \frac{\text{კნ}}{\text{მ}^2}$ ; მათ შორის:

$$\text{ხანგრძლივად მოქმედი } P_{\text{ხგ}}^E = 8 \frac{\text{კნ}}{\text{მ}^2};$$

$$\text{ხანმოკლედ მოქმედი } P_{\text{ხმ}}^E = 4 \frac{\text{კნ}}{\text{მ}^2}.$$

მშენებლობა წარმოებს თოვლის საფარის V რაიონში  $\left( F_{\text{თ}}^E = 2 \frac{\text{კნ}}{\text{მ}^2} \right)$ . შუალედური საძირკვლის ჩაღრმავება— $1,25$  მ.



ნახ. 1 შენობის კრალი და სართულთშორისი ვიდანბურვის გეგმა

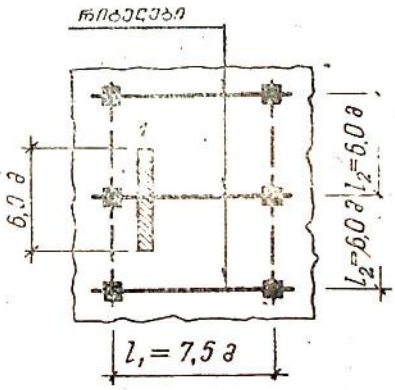
ქარკასის სტატიკური განაგარიშვა

§ 1. ძალეების განსაზღვრა შუალედურ სვეტებში

შუალედური სვეტების მოსაზღვრე რიგელებზე თანაბარი დატვირთვის გამო კავშირებიანი სისტემის შენობებისათვის, სადაც პორიზონტალურ დატვირთვებს ლებულობს კავშირები, შუალედური სვეტები გაიანგარიშება მხოლოდ ვერტიკალურ დატვირთვებზე, ე. ი. სვეტზე იმოქმედებს მხოლოდ ვერტიკალური ძალეა. ეს ძალეა მოსაზღვრე რიგელებზე მოქმედი დატვირთვებიდან მიღებული რეაქციის ტოლია (ნახ. 1).

დატვირთვები

დატვირთვების გამოთვლისას რიგელი განიხილება როგორც სვეტის კონსოლზე თავისუფლად დაყრდნობილი ჭრილი კოჭი; ამიტომ სვეტზე მოსული დატვირთვა შეიძლება მივიღოთ, თუ დატვირთვის ფართობს  $l_1 \times l_2 = 7,5 \times 6 = 45 \text{ მ}^2$  გავამრავლებთ სახურავსა და გადახურვაზე თანაბრადგანაწილებულად მოქმედ შეესაბამის ინტენსივობაზე (ნახ. 2).



ნახ. 2. რიგელის 1 მ სიგრძეზე დატვირთვის გადაცემის ფართობი.

სვეტების გასაანგარიშებლად საჭიროა წინასწარ მივიღოთ რიგელის კვეთის ზომები. ვიღებთ:  $b_6 = 30 \text{ სმ}$ ;  $h_6 = 70 \text{ სმ}$ , რაც შეესაბამება დადგენილ რეკომენდაციას:

$$h_6 = 0,1 l_1 = 0,1 \times 7,5 \approx 0,7 \text{ მ} = 70 \text{ სმ};$$

$$0,5 h_6 = 35 \text{ სმ} > b_6 = 30 \text{ სმ} > 0,2 h_6 = 14 \text{ სმ}.$$

ცხრილი 1, გაგრძელება

დატვირთვა	ნორმატიული დატვირთვა		გადატვირთვ. კოეფიციენტი	საანგარიშო დატვირთვა	
	კგმ	კნ		კგმ	კნ
დატვირთვა ერთი გადახურვისაგან					
სფალტბეტონის იატაკი $g=0,05$	$0,05 \times 180 \times 45 = 4050$	40,50	1,2	48,0	48,60
რკინაბეტონის ფალები	$300 \times 45 = 13500$	15	1,1	14,85	14,40
რიგელი	$525 \times 7,5 = 3940$	39,40	1,1	43,34	43,34
ხანგრძლივად მოქმედი სასარგებლო	$800 \times 45 = 36000$	360	1,2	4320	432
სულ ხანგრძლივად მოქმედი	57490	574,90	—	6724,8	6744,44
ხანმოკლედ მოქმედი სასარგებლო	$400 \times 45 = 18000$	180	1,2	2160	216
შთლანი—გადახურვისაგან	75490	754,9	—	8884,8	8834,44

ცხრილი 2

ხვეტებზე მოხული დატვირთვები ხართულების მიხედვით  
(ანუ გრძივი ძალები)

სართულები	ხანგრძლივად მოქმედი დატვირთვა, $N_{\Sigma}$		ხანმოკლედ მოქმედი დატვირთვა, $N_{\Sigma}$		შთლანი დატვირთვა, $N$	
	კგმ	კნ	კგმ	კნ	კგმ	კნ
შე-1	$36769 + 1775 = 38544$	385,44	4410	44,10	42954	429,54
შე-3	$38544 + 67244 + 1775 = 107563$	1075,63	$4410 + 2600 = 2600$	260,00	133573	1335,73
შე-2	$107563 + 67244 + 1775 = 176582$	1765,82	$26010 + 21600 = 47610$	476,10	2241,92	2241,92
1-ელი	$1765882 + 67244 + 1775 = 245601$	2456,01	$47610 + 21600 = 69210$	692,10	3148,11	3148,11

რიგელის 1 გრძივი მეტრის მასა

$$g_n = \gamma h_n b_n = 25 \times 0,7 \times 0,3 = 5,25 \frac{\text{კნ}}{\text{მ}}$$

მივიღეთ სვეტის კვეთი

$$b_n = 40 \text{ სმ}; h_n = 40 \text{ სმ.}$$

კონსტრუქციული მოსაზრებით საჭიროა, რომ სვეტის სიგანე რიგელის სიგანის ტოლი ან მასზე მეტი იყოს

$$b_n = 0,4 > b_n = 0,3 \text{ მ, პირობა დატულია.}$$

ერთი იარუსის სვეტის საანგარიშო დატვირთვა კავშირების მასის 5 კნ ჩათვლით

$$(H - h_n) b_n h_n \gamma_n + 5 = (4,8 - 0,7) \times 0,4 \times 0,4 \times 25 \times 1,1 + 5 = 17,75 \text{ კნ.}$$

სახურავისა და გადახურვისაგან სვეტზე მოსული დატვირთვების გამოთვლა მოცემულია 1-ელ ცხრილში, ხოლო სართულების მიხედვით სვეტებზე მოსული დატვირთვები—მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 1

სახურავისა და გადახურვისაგან ხვეტზე მოსული დატვირთვების გამოთვლა

დატვირთვა	ნორმატული დატვირთვა		გადატვირთვა მასკონფორმი	საანგარიშო დატვირთვა	
	კმ <sup>2</sup>	კნ		კმ <sup>2</sup>	კნ
<b>დატვირთვა სახურავისაგან</b>					
სახურავის დამცველი ფენა $z=0,02$	$0,02 \times 160 \times 15 = 1440$ ( $7,5 \times 6 = 45$ )	14,40	1,2	1928	19,28
რულონური სახურავი მატრიაზე (4 ფენა)	$12 \times 45 = 540$	5,40	1,1	594	5,94
ცენტრ-ტექვიშიანი ქარქი $z=0,015$	$0,015 \times 2000 \times 45 = 1350$	13,50	1,2	1620	16,20
ქაფბეტონის ფილები $z=0,1$ მ	$0,1 \times 500 \times 45 = 2250$	22,50	1,2	2700	27,00
ორთქლიზოლიცია	$3 \times 45 = 135$	1,35	1,1	1,850	1,49
რკინაბეტონის ფილები	$300 \times 45 = 13500$	135,00	1,1	1,850	148,50
რიგელი	$5,25 \times 7,5 = 39,40$	39,40	1,1	4,334	43,34
საფენტილაციო კოლოფი და მილგაყვანილობა	$48,6 \times 45 = 2187$	21,87	1,1	24,04	24,04
ხანგრძლივი თოვლის დატვირთვა	$(200 - 70) \times 45 = 5350$	53,50	1,4	8190	81,90
სულ ხანგრძლივად მოქმედ	31255	312,55	—	36779	367,69
ხანმოკლე—თოვლისაგან	$70 \times 45 = 3150$	31,50	1,4	4410	44,10
მთლიანი—დახურვისაგან	34405	344,10	—	41179	411,79

ცხრილი 1, გაგრძელება

დატვირთვა	ნორმატიული დატვირთვა		გადატვირთვის კოეფიციენტი	საანგარიშო დატვირთვა	
	კვძ	კვ		კვძ	კვ
დატვირთვა ერთი გადახურვისაგან					
სფალტბეტონის .იატაკი $g=0,05$	$0,05 \times 1 \times 0 \times 45 = 4050$	40,50	1,2	48,0	48,60
რკინაბეტონის ფალები	$300 \times 45 = 13500$	15	1,1	14,50	14,90
რიველი	$525 \times 7,5 = 3940$	39,40	1,1	43,34	43,34
ხანგრძლივად მოკმედი სასარგებლო	$800 \times 45 = 36000$	360	1,2	432,00	432
სულ ხანგრძლივად მოკმედი	57490	574,90	—	672,4	674,44
ხანმოკლე მოკმედი სასარგებლო	$400 \times 45 = 18000$	180	1,2	216,0	216
შთლიანი—გადახურვისაგან	75490	754,9	—	888,44	888,44

ცხრილი 2

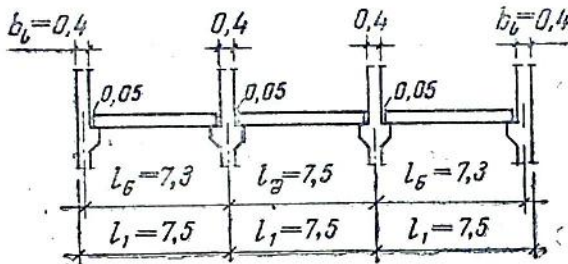
ხეტებზე მოხული დატვირთვები ხართულების მიხედვით  
(ანუ გრძივი ძალები)

სართულები	ხანგრძლივად მოკმედი დატვირთვა, $N_{\text{ხგ}}$		ხანმოკლე მოკმედი დატვირთვა, $N_{\text{ხმ}}$		შთლიანი დატვირთვა, $N$	
	კვძ	კვ	კვძ	კვ	კვძ	კვ
შე-4	$36769 + 1775 = 38544$	385,44	4410	44,10	42954	429,54
შე-3	$33544 + 67244 + 1775 = 107563$	1075,63	$4410 + 2600 = 7010$	70,10	133773	1335,73
შე-2	$107563 + 67244 + 1775 = 176582$	1765,82	$26010 + 21600 = 47610$	476,10	224192	2241,92
1-ელი	$1765882 + 67244 + 1775 = 245601$	2456,01	$47610 + 21600 = 69210$	692,10	314911	3148,11

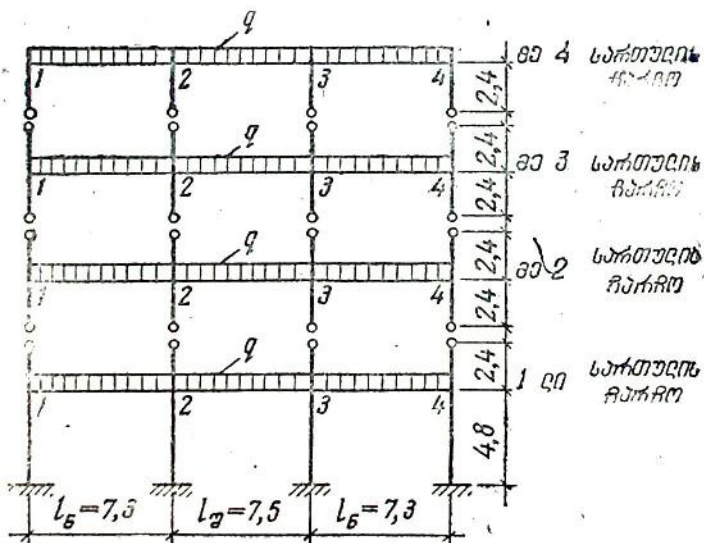
## §2. ძალზეების მანსაზღვრა ჩიხმღეზში

### ა) საანგარიშო სქემა

რკინბეტონის კარკასი განიხილება, როგორც სამშალონი ოთხ-სართულიანი ხისტკეანძებიანი ჩარჩო (იხ. ნახ. 1). ჰორიზონტალურ დატვირთვებს ღებულობს განივი კედლები და გიბის უჯრედი, ამი-



ნახ. 3. რიგელების საანგარიშო მალბი.



ნახ. 4. განივი ჩარჩოს საანგარიშო სქემა.

ტომ რკინაბეტონის კარკასს ანგარიშობენ მხოლოდ ვერტიკალურ დატვირთვებზე.

ჩარჩოს ნაპირა მალის სიდიდე (ნახ. 3)

$$l_{\text{მა}} = l_1 - \frac{h_b}{2} = 7,5 - \frac{0,4}{2} = 7,3 \text{ მ};$$

შუალედური მალისა —  $l_2 = 7,5 \text{ მ}$ .

ჩარჩოს ყველა სვეტის სიმაღლე [1] მხ. 3,25-ის მიხედვით აღემა ერთი და იგივე

$$H = H_{\text{სათ}} = 4,8 \text{ მ}.$$

რიგელის კვეთის ზომებია:  $b_b = 0,3 \text{ მ}$ ;  $h = 0,7 \text{ მ}$ . რადგანაც დატვირთვები რიგელებზე და მალეები დაახლოებით ერთნაირია, ამიტომ ყველა სართულის მღუნაკა მომენტების ნულოვანი წერტილები, ვარდა პირველისა, აღებულია მათი სიმაღლის ნახევარზე. ეს საშუალებას გვაძლევს კარკასი დავყოთ ოთხ ერთსართულიან ჩარჩოდ (ნახ. 4).

### ბ) დატვირთვები

დატვირთვები რიგელის 1 გრძივ მეტრზე გამოთვლილია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

დატვირთვა	ნორმატიული დატვირთვა	გადატვირთვის კოეფიციენტი	საანგარაშო დატვირთვა
	კნ/მ		კნ/მ
ოთაკი	$0,05 \times 18 \times 6 = 5,4$	1,2	6,5
ბანელი	$3 \times 6 = 18$	1,1	19,8
რიგელო	$0,3 \times 0,7 \times 25 = 5,3$	1,1	5,83
სულ მუდმივი	24,7	—	34,13
დროებითი ხანგრძლივად მოქმედი	$8 \times 6 = 48$	1,2	57,6
სულ ხანგრძლივად მოქმედი	76,7	—	89,73
დროებითი ხანმოკლეად მოქმედი	$4 \times 6 = 24$	1,2	28,8
სულ დროებითი	72	—	$P = 86,4$
შთლიანი	$q^{\text{შ}} = 100,7$	—	$q = 118,53$

შენიშვნა. რიგელის 1 მ სიგრძეზე დატვირთვის ფართობია  $1 \times 6 \text{ მ}$  (ნახ. 2).

გ) მლუნავი მომენტების განსაზღვრა რიგელში

მლუნავი მომენტები რიგელებში მასალის დრეკადი მუშაობისას გამოითვლება ფორმულით (იხ. ცხრ. 6)

$$M = (\alpha g + \beta P) l^3$$

(რომელიც შედგენილია [3,5]-ის მიხედვით).

$\alpha$  და  $\beta$  კოეფიციენტები აიღება მე-13 დანართიდან, რისთვისაც საჭიროა წინასწარ გავიგოთ სიხისტის კოეფიციენტები

$$i = \frac{IE_s}{l}$$

რიგელისა და სვეტის ერთი და იგივე ბეტონის მარკების შემთხვევაში სიხისტის კოეფიციენტები შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$i = \frac{I}{l}$$

სადაც  $I = \frac{bh^3}{12}$ ;  $l$  — ელემენტის სიგრძეა.

სვეტების სიგრძედ მიიღება მათი მთლიანი სიმაღლე  $l_s = 480$  სმ. რიგელის სიგრძე

$$l_g = \frac{l_{13} + l_3}{2} = \frac{7,3 + 7,5}{2} = 7,4 \text{ მ} = 740 \text{ სმ.}$$

სიხისტის კოეფიციენტები გამოთვლილია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4

სიხისტის კოეფიციენტები

ხარისხის ელემენტები	ბეტონის კვეთის ინერციის მომენტი $\frac{bh^3}{12}$ სმ <sup>4</sup>	ელემენტის სიგრძე სმ	სიხისტის კოეფიციენტი, $i$ სმ <sup>3</sup>
რიგელი	$\frac{30 \times 70^3}{12} = 85,75 \times 10^3$	740	$i_g = 11,58 \times 10^7$ სმ <sup>3</sup>
ხარისხის ტიპური სართულის სვეტები:	$\frac{40 \times 40^3}{12} = 21,3 \times 10^4$	480	$i_j = 4,4 \times 10^8$
		480	$i_b = 4,44 \times 10^8$
ხარისხის პირველი სართულის ზედა სვეტები		480	$i_3 = 4,44 \times 10^8$
ხარისხის პირველი სართულის ქვედა სვეტები	$\frac{40 \times 50^3}{12} = 41,6 \times 10^4$	480	$i_3 = 8,7 \times 10^8$

მაგალითში განხილულია მხოლოდ მეორე და მესამე ტიპური სართულების რიგელები. დანარჩენი სართულების რიგელები შეიძლება მიღებულ იქნეს, როგორც ტიპური.

ვსაზღვრავთ ფარდობას:

ჩარჩოს ტიპური სართულისათვის

$$\frac{i_3 + i_5}{i_6} = \frac{4,44 + 4,44}{11,58} = 0,77 \approx 0,8.$$

ჩარჩოს პირველი სართულისათვის

$$\frac{i_3 + 1,5 i_5}{i_6} = \frac{8,7 + 1,5 \times 4,44}{11,58} = 1,33.$$

მლუნავი მომენტების გაანგარიშების ვაშარტივების მიზნით მე-5 ცხრილში მოცემულია საანგარიშო მალეების,  $g^2$  და  $Pl^2$  სიდიდეების გამოთვლა.

მე-6 ცხრილში მოცემულია მლუნავი მომენტების გაანგარიშება დატვირთვების სხვადასხვა შემთხვევისათვის.

ცხრილი 5

საანგარიშო მალეები;  $g^2$  და  $Pl^2$  სიდიდეები  
(მლუნავი მომენტების გაანგარიშებლად)

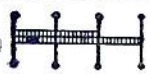
შალის მომენტებისათვის		საყრდენი მომენტებისათვის			
I	II	1	2	3	4
7,3	7,5	7,3	$\frac{7,3 + 7,5}{2} = 7,4$	7,4	7,4
$g^2$					
1712	1807	1712	1759	1759	1759
$Pl^2$					
4604	4860	4604	4731	4731	4731

მე-3 ცხრილიდან  $g = 32,13 \frac{კვ}{მ}$ ;  $P = 86,4 \frac{კვ}{მ}$ ;

$$q = g + P = 32,13 + 86,4 = 118,53 \frac{კვ}{მ}.$$

მლუნავე მომენტების გამოთვლა

დატვირთვა კმ	სკემების №	დატვირთვის სქემა	მლუნავე მომენტები, კნ/მ							
			საანგარიშო ფორმულა	მაღის		საყრდენი				
				$M_1$	$M_{11}$	$M_{12}$	$M_{21}$	$M_{23}$	$M_{32}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$q=32,13$	I		$\alpha$	$9,76$	$0,0536$					
			$\alpha q l^2$	$19,39$	$0,0,04$	$-83,90$	$-0,014$	$-168,86$	$-0,026$	$-153,68$
										$-153,08$
$P=86,4$	II		$\rho$	$0,0642$						
			$\beta P l^2$	$287,3$		$-262,43$	$-0,053$	$-321,7$	$-0,066$	$-89,89$
										$-89,89$
$P=86,4$	III		$\beta$							
			$\beta P l^2$		$277$	$+37,9$	$+0,0082$	$-1,06$	$-0,03$	$-321,7$
										$-321,7$
$P=86,4$	IV		$\beta$	$0,0535$						
			$\beta P l^2$	$271,61$		$-21$	$-0,042$	$-471,1$	$-0,11$	$-463,6$
										$-267,8$
$I+II$			$(\alpha q + \beta P) l^2$	$372,1$		$346,3$		$-1,06$		$-42,9$
$I+III$			$(\alpha q + \beta P) l^2$		$286,4$	$-4,1$		$-0,1$		$-47,7$
										$-474,7$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I+IV		$(\alpha g + \beta P)l$	—	—	—	—305	—640	—616,7	—420,8

უდიდესი მომენტი მიღებულია შუალედურ სვეტზე დატვირთვის I—IV სქემების მიხედვით

$$M_{21} = -640 \text{ კნ.მ. (იხ. ცხრ. 6).}$$

მხედველობაში მივიღოთ პლასტიკური დეფორმაციები [4]-ის მიხედვით, მაშინ  $M_{21}$  მომენტი შეგვიძლია შევამციროთ 30%-მდე.  $M_{21}$  ვამცირებთ 22%-ით.

$$M_{21}^{\text{პლ}} = -640 \times 0,78 = -486,4 \text{ კნ. მ.} \approx -490,6 \text{ კნ. მ.}$$

კონსტრუქციის სიმეტრიის გამო მომენტი

$$M_{21}^{\text{პლ}} = M_{21}^{\text{პლ}} = -490,6 \text{ კნ. მ.}$$

ეს მომენტი არ უნდა იყოს შესაბამისი დატვირთვის I—II სქემით მიღებული მომენტის მნიშვნელობაზე ნაკლები

$$M_{21} = -490,6 \text{ კნ. მ.}$$

ე. ი.  $M_{21}^{\text{პლ}} = -490,6 \text{ კნ. მ.} = M_{21} = -490,6 \text{ კნ. მ.}$  პირობა დატკულია.

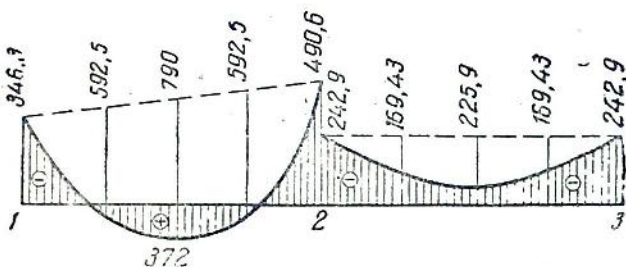
მღუნავი მომენტების ეპიურის აგებისათვის საჭიროა წინასწარ გამოთვალეთ რიგელების მომენტების ორდინატები, როგორც კრიოლი კოქებისათვის  $g$ —მუდმივი და  $q$ —მთლიანი დატვირთვების შემთხვევაში. ეს ორდინატები 0,25 ლ; 0,5 ლ და 0,75 ლ კვეთებში გამოთვლილია მე-7 ცხრილში.

მღუნავი მომენტები კრიოლი რიგელებისათვის

შალი	დატვირთვა, $\frac{q l^2}{8}$	კვეთები	
		0,5 ლ	0,25 ლ და 0,75 ლ
		მღუნავი მომენტები, კნ. მ	
		$M_0 = \frac{q l^2}{8}$ და $M_0 = \frac{q l^2}{8}$	$0,75 M_0 (0,25 M_0)$
$l_0 = 7,8 \text{ მ}$	$q = 118,53$	790	592,5
	$q = 32,13$	214,0	160,5
$l_0 = 7,5$	$q = 118,53$	833,4	625
	$q = 32,13$	225,90	169,48

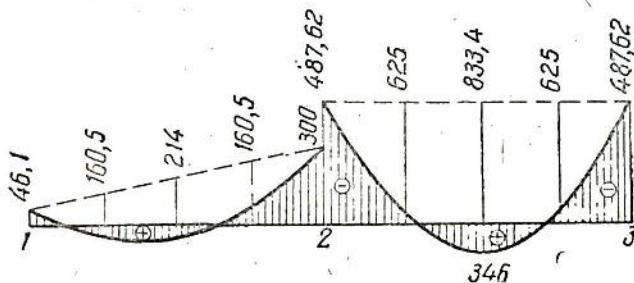
მლუნაეი მომენტების აგება თითოეული დატვირთვის შეხამებისათვის წარმოებს კოილი რიგელის მომენტების ეპიურის ჩამოკიდებით ამ ხაზებზე, რომლებიც აერთებს საყრდენი მომენტების ორდინატებს.

მე 5 ნახაზზე აგებულია მომენტების ეპიურა დატვირთვის I—II



ნახ. 5. რიგელის მომენტების ეპიურა დატვირთვის I—II სქემის მიხედვით.

სქემის მიხედვით, ხოლო მე-6 ნახაზზე—მომენტების ეპიურა I—III დატვირთვის სქემის მიხედვით იმ განსხვავებით, რომ საყრდენი მომენტი  $M_{23} = -474,7$  კნ. მ (მიღებული მე 6 ცხრილიდან), გამოთვლილი



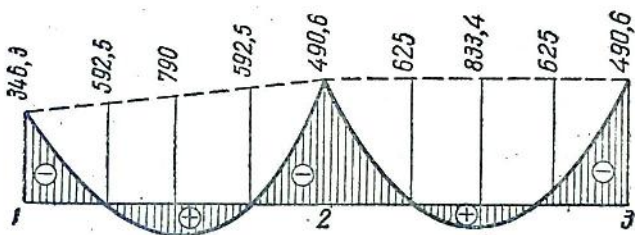
ნახ. 6. რიგელის მომენტების ეპიურა დატვირთვის I—III სქემის მიხედვით.

$$l = \frac{7,3 - 7,5}{2} = 7,4 \text{ მ მიხედვით, შეცვლილია მომენტით, რომელიც განაგარიშებულია } l = 7,5 \text{ მ მალის შემთხვევაში, ე. ი. } M_{23} = M_{32} = -474,7 \frac{7,5^3}{7,4^3} = -487,62 \text{ კნ. მ.}$$

მე-2 და მე-3 საყრდენებზე მომენტები გამოთვლილი იყო პლას-

ტიკური დეფორმაციების გათვალისწინებით; ეს კი იწვევს 1-ელი და მე-4 საყრდენი მომენტების რამდენადმე გადიდებას.

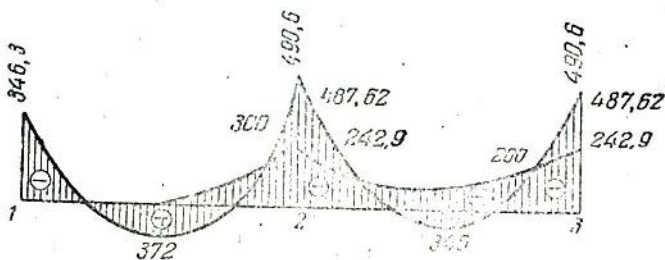
მე-7 ნახაზზე აგებულია მომენტების ეპიურა დატვირთვის I—IV



ნახ. 7. რიგელების მომენტების ეპიურა დატვირთვის I—IV სქემის მიხედვით.

სქემის მიხედვით, სადაც 1 და 4 საყრდენებზე აღებულია უდიდესი საყრდენი მომენტები.  $M_{1,2} = -346,3$  კნ. მ ( $M_{1,2} = -305$  კნ. მ მაგივრად იხ. ცხრ. 6).

მე-8 ნახაზზე ნახვენება რიგელების მლუნავი მომენტების მომვლ-



ნახ. 8. რიგელების მლუნავი მომენტების მომვლბი ეპიურა დატვირთვის I—II, I—III, I—IV სქემების შემთხვევაში.

ები ეპიურა დატვირთვის I—II; I—III; I—IV სქემების შემთხვევაში.

### ღ) განივი ძალების განსაზღვრა რიგელებში

რიგელებში განივი ძალები განისაზღვრება, როგორც კრილი კოქისათვის, რომლის ბოლოებში მოქმედებენ საყრდენი მომენტები (ნახ. 9).

მაქსიმალური განივი ძალა 1-ელ საყრდენზე

$$Q_{12} = 432,63 + \frac{346,3 - 490,6}{7,3} = 412,86 \text{ კნ};$$

მეორე საყრდენზე

$$Q_{21} = -432,63 + \frac{346,3 - 490,6}{7,3} = -452,4 \text{ კნ};$$

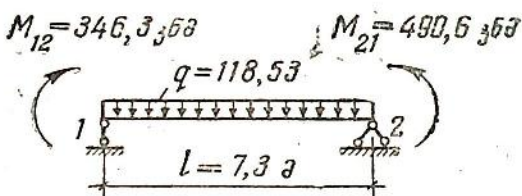
მეორე მალის მე-2 და მე-3 საყრდენებზე

$$Q_{23} = \frac{ql_3}{2} = \frac{118,53 \times 7,5}{2} = 444,88 \text{ კნ};$$

$$Q_{32} = -\frac{ql_3}{2} = -\frac{118,53 \times 7,5}{2} = -444,88 \text{ კნ}.$$

$M_{12}$ ;  $M_{21}$ ;  $M_{23}$ ;  $M_{32}$  მომენტები აღებულია მლუნავი მომენტების მომენტები ეპიურადან (ნახ. 8).

რიგელების განივ ძალაზე გაანგარიშებისათვის საჭიროა ვაფი-



ნახ. 9. ნაპირა რიგელის საანგარიშო სქემა.

გოთ მლუნავი მომენტები სვეტების წახნაგების სიბრტყეში, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$M^{sb} = M_{ky} - Q \frac{h_b}{2}.$$

ნაპირა მალის 1-ელი საყრდენისათვის

$$M^{sb} = M_{12}^{sb} = M_{12} - Q_{12} \frac{h_b}{2} = 346,3 - 412,86 \frac{0,4}{2} = 263,73 \text{ კნ. მ.}$$

შუალედური საყრდენისათვის

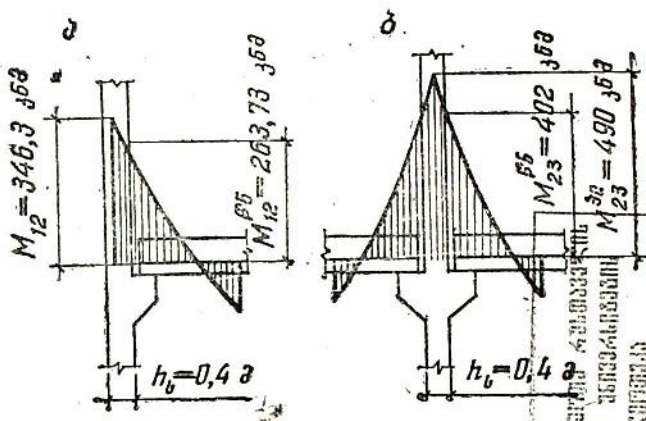
$$M_{21}^{sb} = M_{23}^{sb} = 490,6 \text{ კნ. მ (აღებულია მე-8 ნახაზიდან)}.$$

შუალედური სვეტის მლუნავი მომენტი სვეტის ღერძიდან მარჯვენა წახნაგის სიბრტყეში

$$M_{23}^{sb} = M_{23}^{sb} - Q_{23} \frac{h_b}{2} = 490,6 - 444,88 \frac{0,4}{2} = 402 \text{ კნ. მ.}$$

რადგანაც  $Q_{21} = -452,4 > Q_{23} = 444,88$  კნ,

ამიტომ შუალედური სვეტის მლუნავ მომენტს სვეტის ღერძიდან მარცხენა წახნავის სიბრტყეში  $M_{21}^{წვ}$  არ გავიანგარიშებთ, ვინაიდან ის



ნახ. 10. მლუნავი მომენტები სვეტების წახნაგებზე;

ა—ნაპირა სვეტის წახნავის კვეთში; ბ—შუალედური სვეტის წახნავის კვეთში.

წაკლები იქნება  $M_{21}^{წვ}$ -ზე (ნახ. 10). რიგელის გაანგარიშებისათვის აღებენ მომენტის მაქსიმალურ მნიშვნელობას

$$M_{23}^{წვ} = M_{22}^{წვ} = 402 \text{ კნ. მ.}$$

### ნ 3. ძალეების განსაზღვრა ნაპირა სვეტებში

ნაპირა სვეტებში მლუნავ მომენტებს ვსაზღვრავთ მე-13 დანართის გამოყენებით. სვეტებში მლუნავი მომენტების სიდიდეები მიიღება რიგელების პორიზონტალური წახნავის ღონეზე (ნახ. 11).

#### ა) გრძივი ძალების გამოთვლა

ერთი სართულისათვის კედლის შეესებებისაგან სვეტზე მოქმედო საანგარიშო დატვირთვა]

$$(2,9 H_3 + 0,5 H_0) l_2 n = \left( 2,9 \times \frac{4,8}{2} + 0,5 \times \frac{4,8}{2} \right) \times 6 \times 1,1 = 53,86 \text{ კნ.}$$

2. ა. სოხაძე, ნ. ლლონტი

სსსრ კონსტრუქციული ინსტიტუტის  
 არსებობის 40-ე ბიულეტენი  
 მოსკოვი-1980 წელი  
 ნაკვეთი № 1

აქ 2,9 არის კედლის პანელის 1 მ<sup>2</sup> მასა;

0,5 — შეინების 1 მ<sup>2</sup> მასა;

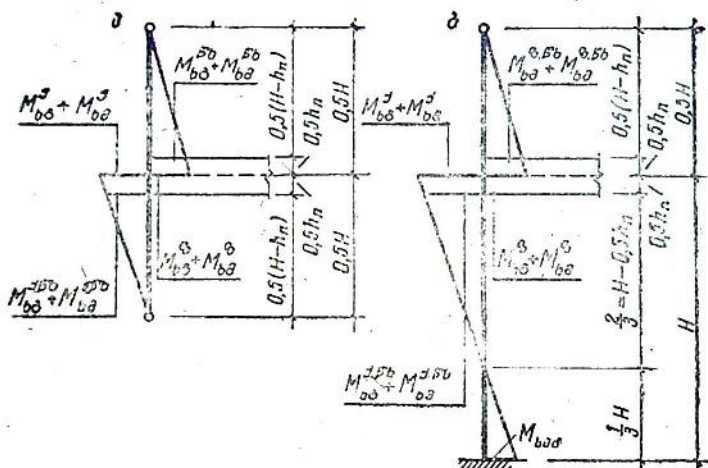
$H_0 = H_1 = H_2 = \frac{4.8}{2}$  — ერთ სართულზე კედლის პანელებით და შე-

მინვით შევსების საშუალო სიმაღლე;

$l_2 = 6$  მ — სვეტების ბიჯი გრძივი კედლის ზიმატოლებით;

$n = 1,1$  — მუდმივი ტვირთის გადატვირთვის კოეფიციენტი.

ნაპირა სვეტებს გადაეცემა შუა სვეტებზე ნოსული დატვირთვის ნახევარი. პირველი ცხრილიდან ხანგრძლივად მოქმედი საანგარიშო



ნახ. 11. მომენტების ეპიურა ნაპირა სვეტებში:

ა — ტიპური სართლის ჩარჩო; ბ — პირველი სართლის ჩარჩო

დატვირთვა სახურავისაგან ნაპირა სვეტზე იქნება  $367,69 \times 0,5 =$

$= 183,85$  კნ; ხანმოკლედ მოქმედი —  $\frac{44,1}{2} = 22$  კნ; ხანგრძლივად მო-

ქმედი საანგარიშო: დატვირთვა გადახურვისაგან

$$\frac{672,44}{2} = 336,22 \text{ კნ (ცხრ. 1, 2).}$$

$$\text{ხანმოკლედ მოქმედი} - \frac{216}{2} = 108 \text{ კნ.}$$

მე-2 ცხრილიდან ერთი საბრუნავის მასაა 17,75 კნ. გრძივი ძალები გამოთვლილია მე-8 ცხრილში.

ცხრილი 8

გრძივი ძალების გამოთვლა

სეგმი	ხანგრძლივ მოქმედი დატვირთვა $N_{\Sigma}$		ხანმოკლე მოქმედი დატვირთვა $N_{\Sigma}$		მთლიანი დატვირთვა $N$
	დატვირთვები	კნ	დატვირთვები	კნ	
მე-4 სართული	$1 \cdot 3,85 + 17,75 = 201,6$	201,6	22 =	22	223,6
მე-3 სართული	$201,6 + 3,36 \cdot 22 + 17,75 + 53,86 = 609,43$	609,43	$22 + 108 =$	130	739,43
მე-2 სართული	$609,43 + 3,36 \cdot 22 + 17,75 + 53,86 = 1017$	1017,27	$130 + 108 =$	238	1255,26
1-ელი სართული	$1017,26 + 3,36 \cdot 22 + 17,75 + 53,86 = 1425$	1425	$238 + 108 =$	346	1771,00

ნაპირა სვეტებში მაქსიმალური მღუნავი მომენტები წარმოიშობა ჩარჩოს ნაპირა ძალების დროებითი დატვირთვისას. ამ მომენტების მისაღებად რიგელის 1-ელ საყრდენზე მოქმედ მოქმედებს გადაანაწილებენ სვეტების  $i_3$  და  $i_2$  სიხისტეების პროპორციულად.  $i_3$ ,  $i_2$  და  $i_1$  სიხისტის კოეფიციენტები გამოთვლილია მე-4 ცხრილში.

მე-3 ცხრილიდან ვიღებთ რიგელზე მოქმედ მუდმივ დატვირთვას  $g = 32,13 \frac{\text{კნ}}{\text{მ}}$ .

$$\text{ხანგრძლივად მოქმედი დროებითი დატვირთვა } P_{\Sigma} = 57,6 \frac{\text{კნ}}{\text{მ}};$$

ხანმოკლე მოქმედი დროებითი დატვირთვა

$$P_{\Sigma} = 28,8 \frac{\text{კნ}}{\text{მ}}$$

ბ) მომენტების განსაზღვრა ნაპირა სვეტებში

საანგარიშო მღუნავი მომენტები რიგელის 1-ელ საყრდენზე დროებითი დატვირთვ-ს ხანგრძლივი და ხანმოკლე მოქმედებისას განისაზღვრება ფორმულებით

$$M_{\Sigma} = (\alpha g + \rho P_{\Sigma}) l_{\Sigma}^2;$$

$$M_{\Sigma} = \beta P_{\Sigma} l_{\Sigma}^2.$$

ა და β კოეფიციენტები აიღება ისე, როგორც რიგელების განვარი-  
ზებისას.

შუა სართულებისათვის სიხისტეების ფარდობა (მე-4 ცხრ-დან)

$$\frac{i_j + i_b}{i_b} = \frac{4,44 + 4,44}{11,58} \approx 0,8.$$

მე-13 დანართიდან  $M_{12}$ -თვის ვიღებთ  $\alpha=0,044$ ;  $\beta=0,057$ ;

$$M_{b_a} = (0,044 \times 32,13 + 0,057 \times 57,6) \times 7,3^2 = 250 \text{ კნ. მ};$$

$$M_{b_b} = 0,057 \times 28,8 \times 7,3^2 = 87,48 \text{ კნ. მ.}$$

შუა სართულების ზედა და ქვედა სვეტების სიხისტეები ტო-  
ლია. ამიტომ 1-ელ საყრდენზე გამოთვლილი რიგელის მომენტები  
ზედა და ქვედა სვეტებზე ერთნაირად განაწილდება, ე. ი.

$$M_{b_b}^I = M_{b_b}^B = 0,5 \times 250 = 125 \text{ კნ. მ};$$

$$M_{b_a}^I = M_{b_a}^B = 0,5 \times 87,48 = 43,74 \text{ კნ. მ.}$$

მღუნავი მომენტები რიგელის თარაზული წახნაგების ღონეზე  
განისაზღვრება სამკუთხედების მსგავსებიდან (ნახ. 11, ა).

$$M_{b_b}^{B, \text{წხ}} = M_{b_b}^{I, \text{წხ}} = M_{b_b}^B \times \frac{0,5(H-h_a)}{0,5H} = 125 \frac{4,8-0,7}{4,8} = 106,8 \text{ კნ. მ};$$

$$M_{b_a}^{B, \text{წხ}} = M_{b_a}^{I, \text{წხ}} = M_{b_a}^B \times \frac{0,5(H-h_a)}{0,5H} = 43,74 \frac{4,8-0,7}{4,8} = 37,36 \text{ კნ. მ.}$$

პირველი სართულის სვეტისათვის ფარდობა

$$\frac{i_j + 1,5 i_b}{i_b} = \frac{8,7 + 1,5 \times 4,44}{11,58} = 1,33,$$

რომლის მიხედვით მე-13 დანართიდან ვიღებთ:  $\alpha=0,053$ ;  $\beta=0,061$ .

მომენტი რიგელში 1 ელ საყრდენზე

$$M_{b_b} = (0,053 \times 32,13 + 0,061 \times 57,6) \times 7,3^2 = 277,64 \text{ კნ. მ};$$

$$M_{b_a} = 0,061 \times 28,8 \times 7,3^2 = 93,62 \text{ კნ. მ.}$$

ზედა სვეტის სიხისტის კოეფიციენტი  $i_b = 4,44 \times 10^2$ .

1-ელი სართულის ქვედა სვეტის სიხისტის კოეფიციენტი —  
—  $8,7 \times 10^2$  (იხ ცხრ. 4).

რიგელის მომენტები 1-ელი სართულის 1-ელ საყრდენზე ნაწილ-  
დება ასე:

ზედა სვეტზე

$$M_{b_0}^b = M_{b_0} \frac{i_b}{i_b + \frac{i_j}{1,5}} = 277,64 \frac{4,44}{4,44 + \frac{8,7}{1,5}} = 120,38 \text{ კნ. მ};$$

$$M_{b_3}^b = M_{b_3} \frac{i_b}{i_b + \frac{i_1}{1,5}} = 93,62 \frac{4,44}{4,44 + \frac{8,7}{1,5}} = 41 \text{ კნ. მ.}$$

ქვედა სვეტზე

$$M_{b_0}^j = M_{b_0} - M_{b_0}^b = 277,64 - 120,38 = 157,26 \text{ კნ. მ};$$

$$M_{b_3}^j = M_{b_3} - M_{b_3}^b = 93,62 - 41 = 52,62 \text{ კნ. მ.}$$

მთლიანი მომენტი 1-ელი სართულის 1-ელ საყრდენზე

$$M^{m0} = M_{b_0}^j + M_{b_3}^j = 157,26 + 52,62 = 210 \text{ კნ. მ.}$$

სვეტის საძირკველთან შეერთების ადგილზე მომენტს საზღვრავენ იმ პირობით, რომ მომენტების ნულოვანი წერტილი მდებარეობს 1-ელი წერტილიდან  $\frac{2}{3} H$  მანძილზე (ნახ. 11, ბ). მაშინ 1-ელი სართულის სვეტის ზედა და ქვედა მომენტების სამკუთხა ეპიურების მსგავსებიდან მღუნავი მომენტები სვეტის საძირკველთან შეერთების ადგილზე იქნება

$$M_{b_0}^{s0} = 157,26 \times 0,5 = 78,63 \text{ კნ. მ};$$

$$M_{b_3}^{s0} = 52,62 \times 0,5 = 26,31 \text{ კნ. მ.}$$

მთლიანი მომენტი  $M_{b_0}^{s0} = 78,63 + 26,31 = 104,94 \text{ კნ. მ.}$

მღუნავი მომენტი 1-ელი სართულის რიგელის ჰორიზონტალური წახნავის დონეზე განისაზღვრება სამკუთხა ეპიურების მსგავსებიდან (ნახ. 11, ბ).

მომენტი ზედა სვეტში

$$M_{b_0}^{b,b} = M_{b_0}^b \frac{0,5(H-h_6)}{0,5H} = 120,38 \frac{4,8-0,7}{4,8} = 102,82 \text{ კნ. მ};$$

$$M_{b_3}^{b,b} = M_{b_3}^b \frac{0,5(H-h_6)}{0,5H} = 41 \frac{4,8-0,7}{4,8} = 35 \text{ კნ. მ.}$$

მომენტი ქვედა სვეტში

$$M_{b_0}^{j,b} = M_{b_0}^j \frac{\frac{2}{3}H - 0,5h_6}{\frac{2}{3}H} = 157,27 \frac{\frac{2}{3} \times 4,8 - 0,5 \times 0,7}{\frac{2}{3} \times 4,8} = 140 \text{ კნ. მ};$$

$$M_{b_3}^{j,b} = M_{b_3}^j \frac{\frac{2}{3}H - 0,5h_6}{\frac{2}{3}H} = 52,62 \frac{\frac{2}{3} \times 4,8 - 0,5 \times 0,7}{\frac{2}{3} \times 4,8} = 46,86 \text{ კნ. მ.}$$

ა და β კოეფიციენტები აიღება ისე, როგორც რიგელების გაანგარიშებისას.

შუა სართულებისათვის სიხისტეების ფარდობა (მე-4 ცხრ-დან)

$$\frac{i_3 + i_8}{i_6} = \frac{4,44 + 4,44}{11,58} \approx 0,8.$$

მე-13 დანართიდან  $M_{13}$ -თვის ვიღებთ  $\alpha = 0,044$ ;  $\beta = 0,057$ ;

$$M_{8a} = (0,044 \times 32,13 + 0,057 \times 57,6) \times 7,3^2 = 250 \text{ კნ. მ.};$$

$$M_{8a} = 0,057 \times 28,8 \times 7,3^2 = 87,48 \text{ კნ. მ.}$$

შუა სართულების ზედა და ქვედა სვეტების სიხისტეები ტოლია. ამიტომ 1-ელ საყრდენზე გამოთვლილი რიგელის მომენტები ზედა და ქვედა სვეტებზე ერთნაირად განაწილდება, ე. ი.

$$M_{8a}^j = M_{8a}^b = 0,5 \times 250 = 125 \text{ კნ. მ.};$$

$$M_{8a}^j = M_{8a}^b = 0,5 \times 87,48 = 43,74 \text{ კნ. მ.}$$

მლენავი მომენტები რიგელის თარაზული წახნაგების ღონეზე განისაზღვრება სამკუთხედების მსგავსებიდან (ნახ. 11, ა).

$$M_{8a}^{b, \text{წ}} = M_{8a}^{j, \text{წ}} = M_{8a}^b \times \frac{0,5(H-h_a)}{0,5H} = 125 \frac{4,8-0,7}{4,8} = 105,8 \text{ კნ. მ.};$$

$$M_{8a}^{b, \text{წ}} = M_{8a}^{j, \text{წ}} = M_{8a}^b \times \frac{0,5(H-h_a)}{0,5H} = 43,74 \frac{4,8-0,7}{4,8} = 37,36 \text{ კნ. მ.}$$

პირველი სართულის სვეტისათვის ფარდობა

$$\frac{i_3 + 1,5i_8}{i_6} = \frac{8,7 + 1,5 \times 4,44}{11,58} = 1,33,$$

რომლის მიხედვით მე-13 დანართიდან ვიღებთ:  $\alpha = 0,053$ ;  $\beta = 0,061$ .

მომენტი რიგელში 1 ელ საყრდენზე

$$M_{6a} = (0,053 \times 32,13 + 0,061 \times 57,6) \times 7,3^2 = 277,64 \text{ კნ. მ.};$$

$$M_{6a} = 0,061 \times 28,8 \times 7,3^2 = 93,62 \text{ კნ. მ.}$$

ზედა სვეტის სიხისტის კოეფიციენტი  $i_8 = 4,44 \times 10^2$ .

1-ელი სართულის ქვედა სვეტის სიხისტის კოეფიციენტი —  $8,7 \times 10^2$  (იხ. ცხრ. 4).

რიგელის მომენტები 1-ელი სართულის 1-ელ საყრდენზე ნაწილდება ასე:

ზედა სვეტზე

$$M_{b_0}^b = M_{b_0} \frac{i_b}{i_b + \frac{i_j}{1,5}} = 277,64 \frac{4,44}{4,44 + \frac{8,7}{1,5}} = 120,38 \text{ კვ. მ.}$$

$$M_{b_0}^b = M_{b_0} \frac{i_b}{i_b + \frac{i_1}{1,5}} = 93,62 \frac{4,44}{4,44 + \frac{8,7}{1,5}} = 41 \text{ კვ. მ.}$$

ქვედა სვეტზე

$$M_{b_0}^j = M_{b_0} - M_{b_0}^b = 277,64 - 120,38 = 157,26 \text{ კვ. მ.}$$

$$M_{b_0}^j = M_{b_0} - M_{b_0}^b = 93,62 - 41 = 52,62 \text{ კვ. მ.}$$

მთლიანი მომენტი 1-ელი სართულის 1-ელ საყრდენზე

$$M^{მთ} = M_{b_0}^j + M_{b_0}^b = 157,26 + 52,62 = 210 \text{ კვ. მ.}$$

სვეტის საძირკველთან შეერთების ადგილზე მომენტს საზღვრავენ იმ პირობით, რომ მომენტების ნულოვანი წერტილი მდებარეობს 1-ელი წერტილიდან  $\frac{2}{3} H$  მანძილზე (ნახ. 11, ბ). მაშინ 1-ელი სართულის სვეტის ზედა და ქვედა მომენტების სამკუთხა ეპიურების მსგავსებიდან მღუნავი მომენტები სვეტის საძირკველთან შეერთების ადგილზე იქნება

$$M_{b_0}^{საძ} = 157,26 \times 0,5 = 78,63 \text{ კვ. მ.}$$

$$M_{b_0}^{საძ} = 52,62 \times 0,5 = 26,31 \text{ კვ. მ.}$$

მთლიანი მომენტი  $M_{b_0}^{საძ} = 78,63 + 26,31 = 104,94 \text{ კვ. მ.}$

მღუნავი მომენტი 1-ელი სართულის რიგელის პორიზონტალური წახნაგის დონეზე განისაზღვრება სამკუთხა ეპიურების მსგავსებიდან (ნახ. 11, ბ).

მომენტი ზედა სვეტში

$$M_{b_0}^{b, \text{სხ}} = M_{b_0}^b \frac{0,5(H-h_6)}{0,5H} = 120,38 \frac{4,8-0,7}{4,8} = 102,82 \text{ კვ. მ.}$$

$$M_{b_0}^{b, \text{სხ}} = M_{b_0}^b \frac{0,5(H-h_6)}{0,5H} = 41 \frac{4,8-0,7}{4,8} = 35 \text{ კვ. მ.}$$

მომენტი ქვედა სვეტში

$$M_{b_0}^{j, \text{სხ}} = M_{b_0}^j \frac{2/3 H - 0,5h_6}{2/3 H} = 157,27 \frac{2/3 \times 4,8 - 0,5 \times 0,7}{2/3 \times 4,8} = 140 \text{ კვ. მ.}$$

$$M_{b_0}^{j, \text{სხ}} = M_{b_0}^j \frac{2/3 H - 0,5h_6}{2/3 H} = 52,62 \frac{2/3 \times 4,8 - 0,5 \times 0,7}{2/3 \times 4,8} = 46,86 \text{ კვ. მ.}$$

ქარკასის ელემენტების კონსტრუქციული გაანგარიშება

§1. შუალედური სვეტების გაანგარიშება

ა) საანგარიშო სქემა

შუალედური სვეტებს ს გაანგარიშებას აწარმოებენ შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტის გათვალისწინებით.

თითოეული სართულის სვეტის საანგარიშო სიგრძეს [1] მხ. 3.25-ის მიხედვით იღებენ სართულის სიმაღლის ტოლს, ე. ი.

$$l_0 = H = 4,8 \text{ მ.}$$

მივიღოთ წინასწარ II, III და IV სართულების სვეტების კვეთის ზომები  $0,4 \times 0,4$  მ; ხოლო I სართულისა— $0,4 \times 0,5$  მ (რადგანაც I სართულზე მოსული დატვირთვა უფრო დიდია, ვიდრე ზედა სართულებზე). მოქმედი ნორების [1] მიხედვით, შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტით

$$e_0^a \geq \frac{1}{600} l_0 = \frac{480}{600} = 0,8 \text{ სმ;}$$

$$e_0^b \geq \frac{1}{30} h_b = \frac{40}{30} = 1,3 \text{ სმ}$$

და ყოველ შემთხვევაში  $e_0^b \geq 1$  სმ. ვიღებთ  $e_0^b = 1,3$  სმ. აქ  $l_0$  — სართულის სიმაღლეა;  $h_b$  — სვეტის კვეთის სიმაღლე.

გათვალისწინებული გვაქვს კვეთის სიმეტრიული დაარმატურება A—III კლასის არმატურით.

სიმეტრიულად დაარმატურებული სწორკუთხა კვეთები A—I; A—II და A—III კლასებით, სადაც ელემენტის საანგარიშო სიგრძე  $l_0 \leq 20 h_b$  და გათვალისწინებულია შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტი (საანგარიშო ექსცენტრისიტეტი ნულის ტოლია), ნებადართულია გაანგარიშებულ იქნეს, როგორც ცენტრალურად შეკუმშული, გრძივი ღუნვის ფ კოეფიციენტის გათვალისწინებით.

ჩვენს შემთხვევაში  $l_0 = 480 \text{ სმ} < 20 h_b = 20 \times 40 = 800 \text{ სმ}$ , ე. ი. სვეტები შეიძლება გაანგარიშებულ იქნეს, როგორც ცენტრალურად შეკუმშული შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტის გათვალისწინებით, შემდეგი ფორმულით

$$F_0 = \frac{N}{R_{s3}} - R_{s6} F \quad (1)$$

ზადაც  $F_a$  არის გრძივი მუშა არმატურის ფართობი;

$N$  — სვეტზე მოქმედი დატვირთვა;

$R_{ა6}$  — ბეტონის პრიზმული წინალობა;

$F$  — სვეტის განივკვეთის ფართობი;

$\varphi$  — ექსპერიმენტული კოეფიციენტი;

$m$  — მუშაობის პირობების კოეფიციენტი;

$R_{ა3}$  — არმატურის საანგარიშო წინალობა კუმშვისას.

$$\varphi = \varphi_a + 2(\varphi_a - \varphi_b) \alpha; \quad \alpha = \frac{R_{ა3} F_a}{R_{ა6} F}$$

ამ კომპონენტების მნიშვნელობის და გამოყენების შესახებ იხილეთ ქვემოთ.

### ბ) პირველი სართულის სვეტის გაანგარიშება

პირველი სართულის სვეტის კვეთის ზომებია  $b_b \times h_b = 40 \times 50$  სმ. 300 მარკია შექთავეკაში ბეტონის პრიზმულ წინალობას ვიღებთ მე-2 დანართიდან მუშაობის პირობების  $m_{ა1} = 0,85$  კოეფიციენტის გათვალისწინებით

$$R_{ა6} = 11,5 \text{ მკპ.}$$

მე-8 დანართის მიხედვით A—III კლასის არმატურისათვის საანგარიშო წინალობა

$$R_a = 340 \text{ მკპ.}$$

პირველი სართულის სვეტზე მოქმედი საანგარიშო დატვირთვა მე-2 ცხრილიდან  $N = 3148$  კნ, მათ შორის  $N_{ბ3} = 2456$  კნ. ფარდობა

$$\frac{N_{ბ3}}{N} = \frac{2456}{3148} = 0,78.$$

სვეტის საანგარიშო სიგრძე  $l_0 = 4,8$  მ;

სვეტის მოქნილობა  $\lambda = \frac{l_0}{b_b} = \frac{480}{40} = 12 > 4.$

საჭიროა გავითვალისწინოთ სვეტის გრძივი ღუნვა.

სვეტებისათვის ოპტიმალური დაარმატურების კოეფიციენტი

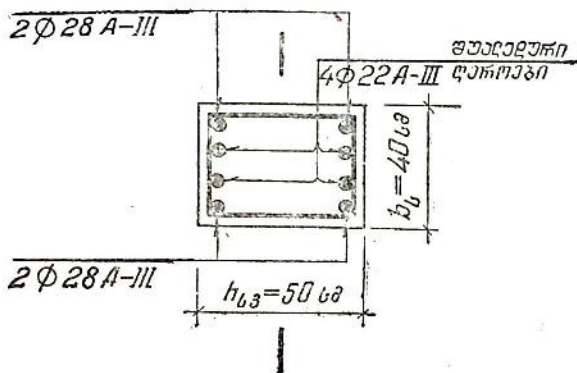
$$\mu \% = \frac{F_a}{b_b h_b} \times 100 = 1\% - 2\% - \text{მდე [იხ. 2, 6].}$$

გრძივი ღუნვის  $\varphi$  კოეფიციენტს საზღვრავენ თანამიმდევრული

მახლოებითი ხერხით  $\mu$ -ს წინასწარი დაშვებით. ვიღებთ ნებისმიერ  $\mu=0,02$  (0,01 ან 0,02 ზღვრებში). ესაზღვრავთ კოეფიციენტს

$$\alpha = \mu \frac{R_{33}}{R_{36}} = 0,02 \frac{340}{11,5} = 0,59.$$

$\frac{N_{ბა}}{N} = 0,78$  და  $\lambda = 12$  მიხედვით მე-11 აღნართიდან ვიღებთ  $\varphi_a = 0,868$ .  $\varphi_a$ -ს გასაგებად ვგულისხმობთ, რომ შუალედური ლეროების ფართობი, განლაგებული  $b_s$  მიმართულებით (ნახ. 12), მეტია ყველა



ნახ. 12. პირველი სართულის სვეტის განივი კვეთი.

მეშალეროს ფართობის  $\frac{1}{3}$ -ზე. ამ დაშვების მიხედვით მე-11 აღნართიდან ვიღებთ  $\varphi_a = 0,864$ . მაშინ

$$\varphi = \varphi_a + 2(\varphi_a - \varphi_a)\alpha = 0,868 + 2(0,864 - 0,868) \times 0,59 = 0,863 < \varphi_a = 0,864.$$

თუ  $\varphi > \varphi_a$ , მაშინ  $\varphi$  უნდა მივიღოთ  $\varphi_a$ -ს ტოლი.

[2] მიხედვით, სადაც  $\alpha > 0,5$ , შეიძლება  $\varphi$  არ განვსაზღვროთ; მივიღოთ  $\varphi = \varphi_a$ .

არმატურის საჭირო ფართობი

$$F_s = \frac{N}{R_{36}} - R_{36} F' = \frac{31480}{0,863 \times 1} - 11,5 \times 40 \times 50 = 340 = 39,75 \text{ სმ}^2.$$

სადაც  $m$  — მუშაობის პირობების კოეფიციენტი მიიღება:

თუ კვეთის სიმაღლე  $h_b < 20$  სმ —  $m = 0,9$ ;

თუ კვეთის სიმაღლე  $h_b > 20$  სმ —  $m = 1$ .

ჩვენს შემთხვევაში  $h_b = 40$  სმ  $> 20$  სმ, ამიტომ  $m = 1$ . მე-9 და-  
ნართიდან ვიღებთ  $(4\Phi 22 + 4\Phi 28)$  A-III კლასის არმატურას.

$$F_a = 15,2 + 24,63 = 39,83 \text{ სმ}^2 \text{ (ნახ. 12).}$$

ვრწმუნდებით, რომ შუალედური ღეროები, რომლებიც განლაგებულ  
ლია  $h_b$  შიშართულებით

$$F_{\text{ბაზ}} = 15,2 > \frac{1}{3} F_a = \frac{1}{3} 39,83 \text{ სმ}^2,$$

ე. ი. ჩენი დაშვება სწორია.

გადახარჯვა

$$\frac{39,83 - 39,73}{39,73} \times 100 = 0,5\% \text{ დასაშვებია.}$$

დაარმატურების კოეფიციენტი

$$\mu = \frac{F_a}{b_b h_b} = \frac{39,83}{40 \times 50} = 0,0199 \approx 0,02 < \mu = 0,03.$$

რადგანაც  $\mu = 0,0199$  უმნიშვნელოდ განსხვავდება წინასწარ და-  
შვებული  $\mu = 0,02$ -საგან, ამიტომ  $F_a$ -ს გადანაკარგობა საჭრო არ  
არის. წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭიროა ხელკეორედ დავუშვათ  $\mu$   
განგარიშებით მიღებული  $\mu$ -ს ტოლი, და განპეორებით გავიანგარი-  
შოთ არმატურის ფართობი. ასეთი განგარიშება საჭიროა ჩავატა-  
როთ მანამდე, სანამ განგარიშებით მიღებული  $\mu$  არ გაუტოლდება  
(ან მცირედ განსხვავდება) წინათ დაშვებულ  $\mu$ -ს.

განივი ღეროების დიამეტრი კონტაქტური შედუღებისას უნდა  
იყოს

$$d_b \geq \frac{d}{3} = \frac{22}{3} \approx 8 \text{ მმ.}$$

ვიღებთ  $d_b = 10$  A-I. სკეტში ვაწყობთ შედუღებულ კარკასებს,  
სადაც განივი არმატურის ბიჯი უნდა აკმაყოფილებდეს პირობებს:

1.  $u_b \leq 20d = 20 \times 2,2 = 44$  სმ;

2.  $u_b \leq 50$  სმ,

სადაც  $d$  — გრძივი არმატურის უპცირესი დიამეტრია (ნახ. 12) ვიღებთ  
 $u = 40$  სმ.

გ) მეორე სართულის სვეტის გაანგარიშება

მთლიანი საანგარიშო დატვირთვა სვეტზე  $N = 2241,92$  კნ  $\approx 2242$  კნ. მათ შორის ხანგრძლივად სოქმედი  $N_{\text{ხგ}} = 1765,82$  კნ. სვეტის კვეთის ზომებია  $40 \times 40$  სმ. ფარლობა

$$\frac{N_{\text{ხგ}}}{N} = \frac{1765,82}{2242} = 0,79.$$

ვსაზღვრავთ მოქნილობას  $\lambda = \frac{l_0}{b_0} = \frac{480}{40} = 12 > 4$ . საპიროა გავითვალისწინოთ ელემენტის გრძივი ლუნვა. წინასწარ ვიღებთ ნებისმიერ  $\mu = 0,016$  (0,01—0,02 ზღვრებში)

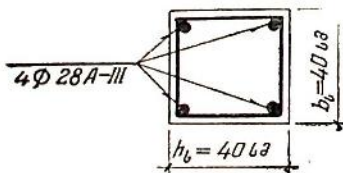
$$\alpha = \mu \frac{R_{\text{ა3}}}{R_{\text{ა6}}} = 0,016 \frac{340}{11,5} = 0,47.$$

ვკულისხმობთ, რომ არმატურის შუალედური ღეროების ფართობი ნაკლებია მთლიანი ღეროების ფართობის  $\frac{1}{3}$ -ზე. მე-11 ბ დანართიდან ვიღებთ  $\varphi_a = 0,888$ . რადგანაც  $\alpha = 0,47 \approx 0,5$ , ამიტომ [2] მიხედვით  $\varphi$ -ს არ გავიანგარიშებთ. ვიღებთ  $\varphi = \varphi_a = 0,888$ .

არმატურის საპირო ფართობი

$$F_a = \frac{\frac{N}{m\varphi} - R_{\text{ა6}} F}{R_{\text{ა3}}} = \frac{\frac{22420}{1 \times 0,888} - 11,5 \times 40 \times 40}{340} = 20,36 \text{ სმ}^2.$$

მე-9 დანართიდან ვიღებთ  $4\Phi 28 A = 111$ ;



$$F_a = 24,63 \text{ სმ}^2.$$

დაარმატურების კოეფიციენტი

$$\mu = \frac{24,63}{40 \times 40} = 0,0154 \text{ (ნახ. 13),}$$

რადგანაც გაანგარიშებით მიღებული  $\mu = 0,0154$  უმნიშვნელოდ განსხვავდება წინასწარ დაშვებულ

ლი  $\mu = 0,016$ -საგან, ამიტომ არმატურის ფართობის გადანგარიშება საპირო არ არის. შევამოწმოთ სვეტის ამტანუნარიანობა.

$$N = \varphi m (R_{\text{ა6}} F + R_{\text{ა3}} F_a) = 0,888 \times 1 (11,50 \times 40 \times 40 + 340 \times 24,63) =$$

$$= 23720 \text{ მგბ} = 2372 \text{ კნ, რაც } \frac{2372-2242}{2242} \times 100 = 5.79\% \text{-ით მეტია}$$

მოქმედ  $N = 2242$  კნ დატვირთვაზე.  
განივი არმატურის დიამეტრი

$$d_s \geq \frac{d}{3} = \frac{28}{3} \approx 10.$$

ვიღებთ  $d_s = \Phi 10A-1$  განივ არმატურას. ბიჯი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

1.  $u_s \leq 20$   $d = 20 \times 2,8 = 56$  სმ;
2.  $u_s \leq 50$  სმ; ვიღებთ  $u_s = 40$  სმ,

სადაც  $d$  — გრძივი არმატურის უმცირესი დიამეტრია.

#### დ) მესამე ხართულის სვეტის გაანგარიშება

მთლიანი საანგარიშო დატვირთვა  $N = 1335.73$  კნ;  
მათ შორის ხანგრძლივად მოქმედი  $N_{\text{ხგ}} = 1075.63$  კნ;

$$\text{ფარდობა } \frac{1075.63}{1335.73} = 0,8.$$

მოქნილობა  $\lambda \frac{480}{40} = 12 > 4$ , ამიტომ საჭიროა გრძივი ღუნვის გათვალისწინება.

წინასწარ ვიღებთ დაარმატურების კოეფიციენტს  $\mu = 0,013$ , უფრო მცირეს, ვიდრე მე-2 სართულებისათვის იყო აღებული. (მე-3 სართულის სვეტზე მოქმედი დატვირთვის სიმცირის გამო).

$$\alpha = \mu \frac{R_{\text{ა3}}}{R_{\text{ს6}}} = 0,013 \frac{340}{11,5} = 0,38 < 0,5.$$

ამიტომ  $\varphi$ -ს ვანგარიშობთ. ვგულისხმობთ, რომ არმატურის შეაღებული ღეროების ფართობი ნაკლებია მთელი ღეროების ფართობის  $\frac{1}{3}$ -ზე. მე-11 ა დანართიდან ვიღებთ  $\varphi_a = 0,865$ .

მე-11 ბ დანართიდან ვიღებთ  $\varphi_b = 0,888$ .

$$\varphi = 0,865 + 2(0,888 - 0,865) \times 0,38 = 0,882$$

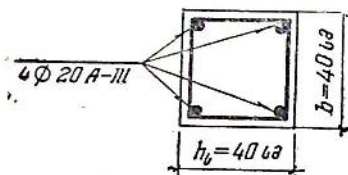
არმატურის საჭირო ფართობი

$$F_s = \frac{\frac{N}{m \varphi} - R_{\text{ს6}} F}{R_{\text{ა3}}} = \frac{\frac{13357,3}{1 \times 0,882} - 11,5 \times 40 \times 40}{340} < 0,$$

ე. ი. გრძივი არმატურა საჭირო არ არის, ვიღებთ კონსტრუქციულად (იხ. ნახ. 14).

### ე) მეოთხე სართულის სვეტის განგარიშება

აშკარაა, რომ მეოთხე სართულის სვეტში გრძივი არმატურა საჭირო არ არის, რადგანაც აქ დატვირთვა უფრო ნაკლებია, ვიდრე მესამე სართულის სვეტზე.



$$N^{IV} = 429,54 \text{ კნ} < N^{III} = 1335,73 \text{ კნ.}$$

სვეტების ბლოკების მოწყობის მიზნით მესამე და მეოთხე სართულებისათვის კონსტრუქციულად ვიღებთ  $d=20$  მმ გრძივი არმატურას (რაც საჭიროა აბაზანური პირაპირის მოსაწყობად).

ნახ. 14. მესამე და მეოთხე სართულის სვეტების განივკვეთი.

განივი არმატურის დიამეტრს ვიღებთ  $d_s = 8A1$ , ბიჯით  $u=40$  სმ (ნახ. 14).

### ვ) მეორე სართულის სვეტის პირაპირი

გრძივი ღეროების პირაპირს ვაზორციელებთ აბაზანური შედუღებით. ამისათვის სვეტების ბლოკების ტოუსებზე კუთხეებში ვაკეთებთ ჩანაჭურებს, სადაც მოთავსებულია გაანგარიშებით მიღებული ოთხი გრძივი არმატურის ღერო, რომლებიც წყდებიან პირაპირის ადგილზე (ნახ. 15). ასეთი პირაპირის მოსაწყობად საჭიროა გრძივი არმატურის დიამეტრი  $d \geq 20$  მმ. შედუღების შემდეგ პირაპირს წნევით ამონოლითებენ.

პირაპირის ზონაში და მის მახლობლად აწყობენ ბადეებს, რომლებიც ერთიმეორისაგან მცირე მანძილით არიან დაშორებული. მათ მუშაობას განიხილავენ სვეტის მოენილობის დამოუკიდებლად. პირაპირის ზონაში მდებარე სვეტის კვეთის სირთულის გამო უკანასკნელის ამტანუნარიანობას საზღვრავენ შემდეგი ფორმულით

$$N_{კვ} = 0,8 [R_{36}' F_{36} + R_{36} F] + F_s R_{33} \geq N \left( 1 + \frac{6e_0}{h_0} \right).$$

ბადეებით დაარმატურებული ბეტონის სიმტკიცე

$$R_{36}' = R_{36} + K \mu_{06} R_{36}^{ბადე},$$

სადაც  $R_{36}^{ბადე}$  არის არმატურის ბადეების საანგარიშო წინაღობა ვაკიმებაზე

$$K = \frac{5 + A}{1 + 4,5A}; \quad \mu_{06} = \frac{r^{ბადე}}{S F_{ბადე}}; \quad A = \frac{\mu_{06} R_{36}^{ბადე}}{R_{36}};$$

$v_{ბარ} = f_{ბარ} \Sigma l_{ბარ}$  — ერთი ბადის არმატურის მოცულობა;

$\Sigma l_{ბარ}$  — ბადის ყველა ღეროს სიგრძე;

$f_{ბარ}$  — ბადის ღეროების კვეთის ფართობი;

$S$  — ბადეების განლაგების ბიჯი, რომელიც მიიღება არა-ნაკლები 60 მმ, არა უმეტეს სვეტის კვეთის გვერდის

$\frac{1}{3}$ -ისა და არა უმეტეს 150 მმ;

$F_{ბარ}$  — ბეტონის კვეთი, განსაზღვრული ბადის ნაპირა ღეროებით;

$F_{ჩჰ}$  — ჩაჭრებით მიღებული ბეტონის დასამონოლითებელი ფართობი.

გამოვთვალოთ  $N_{აგ}$ -ის ფორმულაში შემავალი კომპონენტები

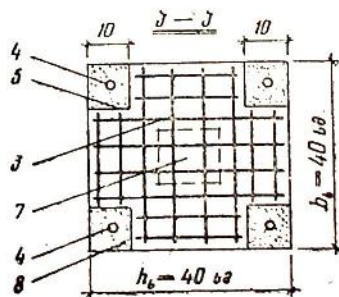
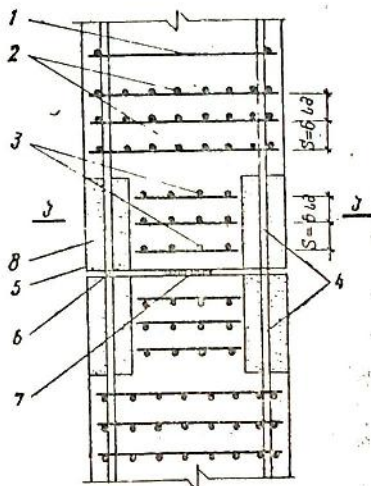
$$F_{ჩჰ} = 4h_{ჩჰ}b_{ჩჰ} = 4 \times 10 \times 10 = 400 \text{ სმ}^2.$$

აქ  $h_{ჩჰ} = b_{ჩჰ} = 10$  სმ — პირაპირის ზონაში მდებარე კვეთის ერთ კუთხეში ჩაჭრის ზომებია.

ბადის ღეროებისათვის ვიღებთ A—III კლასის არმატურას  $d = 6$  მმ დიამეტრით. ბადის უჯრედის ზომები უნდა იყოს არანაკლები 4,5 სმ; არაუმეტესი  $\frac{1}{4} b_s$  და არაუმეტესი

10 სმ.  $d = 6$  მმ-ისათვის ღეროს ფართობი  $f_{ბარ} = 0,283 \text{ სმ}^2$ .

ბადის ნაპირა ღეროების



ნახ. 15. გრძივი ღეროების პირაპირი აბაზანური შედუღებით.

- 1—სვეტის ვანივი არმატურა; 2—კვადრატული ბადეები სვეტის ტანში;
- 3—ბადეები პირაპირის ზონაში; 4—გრძივი არმატურა; 5—საკიდი; 6—შედუღების ადგილი; 7—მაცენტრებელი შუსაბები; 8 — დასამონოლითებელი ბეტონი.

დამცველი შრე  $h_{\text{ფ}} = 1$  სმ. გრძელი ლეროების სიგრძე ტოლია  $40 - 2 \times 1 = 38$  სმ; მოკლე ლეროების— $20 - 2 \times 1 = 18$  სმ.

ლეროების რაოდენობა ორივე მიმართულებით = 8.

ერთი ბადის არმატურის მოცულობა

$$V_{\text{ბაე}} = 0,283(38 + 18)8 = 126 \text{ სმ}^3;$$

$$F_{\text{ბიგ}} = (b_b + 2h_{\text{ფ}})(h_b - 2h_{\text{ფ}}) - F_{\text{გ}} = (40 - 2 \times 1)(40 - 2 \times 1) - 400 = 1040 \text{ სმ}^2.$$

ბადის ბიჯი  $S = 6$  სმ.

ირიბი დაარმატურებას მოცულობითი კოეფიციენტი

$$\mu_{\text{ბიგ}} = \frac{V_{\text{ბაე}}}{SF_{\text{ბიგ}}} = \frac{126}{6 \times 1040} = 0,02.$$

პირაპირის ფარგლებში ბეტონის მარკას იღებენ სვეტის მარკის ტოლს ან ერთი საფეხურით დაბალს. ვიღებთ სვეტის მარკის ტოლ ბეტონის მარკას ( $M - 300$ ).

კოეფიციენტი

$$A = \frac{\mu_{\text{ბიგ}} R_{\text{ბაე}}}{R_{\text{ბიგ}}} = \frac{0,02 \times 340}{11,5} = 0,59;$$

$$K = \frac{5 + A}{1 + 4,5 A} = \frac{5 + 0,59}{1 + 4,5 \times 0,59} = 1,12.$$

ბადეებით დაარმატურებული ბეტონის სიმტკიცე

$$R_{\text{ბიგ}}' = R_{\text{ბიგ}} + K \mu_{\text{ბიგ}} R_{\text{ბაე}} = 11,5 + 1,12 \times 0,02 \times 340 = 19,1 \text{ მგპ} = 1,91 \frac{\text{კნ}}{\text{სმ}^2}.$$

შევამოწმოთ ბადის განივი კვეთის ამტანუნარიანობა

$$N_{\text{კმგ}} = 0,8(R_{\text{ბიგ}}' F_{\text{ბიგ}} + R_{\text{ბიგ}} F') + F R_{\text{ბიგ}} = 0,8(19,1 \times 1040 + 11,5 \times 400) + 24,63 \times 340 = 27939 \text{ მგპ სმ}^2 = 2793,9 \text{ კნ}.$$

პირობითი გრძივი ძალა

$$N \left( 1 + \frac{6e_{\text{კ}}^2}{h_b} \right) = 2241,92 \left( 1 + \frac{6 + 1,3}{40} \right) = 2690,3 \text{ კნ}.$$

პირაპირის ამტანუნარიანობა

$$\frac{2793,9 - 2690,3}{2690,3} \times 100 = 3,85\% \text{ ით შეტია მეორე სართულის საანგა-}$$

რიშო ძალაზე. პირობა დაკმაყოფილებულია.

სვეტების ბლოკებს შორის გათვალისწინებულია მაციენტრებული შუადი ზომით  $10 \times 10 \times 2$  სმ.

## ზ) მეორე ხართულის კონსოლის გაანგარიშება

კონსოლი ეკუთვნის მოკლე კონსოლთა ჯგუფს, რადგანაც ნაშვერი კონსოლის სიმაღლესთან შედარებით მნიშვნელოვნად მცირეა. რიველი სვეტთან შეერთებულია ხისტად (ნახ. 16).

კონსოლის გაანგარიშება წარმოებს მიახლოებით იმ დატვირთვებზე, რომლებიც ტოლია კონსოლზე მოსული ერთი საართულთშორისო გადახუვის დატვირთვის ნახევრისა (იხ. ცხრ. 1).

$$Q = 0,5 \times 888,44 = 444,22 \text{ კნ} = 4442,2 \text{ მკვ სმ}^2.$$

რიველის დაყრდნობის მოედნის მინიმალური სიგრძე

$$l_{\text{დაყ}} = \frac{Q}{b_n R_{\text{დაყ}}} = \frac{4442,2}{30 \times 11,5} = 13 \text{ სმ},$$

სადაც  $l_n = 30$  სმ — რიველის სიგანეა.

საყრდენ ზედაპირზე არათანაბარი დაწოლის განაწილებისა და მონტაჟის არასიხუსტის გამო  $l_{\text{დაყ}} = 30$  სმ. მანძილი ასაწყობი რიველის ტორსიდან სვეტის წიბომდე  $b = 5$  სმ.

კონსოლის ნაშვერის სიგრძე

$$l_3 = l_{\text{დაყ}} + b = 30 + 5 = 35 \text{ სმ}.$$

კონსოლის მუშა სიმაღლე განისაზღვრება პირობიდან

$$h_0 \geq \frac{Q}{2,5 K_3 b_n} \quad \text{ან} \quad h_0 = \sqrt{\frac{Q a}{1,2 K_3 R_3 b_n K_4}},$$

სადაც სტატიკური დატვირთვისას  $K_3 = 1,2$ ;  $K_4 = 1$ .

მანძილი  $Q$  ს მოდების წერტილიდან სვეტის წახნაგამდე

$$a = l_3 - \frac{Q}{2 b_n K_{\text{დაყ}}} = 35 - \frac{4442,2}{2 \times 30 \times 11,5} = 29 \text{ სმ}.$$

გსაზღვრავთ მუშა სიმაღლეს

$$h_0 \geq \frac{Q}{2,5 K_3 b_n} = \frac{4442,2}{2,5 \times 0,85 \times 40} = 52,26 \text{ სმ};$$

$$h_0 = \sqrt{\frac{Q a}{1,25 K_3 R_3 b_n K_4}} = \sqrt{\frac{4442,2 \times 29}{1,25 \times 1,2 \times 0,85 \times 40 \times 1}} = 50,25 \text{ სმ},$$

სადაც  $R_3 = 0,85$  მგპ აღებულია მე-2 დანართიდან.

კონსოლის სიმაღლე  $h = 60$  სმ.

კონსოლის ქვედა წახნავი დახრილია  $45^\circ$ -ით, ამიტომ კონსოლის ზედა ნაწილის სიმაღლე

$$h_3 = h - l_3 \text{tg } 45^\circ = 60 - 35 \times 1 = 25 \text{ სმ} > \frac{1}{3} h = 20 \text{ სმ.}$$

კონსოლის მღუნავი მომენტი გამოითვლება ფორმულით

$$M = 1,25Q \left( l_3 - \frac{Q}{2b_0 R_{36}} \right) =$$

$$= 1,25 \times 444,22 \left( 35 - \frac{444,22}{2 \times 40 \times 1,15} \right) = 15853,1 \text{ კნ. სმ.}$$

მუშა სიმაღლე სვეტის წახნავის კვეთში

$$h_0 = h - a_{20} = 60 - 3 = 57 \text{ სმ.}$$

$a_{20}$  — დამცველი შრის სიღიღეა.

კოეფიციენტი

$$A_0 = \frac{M}{R_{36} b_0 h_0^2} = \frac{15853,1}{1,15 \times 40 \times 57^2} = 0,11.$$

$A_0$ -ს მიხედვით მე-4 დანართიდან ვიღებთ  $\xi = 0,12$ . მუშა არმატურის ფართობი

$$F_a = \xi b_0 h_0 \frac{R_{36}}{R_s} = 0,12 \times 40 \times 57 \frac{11,5}{340} = 9,24 \text{ სმ}^2.$$

მე-9 დანართიდან ვიღებთ 2Ф25А—III;  $F_a = 9,82 \text{ სმ}^2$ . ეს არმატურა მიედგება სვეტის ჩატანებულ ნაწილს, რომელიც ერთდროულად გამოიყენება რიგელის ჩატანებული ნაწილის მისადღებლად. თანახმად СНиП II—21—75 მხ. 5.30-ისა (ნახ. 16), რადგანაც

$$h = 60 \text{ სმ} > 2,5 l_1 = 2,5 \left( l_3 - \frac{l_{20y}}{2} \right) = 2,5 \left( 35 - \frac{30}{2} \right) = 50 \text{ სმ,}$$

ამიტომ კონსოლის დაარმატურება მიზანშეწონილია აღწერილი არმატურებით და პორიზონტალური საკიდებით. საკიდებს შორის მანძილი უნდა იყოს არაუმეტესი 15 სმ და არაუმეტესი

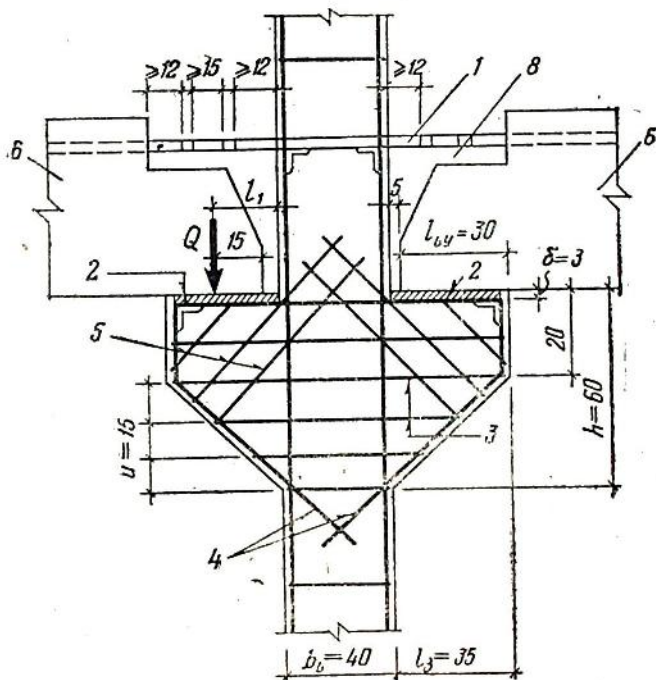
$$\frac{h_1}{4} = \frac{60}{4} = 15 \text{ სმ.}$$

ვიღებთ Ф 8 მმ დიამეტრის, 15 სმ პიჯის ორშტოიან საკიდებს А—I კლასის ფოლადისაგან.

აღწერილი ღეროებისათვის ვიღებთ А—III კლასის არმატურას.  $d_{20} = 12$  მმ დიამეტრით ( $f_{20} = 1,13 \text{ სმ}^2$ ) რაც ნაკლებია  $1/15 l_{20}$ -ზე. აქ  $l_{20}$  — აღწერის სიგრძეა კონსოლის ზღვრებში.

$$F_{20} = 0,002 b_0 h_0 = 0,002 \times 40 \times 57 = 4,56 \text{ სმ}^2.$$

აღუნულ ღეროებს ვაწყობთ სამ დახრილ კვეთში, თითოეულ კვეთში 2 ღეროს. ეს ღეროები კონსოლის ტანში შეტანილი უნდა იყოს სიდიდით  $L_{სვ} \approx 30, l = 30 \times 12 = 360 \text{ მმ} = 400 \text{ მმ}$  (ნახ. 16). აღუნული ღეროები კვეთს ხაზს, რომელიც საყრდენ  $Q$  ძალის მოდების წერტილს

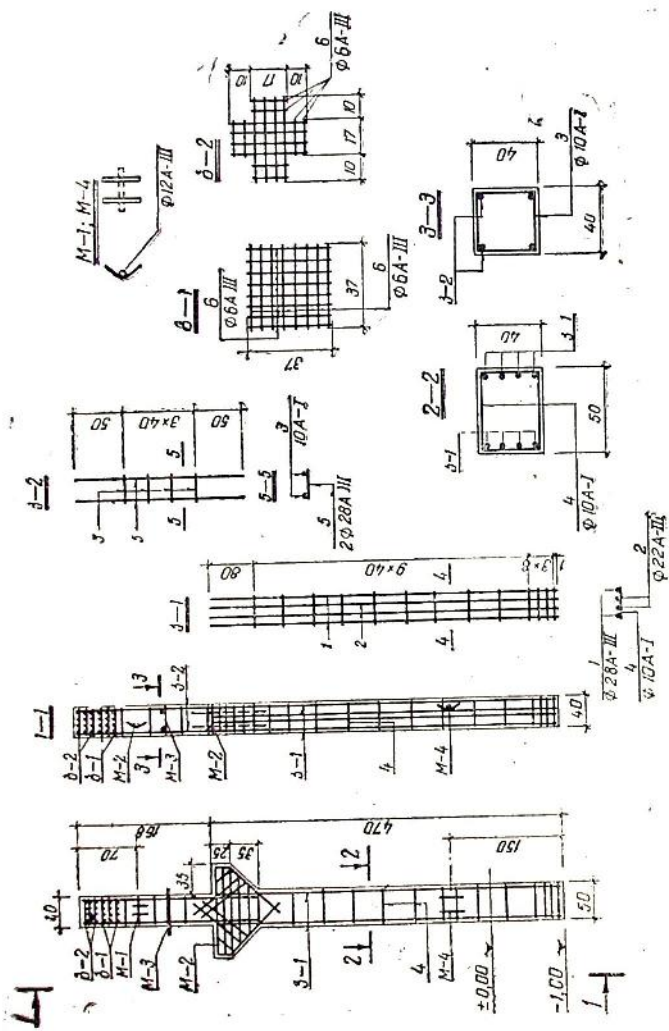


ნახ. 16. კონსოლის კონსტრუქციული სქემა და რიგელის პირაპირი სვეტთან.  
 1—სვეტიდან გამოშვებული არმატურა; 2—ჩაჯანებული დეტალები; 3—საკიდები; 4—გარშემომკლები ღეროები; 5—აღუნული ღეროები; 6—რიგელი; 7—კონსოლის გრძივი არმატურა; 8—მეშა არმატურა.

აერთებს კონსოლის ქვედა წერტილთან, რომელთა კვეთის ფართობი

$$F_{აღ} = 6 \times f_{აღ} = 6 \times 1,13 = 6,78 \text{ სმ}^2,$$

რომელიც მეტია  $F_{აღ} = 4,56 \text{ სმ}^2$ -ზე. კონსოლის დახრილ და ვერტიკალურ წახანაგებზე გარშემომკლებულია ორი ღერო  $\Phi 16A - III$  დიამეტრით. ამ არმატურაზე მიდღებულა საკიდები და აღუნული არმატურები.



ნახ. 17. პიჩევილი სარბულის შოულენი სვეტის დანამატები.

მე-17 ნახაზზე ნაჩვენებია პირველი სართულის შუა სვეტის დაარ-  
მატურება. სვეტის მონტაჟისათვის თითოეული ბლოკის ზემოთ და  
ქვემოთ დაყენებულია 40 მ დიამეტრის გაზის მილის ჩამონაკრები,  
რომლებიც ჩაანკრებულა სვეტის ტანში და მიღლებულია 12 მ-იან  
ირიბ ღეროებზე.

## §2. ნაპირა სვეტების გაანგარიშება

სვეტებისათვის საანგარიშო მღუნავ მომენტს იღებენ რიველის  
პორიზონტალური წახანავის დონეზე. ნაპირა სვეტების საანგარიშო  
სიგრძე ყველა საოთელისათვის მიიღება ერთი და იგივე  $l=H=4,8$  მ.

ნაპირა სვეტების კვეთის ფართობი 1-ელი სართულისათვის

$$b_s \times h_s = 40 \times 50 \text{ სმ.}$$

ყველა დანარჩენი სართულისათვის

$$b_s \times h_s = 40 \times 40 \text{ სმ.}$$

რადგანაც მღუნავ მომენტებს სვეტის სიგრძეზე აქვთ სხვადასხვა  
ნიშანი, ამიტომ სვეტებს სიმეტრიულად დავაარმატურებთ.

### ა) 1-ელი სართულის სვეტის გაანგარიშება

მოცემულია:

მაქსიმალური მღუნავი მომენტი 1-ელი სართულის ნაპირა სვე-  
ტისათვის იხ. ნახ. 11)

$$M = M_{\text{შვ}}^{\text{ბ}} + M_{\text{შვ}}^{\text{ფ}} = 140 + 46,86 = 186,86 \text{ კნ. მ,}$$

რომელიც მნიშვნელოვნად მეტია საძირკვლის დონეზე მოქმედ  
მომენტზე. ამიტომ გრძივი  $N$  ძალის სიდიდე უნდა ავილოთ 1-ელი  
სართულის სვეტის მასის გარეშე

$$N = 1771 - 17,75 = 1753,25 \text{ კნ;}$$

მათ შორის ხანგრძლივად მოქმედი

$$N_{\text{გ}} = 1425 - 17,75 = 1407,25 \text{ კნ;}$$

ხანმოკლე მოქმედი

$$N_{\text{აგ}} = 346 \text{ კნ.}$$

ყველა სართულისათვის ბეტონის მარკა მიღებულია:  $M 300$ ;  
 $h_s = 50$  სმ;  $b_s = 40$  სმ. არმატურა—კლასი A—III. საანგარიშო სიგრ-  
ძე— $l_s = 4,8$  მ;

საჭიროა არმატურის ფართობის განსაზღვრა.

300 მარკის ბეტონისათვის მე-2 დანართიდან  $m_{a1}=0,85$  კოეფიციენტის გათვალისწინებით ვიღებთ:

$$R_{a1}=11,5 \text{ მგპ;}$$

მე-3 დანართიდან  $E_s=26,0 \times 10^3 \text{ მგპ.}$

A—III კლასის არმატურისათვის მე-8 დანართიდან ვიღებთ

$$R_{a3}=340 \text{ მგპ;}$$

მე-7 დანართიდან  $E_s=2 \times 10^5 \text{ მგპ.}$

$$n = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2 \times 10^5}{26 \times 10^3} = 7,7$$

მუშა სიმაღლე

$$h_0 = h - a = 50 - 4 = 46 \text{ სმ.}$$

შოქნილობა

$$\lambda = \frac{480}{50} = 9,6 > 4.$$

[2] რხ. 3.57 თანახმად, როცა  $\lambda > 4$  სწორკუთხა კვეთებისათვის, გათვალისწინებული უნდა იქნეს ელემენტის გრძივი ღუნვა.

გამოვთვალოთ კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს დატვირთვის ხანგრძლივ გავლენას ელემენტის გრძივ ღუნვაზე.

$$K_{b0} = 1 + \frac{M_{b0}}{M} = 1 + \frac{140}{186,86} = 1,75.$$

ექსცენტრისიტეტი

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{186,86}{1753,25} = 0,11 \text{ მ} = 11 \text{ სმ.}$$

ვსაზღვრავთ შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტის  $e_0^3$  სიდიდეს, რომელიც უნდა იყოს არანაკლები  $\frac{1}{30} h_0 = \frac{1}{30} \times 50 = 1,5$  სმ, არანაკლებ

$\frac{1}{600} l_0 = \frac{1}{600} \times 480 = 0,8 \text{ სმ}$  და არანაკლები 1 სმ; თანახმად [2]

მხ. 3,53-ისა.

სტატისტიკურად ურკვევი სისტემებისათვის, მათ შორის კარკასული შენობების სვეტებისათვის გრძივი ძალის ექსცენტრისიტეტი დაყვანილი კვეთის სიმძიმის ცენტრის მიმართ მიიღება სტატისტიკური განგარიშებიდან მიღებული  $e_0$ -ის ტოლი, მაგრამ არანაკლები  $e_0^3$  ზე ე. ი. ვიღებთ

$$e_0 = 11 \text{ სმ} > e_0^3 = 1,5 \text{ სმ.}$$

გამოთვალეთ კოეფიციენტები:

$$t = \frac{e_n}{h_n} = \frac{11}{50} = 0,22;$$

$$t_{\min} = 0,5 - 0,01 \lambda - 0,01 R_{\lambda} = 0,5 - 0,01 \times 9,6 - 0,01 \times 11,5 = 0,3.$$

$t$  არ უნდა იყოს  $t_{\min}$ -ზე ნაკლები.

$$t = 0,22 < t_{\min} = 0,3;$$

ამიტომ ვიღებთ

$$t = 0,3.$$

არმატურის ფართობის განსაზღვრა წარმოებს თანამიმდევრულ შიახლოებითი წესით. პირველი შიახლოებისათვის დაარმატურების კოეფიციენტი

$$\mu = \frac{F_s + F_s'}{b_s h_s} = \frac{2F_s'}{b h_s} = 0,01.$$

ესაზღვრავთ პირობით კრიტიკულ ძალას სწორკუთხა კვეთებისათვის

$$N_{\text{კვ}} = \frac{1,6 E_s b_s h_s}{\lambda^2} \left[ \frac{0,11}{0,1 + t} + 0,1 \right] + \mu n \left( \frac{h_n - a'}{h_s} \right)^2 =$$

$$= \frac{1,6 \times 26 \times 10^3 \times 40 \times 50}{9,6^2} \left[ \frac{0,11}{0,1 + 0,3} + 0,1 \right] + 0,01 \times 7,7 \left( \frac{45 - 4}{50} \right)^2 =$$

$$= 112847 \text{ მკგ. სმ}^2 = 11284,7 \text{ კნ.}$$

კოეფიციენტი

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{\text{კვ}}}} = \frac{1}{1 - \frac{1753,25}{11284,7}} = 1,19.$$

გავივით მანძილი  $N$  ძალის მოდების წერტილიდან იმ არმატურის ღერძამდე, რომელიც უფრო მეტი მანძილით არის დაშორებული  $N$  ძალიდან

$$e = e_0 \eta + \frac{h_n - a'}{2} = 11 \times 1,19 + \frac{46 - 4}{2} = 34 \text{ სმ.}$$

გამოთვალეთ  $N$  ძალის ფარდობითი მნიშვნელობა

$$n = \frac{N}{R_{\lambda} b_s h_0} = \frac{1753,25}{1,15 \times 40 \times 46} = 0,83.$$

სიდიდე

$$m = \frac{N e}{R_{\lambda} b h_0^2} = \frac{1753,25 \times 34}{1,15 \times 40 \times 46^2} = 0,61.$$

A—III კლასის არმატურისა და 300 მარკის ბეტონისათვის მე-5 დანართიდან ვიღებთ შეკუმშული ზონის ფარდობითი სიმაღლის მაქსიმალურ მნიშვნელობას.  $m_{\Delta 1} = 0,85$  კოეფიციენტის შემთხვევაში  $\xi_R = 0,625$ . რადგან  $\bar{n} = 0,83 > \xi_R$ , ამიტომ

$$\xi = \frac{x}{h_0} > \xi_R.$$

არმატურის ფართობი გაიანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$F_s = F_s' = \frac{R_{\Delta 1} b h_0}{R_s} \frac{m - \xi(1 - \xi/2)}{1 - \delta}; \quad \delta = \frac{a'}{h_0} = \frac{4}{46} = 0,09;$$

$$\text{აქ } \xi = \frac{\bar{n}(1 - \xi_R) + 2\alpha \xi_R}{1 - \xi_R + 2\alpha};$$

$$\alpha = \frac{m - \bar{n}(1 - \bar{n}^2)}{1 - \delta} = \frac{0,61 - 0,83(1 - 0,83/2)}{1 - 4/46} = 0,12.$$

გამოეთვალათ

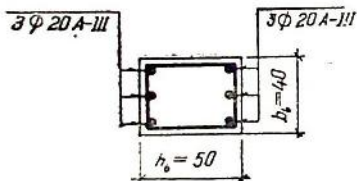
$$\xi = \frac{0,83(1 - 0,625) + 2 \times 0,12 \times 0,625}{1 - 0,625 + 2 \times 0,12} = 0,74.$$

არმატურის ფართობი

$$F_s = F_s' = \frac{11,5 \times 40 \times 46}{340} \times \frac{0,61 - 0,74(1 - 0,74/2)}{1 - 0,09} = 9,33 \text{ სმ}^2.$$

როცა  $\bar{n} < \xi_R$ , არმატურის ფართობი გაიანგარიშება ფორმულით

$$F_s = F_s' = \frac{R_{\Delta 1} b h_0}{R_s} \frac{m - \bar{n} \left(1 - \frac{\bar{n}}{2}\right)}{1 - \delta}.$$



დაარმატურების კოეფიციენტი

$$\mu = \frac{F_s + F_s'}{b_s h_s} = \frac{2F_s'}{b_s h_s} = \frac{2 \times 9,33}{40 \times 50} = 0,0094 \approx 0,01,$$

ნახ. 18. პირველი სართლის ნაპირა სვეტის რაც წინასწარ დაშვებული  $\mu =$  განივი კვეთი.  $= 0,01$ -საგან უმნიშვნელოდ განსხვავდება, ამიტომ ახალი  $\mu$ -ს დაშვება საჭირო არ არის.

მე-9 დანართიდან ვიღებთ

$$3\Phi 20 \text{ A—III}; \quad F_s = F_s' = 9,41 \text{ სმ}^2.$$

განივი არმატურის დიამეტრი

$$d_s \geq \frac{d}{3} = \frac{20}{3} \approx 8 \text{ სმ.}$$

ვიღებთ:

$$d_s = 10 \text{ მმ } A-I.$$

ბიჯი უნდა იყოს

$$u \leq 20d = 20 \times 20 = 400 \text{ მმ} = 40 \text{ სმ}; u \leq 50 \text{ სმ.}$$

ამიტომ

$$u = 40 \text{ სმ.}$$

შევამოწმოთ მიღებული კვეთი ჩარჩოს სიბრტყის გარეთ (იხ. შუალედური სვეტების გაანგარიშება). რადგანაც

$$b_s = 40 \text{ სმ} > 20 \text{ სმ, ამიტომ } m = 1.$$

კოეფიციენტი

$$\alpha = \mu \frac{R_{s3}}{R_{s6}} = 0,01 \times \frac{340}{11,5} = 0,3;$$

$$\frac{N_{b8}}{N} = \frac{1425}{1771} = 0,8 \text{ და } \lambda = \frac{l_0}{b_s} = \frac{490}{40} = 12.$$

$\frac{N_{b8}}{N}$  და  $\lambda$ -ს მიხედვით მე-11 ა დანართიდან ვიღებთ

$$\varphi_a = 0,872.$$

$b_s$  მიმართულებით განლაგებული შუალედური ლეროების ფართობი ტოლია

$$\frac{1}{3} (F_a + F_a'),$$

ამიტომ მე-11 ბ დანართიდან  $\varphi_a = 0,868$ .

კოეფიციენტი

$$\varphi = \varphi_a + 2(\varphi_a - \varphi_a) \alpha = 0,872 + 2(0,868 - 0,872) \times 0,3 = 0,87 > \varphi_a = 0,868.$$

ვიღებთ

$$\varphi = \varphi_a = 0,868$$

შევამოწმოთ სვეტის სიმტკიცე

$$N = m\varphi (R_{s6} + R_{s3} F_a) = 1 \times 0,868 (11,5 \times 40 \times 50 + 340 \times 2 \times 9,41) = 25519 \text{ მგპ სმ}^2 = 2551,9 \text{ კნ.}$$

რაც შეტია  $N = 1771 \text{ კნ. ზე.}$

ბ) მეორე სართულის ხვეტის გაანგარიშება

მაქსიმალური მომენტი მეორე სართულისათვის არის

$$M_{b8}^{b8} = 106,8 \text{ კნ. მ}; M_{b8}^{b8} = 37,36 \text{ კნ. მ.}$$

ამ შემთხვევაში გრძივი ძალა უნდა ავიღოთ სვეტის საკუთარი მასის გამოკლებით (იხ. მე 8 ცხილი).

$$N = 1255,26 - 17,75 = 1237,5 \text{ კნ.}$$

მათ შორის

$$N_{b_0} = 1017,26 - 17,75 \approx 1000 \text{ კნ; } N_{b_1} = 238 \text{ კნ.}$$

სვეტის კვეთი მიღებული იყო  $40 \times 40$  სმ;

მოქიხილობა

$$\lambda = \frac{l_0}{b_0} = \frac{480}{40} = 12 > 4,$$

ამიტომ გათვალისწინებული უნდა იქნეს ელემენტის გრძივი ღუნვა. მუშა სიმაღლე

$$h_0 = h - a = 40 - 4 = 36 \text{ სმ.}$$

გამოვთვალოთ  $K = 1 + \frac{M_{b_0}}{M} = 1 + \frac{106,8}{144,16} = 1,74,$

სადაც

$$M = M_{b_0}^{b_0} + M_{b_1}^{b_1} = 106,8 + 37,36 = 144,16 \text{ კნ. მ.}$$

ექსცენტრისიტეტი

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{144,16}{1237,5} = 0,12 \text{ მ} = 12 \text{ სმ.}$$

შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტი  $e_0$  არ უნდა იყოს ნაკლები:

$$1/30 h_0 = 1/30 \cdot 50 = 1,7 \text{ სმ;}$$

$$1/600 l_0 = 1/600 \cdot 480 = 0,8 \text{ და } 1 \text{ სმ-ისა.}$$

თანახმად [2] მხ. 3.53-ისა, ექსცენტრისიტეტი

$$e_0 = 12 \text{ სმ} > e_0^0 = 1,7 \text{ სმ.}$$

კოეფიციენტი

$$t = \frac{e_0^3}{h_0} = \frac{12}{40} = 0,3;$$

$$t_{\min} = 0,5 - 0,01 \lambda - 0,01 R_{36} = 0,5 - 0,01 \times 12 - 0,01 \times 11,5 = 0,27.$$

სიდიდე არ უნდა იყოს  $t_{\min}$ -ზე ნაკლები ვიდრე

$$t = 0,3 > t_{\min} = 0,27.$$

პირველი მიახლოებისათვის დაარმატურების კოეფიციენტი

$$\mu = 0,01.$$

ესაზღვრავთ პირობით კრიტიკულ ძალას

$$N_{\text{კ}} = \frac{1,6 E_s b_s h_s}{\lambda^2} \left[ \frac{0,11}{0,1 + t} + 0,1 \right] + \mu n \left( \frac{h_0 - a'}{h_0} \right)^2 =$$

$$= \frac{1,6 \times 26 \times 10^3 \times 40 \times 40}{12^2} \left[ \frac{0,11}{0,1 + 0,27} + 0,1 \right] +$$

$$+ 0,01 \times 7,7 \left( \frac{36 - 4}{40} \right)^2 = 46 \times 10^4 \times 0,125 =$$

$$= 575 \times 10^2 \text{ მგკ.სმ}^2 = 5750 \text{ კგ.}$$

კოეფიციენტი

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{\text{კ}}}} = \frac{1}{1 - \frac{1237,5}{5750}} = 1,28.$$

$$e = e_0 \eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 12 \times 1,28 + \frac{36 - 4}{2} = 31,4 \text{ სმ.}$$

$$m = \frac{Ne}{R_{\text{სახ}} b_s h_0^2} = \frac{1237,5 \times 31,4}{1,15 \times 40 \times 36^2} = 0,65.$$

$$\bar{n} = \frac{N}{R_{\text{სახ}} b_s h_0} = \frac{1237,5}{1,15 \times 40 \times 36} = 0,75.$$

რადგანაც ყველა სართულის ბეტონისა და არმატურის მარკებზე ერთნაირია, ამიტომ შეკუმშული ზონის ფარდობითი სიდიდის მაქსიმალური მნიშვნელობა  $\xi_R = 0,625$ .  $n = 0,75 > \xi_R = 0,625$ , ამიტომ არმატურის ფართობი გაიანგარიშება ფორმულებით:

$$F_s = F_s' = \frac{R_{\text{სახ}} b h_0}{R_s} \frac{m - \xi(1 - \xi/2)}{1 - \delta}; \quad \delta = \frac{a'}{h_0} = \frac{4}{36} = 0,11;$$

$$\alpha = \frac{m - \bar{n} \left( 1 - \frac{\bar{n}}{2} \right)}{1 - \delta} = \frac{0,65 - 0,75 \left( 1 - \frac{0,75}{2} \right)}{1 - 0,11} = 0,2;$$

$$\xi = \frac{\bar{n}(1 - \xi_R) + 2\alpha \xi_R}{1 - \xi_R + 2\alpha} = \frac{0,75(1 - 0,625) + 2 \times 0,2 \times 0,625}{1 - 0,625 + 2 \times 0,2} = 0,68;$$

$$F_s = F_s' = \frac{11,5 \times 40 \times 36}{340} \frac{0,65 - 0,68 \left( 1 - \frac{0,68}{2} \right)}{1 - 0,11} = 10,72 \text{ სმ}^2$$

დაარმატურების კოეფიციენტი

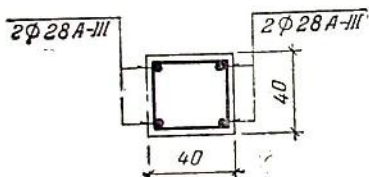
$$\mu = \frac{F_s' + F_s}{b_s h_s} = \frac{2 \times 10,72}{40 \times 40} = 0,013 > 0,01.$$

რადგანაც მიღებული დაარმატურების კოეფიციენტი მნიშვნელოვნად განსხვავდება წინასწარ მიღებული  $\mu = 0,01$ -ისაგან, მაშასადამე,  $F_s = 10,72$  სმ<sup>2</sup> განსაზღვრულია მარაგით, ის შეიძლება რამდენადმე შევამციროთ,  $\mu$ -ს დაზუსტებით  $\mu = \frac{0,01 + 0,013}{2} \approx 0,012$

და ხელახლა გამოვთვალოთ  $F_s = F_s'$ .

$$N_{\text{სტ}} = 46 \times 10^4 \left[ \frac{0,11}{3 \times 1,74} + 0,1 + 0,012 \times 7,7 \left( \frac{36-4}{40} \right)^2 \right] =$$

$$= 46 \times 10^4 \times 0,135 = 62100 \text{ მკპ. სმ}^2 = 6210 \text{ კგ};$$



$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{1237,5}{6210}} = 1,25;$$

$$e = e_0 \eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 12 \times 1,25 +$$

$$+ \frac{36-4}{2} = 31 \text{ სმ};$$

ნახ. 19. მეორე ს რიგის ნაპირა სვეტის განივი კვეთი.

$$m = \frac{N e}{R_{\text{სტ}} b_s h_0^2} = \frac{1237,5 \times 31}{1,15 \times 40 \times 36^2} = 0,64; \quad \bar{n} = 0,75;$$

$$\bar{n} > \xi_R = 0,625; \quad \alpha = \frac{m - \bar{n} \left( 1 - \frac{\bar{n}}{2} \right)}{1 - \delta} =$$

$$= \frac{0,64 - 0,75 \left( 1 - \frac{0,75}{2} \right)}{1 - 0,11} = 0,19;$$

$$\xi = \frac{0,75(1 - 0,625) + 2 \times 0,19 \times 0,625}{1 - 0,625 + 2 \times 0,19} = 0,69;$$

$$F_s = F_s' = \frac{11,5 \times 40 \times 36}{340} \times \frac{0,64 - 0,69 \left( 1 - \frac{0,69}{2} \right)}{1 - 0,11} = 10,38 \text{ სმ}^2;$$

$$\mu = \frac{F_s F_s'}{b_s h_s} = \frac{2 \times 10,38}{40 \times 40} = 0,0127.$$



ჩარჩოს სიბრტყის მართობი მიმართულებით გაანგარიშებას ახ-  
ვაწარმოებთ, რადგანაც შემთხვევითი ექსცენტრისიტეტი ამ მიმარ-  
თულებით მნიშვნელოვად ნაკლებია ჩარჩოს სიბრტყეში მიღებულ  
ექსცენტრისიტეტზე და განივი კვეთი ორივე სიბრტყის სიმეტრიუ-  
ლია.

მე-2 სართულის ნაპირა სვეტის დაარმატურება ნაჩვენებია.  
მე-20 ნახაზზე.

მესამე და მეოთხე სართულების ნაპირა სვეტების არმატურის  
ფართობის გაანგარიშება წარმოებს I და II სართულების ანალო-  
გიურად.

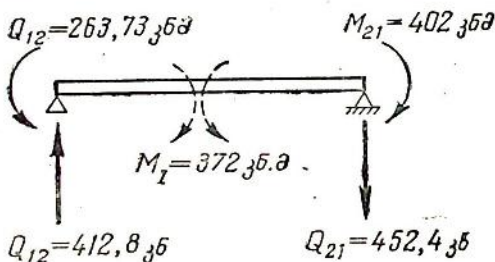
### §3. რიგველების კონსტრუქციული გაანგარიშება

#### წინასწარ დაუძაბავი რიგელი

- ა) გაანგარიშება პირველი ჯგუფის ზღვრული  
მდგომარეობის მიხედვით

პირველი მალის რიგელზე მოქმედი საანგარიშო მღუნავი მო-  
მენტები და განივი ძალები ნაჩვენებია 21-ე ნახაზზე (აღებულია რი-  
გელის სტატიკური გაანგარიშებიდან).

გრძივი არმატურის ფართობის შერჩევა პირველ  
მალში. ვგულისხმობთ, რომ მუშა გრძივი არმატურა განლაგებულ-



ნახ. 21. საანგარიშო ძალები პირველი მალის რიგელში.

იქნება ორ რიგად. ამიტომ მანძილი გრძივი მუშა არმატურის ცენტ-  
რიდან ნაპირა გავიშვულ ბოკკომდე  $a = 7,5$  სმ.

მუშა სიმაღლე

$$h_0 = h_6 - a = 70 - 7,5 = 62,5 \text{ სმ.}$$

რიგელის ზომებია:  $b_6 = 30$  სმ;  $h_6 = 70$  სმ. ვიღებთ 300-მარკის  
ბეტონს და A-III კლასის არმატურას. ვსაზღვრავთ კოეფიციენტს.

$$\lambda_0 = \frac{M_1}{R_{ab} b h_0^2} = \frac{37200}{1,15 \times 30 \times 62,5^2} = 0,276.$$

მე-4 დანართიდან ვიღებთ  $\xi = 0,33$ ;  $\nu = 0,835$ .

მე-5 დანართიდან  $\xi_R = 0,625$ .

$\xi = 0,33 < \xi_R = 0,625$ , ე. ი. კარბ არმატურას ადგილი არა აქვს.

არმატურის ფართობი

$$F_a = \frac{M}{R_a \nu h_0} = \frac{37200}{34 \times 0,835 \times 62,5} = 21 \text{ სმ}^2.$$

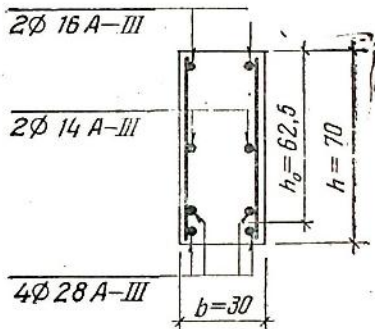
მე-9 დანართიდან ვიღებთ 4  $\Phi 28 A-III$ ;  $F_a = 24,63 \text{ სმ}^2$  (აქ  $R_a = 340 \text{ მგპ} = 34 \text{ კნ/სმ}^2$  აღებულია შრიცხველისა და მნიშვნელის ერთი და იგივე განზომილებებისათვის).

დამცველი შრე, სადაც კოქის სიძალე აღემატება 250 მმ, მიიღება  $\delta \geq 20$  მმ. ვიღებთ  $\delta = 30$  მმ. მაშინ მანძილი მუშა არმატურის ცენტრიდან კოქის ქვედა წახნაგამდე

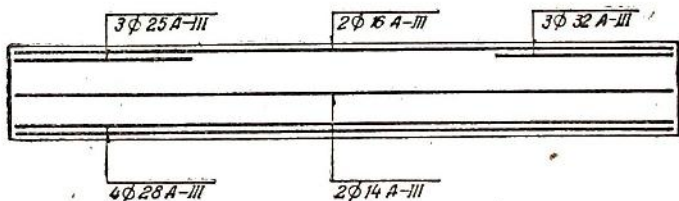
$$a = \delta + d_{28} + \frac{d}{2} = 30 + 28 + \frac{28}{2} = 72 \text{ მმ} = 7,2 \text{ სმ}.$$

მიღებული სიდიდე მცირედ განსხვავდება წინასწარ აღებული

ლი  $a = 7,5 \text{ სმ}$ -საგან. ამიტომ  $h_0 = 62,5$  უცვლელად ვტოვებთ. პირველი მალის ზედა ზონაში მოქმედი შეღარებით მცირე უარყოფითი მომენ-



ნახ. 22. რიველის განივი კვეთი პირველ მალში.



ნახ. 23. გრძივი არმატურის განლაგება პირველ მალში.

ტის მისაღებად ვიღებთ 2  $\Phi 16 A-III$  კლასის არმატურას (იხ. ნახ. 22, 23).

კვეთი 1-ელ საყრდენთან

$$A_0 = \frac{M_{12}^{Eb}}{K_3 b h_0^2} = \frac{26373}{1,15 \times 30 \times 62,5^2} = 0,196.$$

მე-4 დანართიდან ვიღებთ  $\xi = 0,22$ ;  $\nu = 0,89$ ;

$$\xi = 0,22 < \xi_R = 0,625.$$

არმატურის ფართობი

$$F_s = \frac{M_{12}^{Eb}}{R_s \nu h_0} = \frac{26373}{34 \times 0,89 \times 62,5} = 13,9 \text{ სმ}^2.$$

მე-9 დანართიდან ვიღებთ: 3Ф25А—III;  $F_s = 14,73 \text{ სმ}^2$ .

კვეთი მე-2 საყრდენთან

$$A_0 = \frac{M_{21}^{Eb}}{R_3 b_c h_0^2} = \frac{40700}{1,15 \times 30 \times 62,5} = 0,3.$$

მე-4 დანართიდან ვიღებთ:  $\xi = 0,37$ ;  $\nu = 0,815$ ;

$\xi = 0,37 < \xi_R = 0,625$  (პარამეტრებს ადგილი არა აქვს);

$$F_s = \frac{M_{21}^{Eb}}{R_s \nu h_0} = \frac{40700}{34 \times 0,815 \times 62,5} = 23,21 \text{ სმ}^2.$$

მე-9 დანართიდან ვიღებთ: 3Ф32А—III;  $F_s = 24,13 \text{ სმ}^2$ . რიგელს განივი კვეთი მალში ნაჩვენებია 22-ე ნახაზზე. რადგანაც რიგელის სიმაღლე  $h = 70 \text{ სმ}$ , ნორპების თანახმად, სიმაღლის შუაზე, გვერდით წახნაგებთან ვიყენებთ კონსტრუქციულ არმატურას 2Ф14 А—III.

23-ე ნახაზზე ნაჩვენებია გრძივი არმატურების განლაგება პირველი მალის რიგელში.

### განივი არმატურის განგარიშება

მაქსიმალური განივი ძალა  $Q_{11} = 452,4 \text{ კნ}$  (იხ. ნახ. 21). განივი არმატურისათვის მე 8 დანართიდან ვიღებთ  $R_b = 215 \text{ მგპ}$ .

შევამოწმოთ პირობა.

$$1. Q \leq K_1 R_b b h_0.$$

აქ  $K_1$  — ემპირიული კოეფიციენტი.

მძიმე ბეტონისათვის  $K_1 = 0,6$ ;

$R_b$  — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე;

( $R_b = 0,85 \text{ მგპ}$  აღებულია მე-2 დანართიდან).

$$0,6 \times 0,85 \times 30 \times 62,5 = 956,25 \text{ მგპ.სმ.}$$

956,25 მგპ.სმ<sup>2</sup> < Q<sub>21</sub> = 4524 მგპ.სმ<sup>2</sup> პირობა არ კმაყოფილდება. საჭიროა განივი დაარმატურება.

$$2. Q \leq 0,35 R_{ახ} b h_0; 0,35 \times 11,5 \times 30 \times 62,5 = 7546,8 \text{ მგპ.სმ}^2 > Q_{21} = 4524 \text{ მგპ.სმ}^2.$$

შე-2 პირობა კმაყოფილდება. კვეთის ზომები დასაშვებია.

ვიღებთ განივ ღეროს  $d_s = 10$  მმ ( $f_s = 0,785$ ) და ორ ჯრად განივ არმატურას ( $F_s = 2 \times 0,785 = 1,57$  სმ<sup>2</sup>). ვსაზღვრავთ მათ ბიჯს. ძალეა, რომელსაც ღებულობს განივი არმატურა რიგელის ერთ გრძივ შეტრზე

$$q_s = \frac{Q_{21}^2}{8 s_b h_0^2 R_s} = \frac{4524^2}{8 \times 3 \times 62,5^2 \times 0,85} = 25,68 \text{ მგპ. სმ} > R_s \frac{h_s}{2} = 0,8 \frac{30}{2} = 12 \text{ მგპ.სმ}$$

(მოქმედი ნორმების თანახმად,  $q_s \geq R_s \frac{h_s}{2}$ ). ვიღებთ  $q_s = 25,68$  მგპ.სმ. ვსაზღვრავთ საკიდების საჭირო ბიჯს.

$$u = R_{ას} \frac{F_s}{q_s} = 215 \frac{1,57}{25,68} = 13,14 \text{ სმ};$$

$$u_{max} = \frac{1,5 R_s b h_0^2}{Q_{21}} = \frac{1,5 \times 0,85 \times 30 \times 62,5^2}{4524} = 33 \text{ სმ}.$$

მიღებული ბიჯი  $u = 13,14$  სმ <  $u_{max} = 33$  სმ. პირობა დაცულია. კონსტრუქციული მოსაზრებით, როცა კოჭის სიმაღლე

$$h > 45 \text{ სმ}; u \leq \frac{h}{3} = 23 \text{ სმ} \text{ და } u \leq 50 \text{ სმ},$$

ვიღებთ  $u$ -ს მინიმალურ მნიშვნელობას ყველა სამი მოთხოვნიდან ( $u_{max} = 33$  სმ;  $u = 23$  სმ;  $u = 13,14$  სმ), ბიჯის მოდულის 5 სმ გათვალისწინებით. ვიღებთ  $u = 20$  სმ; სადაც კოჭის სიმაღლე  $h \leq 45$  სმ<sup>2</sup>  $u = \frac{h}{2}$  და  $u \leq 15$  სმ.

ბ) რიგელის გაანგარიშება მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობის მიხედვით

ნორმალური ბზარების გახსნის სიგანის შემოწმება პირველი მალის რიგელში. მოქმედი ნორმების თანახმად [2], თუ გაანგარიშებით მიღებული დაარმატურების კოეფიციენტი

$$\mu = \frac{F_s}{b_0 h_0} > 0,005.$$

მაშინ სწორკუთხა და ტესებრი კვეთის ღუნვად ელემენტებში წარმოიშობა ნორმალური ბზარები. შევამოწმოთ პირობა

$$\mu = \frac{24.63}{30 \times 62,5} = 0,013 > 0,005,$$

ე. ი. რიგელის გაკიმულ უბნებში წარმოიშობა ნორმალური ბზარები, ამიტომ საჭიროა რიგელის ნორმალური ბზარების გახსნის სიგანის შემოწმება.

თანახმად [2] მბ. 4.1; 4.6-ისა, მიღებულია, რომ თუ A—II და A—III კლასის არმატურის გამოყენებისას დაარმატურების კოეფიციენტი  $\mu > 0,02$  ან დაარმატურების ნებისმიერი კოეფიციენტის შემთხვევაში A—I და A—II კლასის ლეოს დიამეტრი  $d \leq 22$  მმ, ხოლო A—III კლასის არმატურის დიამეტრი  $d \leq 8$  მმ, მაშინ ღეროების ერთ რიგად დაარმატურებისას ნორმალური ბზარების გახსნის სიგანის შენოწმება საჭირო არ არის.

ჩვენს მაგალითში  $\mu = 0,013 < \mu = 0,02$ , ამიტომ საჭიროა ნორმალური ბზარების გახსნის სიგანის შემოწმება. ზოგადად ბზარების გახსნაზე გაანგარიშება წარმოებს ორჯერ (თუ ეს საჭიროა): ხანმოკლე და ხანგრძლივი ბზარების გახსნაზე. ღუნვადი ელემენტებისათვის დასაშვებია გაანგარიშება ვაწარმოოთ მხოლოდ ერთხელ.

ნორმალური ბზარების გახსნაზე შემოწმებისას:

თუ 
$$\frac{M_{\text{რბ}}^{\text{გ}}}{M_{\text{გომ}}^{\text{გ}}} \geq \frac{2}{3};$$

მოწმდება ბზარების ხანგრძლივი გახსნა  $M_{\text{გომ}}^{\text{გ}}$  მომენტის მოქმედებაზე;

თუ 
$$\frac{M_{\text{ბგ}}^{\text{გ}}}{M_{\text{გომ}}^{\text{გ}}} < \frac{2}{3},$$

მოწმდება ბზარების ხანმოკლე გახსნა  $M_{\text{გომ}}^{\text{გ}}$  მომენტის მოქმედებაზე. დახრილი ბზარების გახსნაზე შემოწმებისას:

თუ 
$$\left( \frac{Q_{\text{რბ}}^{\text{გ}}}{Q_{\text{ცთ}}^{\text{გ}}} \right)^2 \geq \frac{2}{3},$$

მოწმდება ბზარების ხანგრძლივი გახსნა  $Q_{\text{ცთ}}^{\text{გ}}$  ძალის მოქმედებაზე.

თუ 
$$\left( \frac{Q_{\text{ბგ}}^{\text{გ}}}{Q_{\text{გომ}}^{\text{გ}}} \right)^2 < \frac{2}{3},$$

მოწმდება ბზარების ხანმოკლე, გახსნა  $Q_{\text{გომ}}^{\text{გ}}$  განივი ძალის მოქმედებაზე. აქ  $Q_{\text{რბ}}^{\text{გ}}$  და  $Q_{\text{გომ}}^{\text{გ}}$  — უძიდესი განივი ძალაა ელემენტის განსახილველ უბანზე შესაბამისად ზუღმივი და ხანგრძლივი დატვირთვისა და მთლიანი დატვირთვისაგან.

ბზარების გახსნის სივანის ვასანგარიშებლად გამოთვალეთ მუდმივი და ხანგრძლივი დატვირთვებით გამოწვეული მლუნავი მომენტი

$$M_{\text{ბა}}^{\text{ვ}} = M_{\text{I}} \frac{q_{\text{ბა}}^{\text{ვ}}}{q} = 372 \times \frac{76,7}{118,53} = 240,7 \text{ კნ.მ.}$$

აგრეთვე ხანმოკლე დატვირთვისაგან

$$M_{\text{ბა}}^{\text{ვ}} = M_{\text{I}} \frac{q_{\text{ბა}}^{\text{ვ}}}{q} = 372 \frac{24}{118,53} = 75,32 \text{ კნ.მ.}$$

(აქ  $q_{\text{ბა}}^{\text{ვ}}$ ;  $q_{\text{ბა}}^{\text{მ}}$ ;  $q$  აღებულია მე-3 ცხრილიდან).

მთლიანი ხორმატიული მომენტი

$$M_{\text{ბთ}}^{\text{ვ}} = M_{\text{ბა}}^{\text{ვ}} + M_{\text{ბგ}}^{\text{ვ}} = 240,7 + 75,32 = 316 \text{ კნ.მ.}$$

შევამოწმოთ პირობა

$$\frac{M_{\text{ბა}}^{\text{ვ}}}{M_{\text{ბთ}}^{\text{ვ}}} = \frac{240,7}{316} = 0,76 > \frac{2}{3} = 0,66,$$

ამიტომ რიგელს ვამოწმებთ მხოლოდ ბზარების ხანგრძლივ გახსნაზე.  $M_{\text{ბა}}^{\text{ვ}} = 240,7 \text{ კნ.მ.}$  მომენტის მოქმედებაზე.

ნორმალური ბზარების გახსნის სივანე გამოითვლება ფორმულით

$$a_{\text{ბა}} = KC_{\text{ბა}} \eta \frac{\sigma}{E_s} \times 20 (3,5 - 100 \bar{\mu} \sqrt{d}), \quad (\text{ა})$$

სადაც  $K=1$  — ლუნვადი ელემენტებისათვის;

$C_{\text{ბა}}=1,5$  — მუდმივი და ხანგრძლივი დატვირთვის მოქმედებისას;

$\eta=1$  — პერიოდული პროფილის არმატურით დაარმატურებისას;

$d$  — გრძივი მუშა ღეროს რბამეტრი (მმ), ჩვენს მაგალითში  $d=28$  მმ;

$\bar{\mu}$  — კვების დაარმატურების კოეფიციენტი, რომელიც სწორკუთხა და ტესებრი (თაროებით შეკუმშულ ზონა-

ში) კვებისათვის მიიღება  $\bar{\mu} = \frac{F_s}{b_n h_0}$ , ამასთან  $\bar{\mu}$ -ს

მნიშვნელობა აიღება არა უმეტეს 0,02-ისა, ჩვენს შემთხვევაში

$$\bar{\mu} = \frac{F_s}{b_n h_0} = \frac{24,63}{30 \times 62,5} = 0,013 < 0,02.$$

$E_s$  — არმატურის დეფორმაციის მოდული A—III კლასის არმატურისათვის (ბე.7 დანართიდან)

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ მგპ.}$$

$\sigma_s$  — დაბვა გაკიმული ზონის არმატურაში, რომელიც ლუნვადი ელემენტებისათვის (გამარტივებული ხერხით) დასაივებია განისაზღვროს [2] მიხედვით, ფორმულით

$$\sigma = R_s \frac{M^6}{M_{6L}}$$

სადაც  $R_s$  არის არმატურის საანგარიშო წინაღობა გაკიმვაზე;

A—III კლასის არმატურისათვის  $R_s = 340$  მგპ;

$M_6$  — ნორმატიული მღუნავი მომენტი მალის შუაში მუდმივად და ხანგრძლივად მოქმედი ნორმატიული დატვირთვებისაგან.

$$M_6 = M_{6g}^6 = 240,7 \text{ კნ. მ.}$$

$M_{6L}$  — ზღვრული მომენტი, რომლის ატანა შეუძლია დაარმატურებული ელემენტის კვეთს, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

$$M_{6L} = M_{საანგ} \frac{F_{ა ფაქ}}{F_{ა თოტ}}$$

აქ  $M_{საანგ}$  არის საანგარიშო მღუნავი მომენტი, მიღებული მთლიან დატვირთვის მოქმედებით. ჩვენს შემთხვევაში  $M_{საანგ} = M_I = 372$  კნ. მ (აღებულია რიგელის სიმტკიცეზე გაანგარიშებიდან);

$F_{ა თოტ} = 21 \text{ სმ}^2$  — სიმტკიცეზე გაანგარიშებით სიღებელი არმატურის ფართობი;  $F_{ა ფაქ} = 24,63 \text{ სმ}^2$  ფაქტიურად აღებული არმატურის ფართობი. მაშინ

$$M_{6L} = 372 \times \frac{24,63}{21} = 436,3 \text{ კნ. მ.}$$

დაბვა გაკიმულ არმატურაში

$$\sigma_s = R_s \frac{M_{6g}^6}{M_{6L}} = 34 \frac{240,7}{436,3} = 18,75 \frac{\text{კნ}}{\text{სმ}^2} = 187,5 \text{ მგპ.}$$

სადაც A—III კლასის არმატურისათვის  $R_s = 340$  მგპ  $= 34 \frac{\text{კნ}}{\text{სმ}^2}$ .

ნორმალური ბზარების გახსნის სიგანე

$$\begin{aligned} a_{ბბ} &= K C_{ბგ} \eta \frac{\sigma_s}{E_s} \times 20 (3,5 - 100 \bar{\mu}) \sqrt{\alpha} = \\ &= 1 \times 1,5 \times 1 \frac{187,5}{2 \times 10^5} \times 20 (3,5 - 100 \times 0,013) \sqrt{28} = \\ &= 0,19 \text{ მმ} < a_{ბბ, ბლ} = 0,03 \text{ მმ.} \end{aligned}$$

ნორმალური ბზარების გახსნის სიგანე ნაკლებია ზღერული და-  
საშეები ბზარების გახსნის სიგანეზე, რომელიც [2] მხ. 1.16-ის თანა-  
ბმად 0,3 ნმ-ის ტოლია.

სადაც

$$\frac{M_{\text{ბგ}}^{\text{ფ}}}{M_{\text{გთ}}^{\text{ფ}}} < \frac{2}{3}.$$

ლუნვადი ელემენტებისათვის ბზარების ხანმოკლე გახსნაზე გაან-  
გარიშება მთლიანი დატვირთვისაგან შეიძლება განისაზღვროს შემდე-  
გი ფორმულით

$$a_{\text{ბგ}} = a_{\text{გთ}} \cdot \left[ 1 + (C_{\text{ბგ}} - 1) \frac{M_{\text{ბგ}}^{\text{ფ}}}{M_{\text{გთ}}^{\text{ფ}}} \right]. \quad (\text{ბ})$$

აქ  $a_{\text{გთ}}$  — ბზარების გახსნის სიგანეა მთლიანი დატვირთვის ხანმოკლე  
მოქმედებისას და გამოითვლება (ა) ფორმულით, სადაც  $C_{\text{ბგ}}$  მიიღება  
1-ის ტოლი, ხოლო (ბ) ფორმულაში  $C_{\text{ბგ}}$  აიღება დატვირთვის ხანგრძ-  
ლივი მოქმედებისას, ე. ი.  $C_{\text{ბგ}} = 1,5$ .

#### დახრილი ბზარების გახსნის სიგანის შემოწმება პირველი მაღის რიგულში

ნორმატიული განივი ძალა ზუღშივი და ხანგრძლივი დატვირ-  
ვისაგან

$$Q_{21 \text{ ბგ}}^{\text{ფ}} = Q_{21}^{\text{ფ}} \frac{q_{\text{ბგ}}^{\text{ფ}}}{q} = 452,4 \frac{76,7}{118,53} = 292,7 \text{ კნ.}$$

$Q_{21}^{\text{ფ}} = 452,4$  კნ აღებულია რიგელის განივი ძალების გაანგარიშებიდან.  
განივი ძალა ხანმოკლე დატვირთვისაგან

$$Q_{21 (\text{ბგ})}^{\text{ფ}} = 452,4 \frac{24}{118,53} = 91,6 \text{ კნ.}$$

მთლიანი დატვირთვის მოქმედებისას

$$Q_{\text{გთ}}^{\text{ფ}} = Q_{\text{ბგ}}^{\text{ფ}} + Q_{\text{ბგ}}^{\text{ფ}} = 292,7 + 91,6 = 384,3 \text{ კნ.}$$

შევამოწმოთ დახრილი კვეთების ბზარების გახსნის გაანგარი-  
შების აუცილებლობა.

რადგანაც

$$0,6 R_{\text{გ}} \cdot b \cdot h_0 = 0,6 \times 1,5 \times 30 \times 62,5 = 1687,5 \text{ მგპ. სმ}^2 = \\ = 168,75 \text{ კნ} < Q_{21}^{\text{ფ}} = 292,7 \text{ კნ}$$

( $R_{\text{გ}} = 15$  მგპ = 1,5 კნ/სმ<sup>2</sup> აღებულია 1-ელი დანართიდან), ბზარების  
გახსნის სიგანის შემოწმება აუცილებელია.

ვინაიდან

$$\left(\frac{Q_{\text{ვგ}}^5}{Q_{\text{მთ}}^5}\right)^2 = \left(\frac{292,7}{384,3}\right)^2 = 0,58 < \frac{2}{3} = 0,66,$$

უნდა შემოწმდეს ხანმოკლე ბზარების გახსნა მთლიანი  $Q_{\text{მთ}}^5$  განივი ძალის მოქმედებაზე. ელემენტის ღერძის მიმართ დახრილი ბზარების გახსნის სიგანე  $Q_{\text{ვგ}}$  ღუნეადი ელემენტებისათვის დაარმატურებული განივი არმატურით გამოითვლება ფორმულით

$$a_{\text{ვგ}} = C_{\text{ვგ}} K (h_0 + 30 d_{\text{max}}) \frac{\eta}{\mu_{\text{გ}}} \frac{t^2}{E_{\text{ვ}}^2}. \quad (8)$$

აქ  $C_{\text{ვგ}}$  და  $\eta$  აღნიშვნები იგივეა, რაც ნორმალური ბზარების გახსნაზე შემოწმებისას (იხ. (ა) ფორმულა).

$$K = (20 - 1200 \mu_{\text{გ}}) \times 10^3, \text{ მაგრამ არანაკლები } 8 \times 10^3.$$

$d_{\text{max}}$  — საკიდების და აღუნული არმატურებიდან აღებული ღეროს უდიდესი დიამეტრია. ამასთან ერთად ( $h_0 + 30 d_{\text{max}}$ ) ჯამში  $h_0$  და  $d_{\text{max}}$  სიდიდეები აიღება მმ-ობით.

$\mu_{\text{გ}}$  — კოქის შემცველობის კოეფიციენტი განივი არმატურით და

$$\mu_{\text{გ}} = \mu_{\text{ს}} + \mu_{\text{აღ}};$$

აქ  $\mu_{\text{ს}}$  არის კოქის შემცველობის კოეფიციენტი საკიდებით

$$\mu_{\text{ს}} = \frac{F_{\text{ს}}}{b_{\text{ს}} u}.$$

$\mu_{\text{აღ}}$  — კოქის შემცველობის კოეფიციენტი აღუნული არმატურით;

$u$  — მანძილი საკიდებს შორის (იხ. [2] მხ. 412)

$$t = \frac{Q^5}{b_{\text{გ}} h_0},$$

სადაც  $Q^5$  არის განსახილველ უბანზე მოქმედი უდიდესი ნორმატიული განივი ძალა განივი არმატურის მუდმივი შემცველობისას.

გამოვთვალოთ ბზარების გახსნის სიგანე მთლიანი დატვირთვის ხანმოკლე მოქმედებისას  $a_{\text{ვგ}}$ . 1 ჯერ გამოვთვალოთ სიდიდეები:

$$t = \frac{Q_{\text{მთ}}^5}{b_{\text{გ}} \times h_0} = \frac{384,3}{30 \times 62,5} = 0,2 \frac{\text{კნ}}{\text{სმ}^2}.$$

რადგანაც აღუნული არმატურა კოქში არ არის, ამიტომ

$$\mu_{\text{გ}} = \mu_{\text{ს}} = \frac{F_{\text{ს}}}{b_{\text{ს}} u} = \frac{1,54 \times 2}{30 \times 20} = 0,005$$

(კვეთში ვიღებთ 2 საკიდს,  $d_{\text{ს}} = 14$  მმ დიამეტრით  $f_{\text{ს}} = 1,54 \text{ სმ}^2$ );  $K = (20 - 1200 \mu_{\text{გ}}) \times 10^3 = (20 - 1200 \times 0,005) \times 10^3 = 14 \times 10^3 > 8 \times 10^3$ ; პირობა დაცულია.

$$h_0 + 30d_{max} = 625 + 30 \times 10 = 925 \text{ მმ.}$$

თანახმად [2] მხ. 4.8  $C_{\sigma} = 1$ ;  $\eta = 1$ ;

$$a_{\sigma} = C_{\sigma} K (h_0 + 30d_{max}) \frac{\eta}{\mu_{\sigma}} \frac{f^2}{E_{\sigma}^2} =$$

$$= 1 \times 14 \times 10^3 \times 925 \times \frac{1}{0,005} \times \left( \frac{0,2}{2 \times 10^6} \right)^2 = 0,26 \text{ მმ.}$$

დაბრკილი ბზარების ხანმოკლე გახსნა მთლიანი დატვირთვის მოქმედებისას (როცა ცნობილია  $a_{\sigma}$ ) შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$a_{\sigma} = a_{\sigma} \cdot 1 \left[ 1 + (C_{\sigma} - 1) \left( \frac{f_{\sigma}}{f_{\sigma 0}} \right)^2 \right]. \quad (ბ')$$

(იხ. [2], მხ. 4.12). (ბ') ფორმულა მიღებულია (ბ) ფორმულიდან. სადაც  $\left( \frac{M_{\sigma}^b}{M_{\sigma 0}^b} \right)^2$  სიდიდე შეცვლილია  $\left( \frac{f_{\sigma}}{f_{\sigma 0}} \right)^2$  სიდიდით.

$$აქ \quad f_{\sigma} = \frac{Q_{\sigma}^b}{b_0 h_0} = \frac{292,7}{30 \times 62,5} = 0,16 \frac{\text{კნ}}{\text{სმ}^2};$$

$$f_{\sigma 0} = \frac{Q_{\sigma 0}^b}{b_0 h_0} = \frac{284,3}{30 \times 62,5} = 0,2 \frac{\text{კნ}}{\text{სმ}^2};$$

$$\left( \frac{f_{\sigma}}{f_{\sigma 0}} \right)^2 = \left( \frac{0,16}{0,2} \right)^2 = 0,64.$$

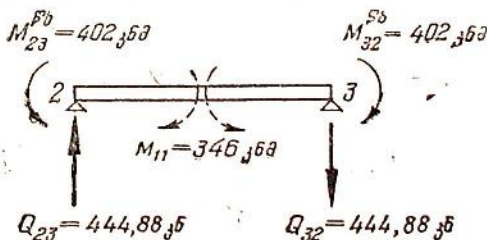
(ბ') ფორმულაში  $C_{\sigma}$  აიღება 1,5-ის ტოლი.

$$a_{\sigma} = 0,26 [1 + (1,5 - 1) \times 0,64] = 0,34 \text{ მმ.}$$

რაც ნაკლებია ზღვრულ დასაშვებ სიდიდეზე  $a_{\sigma} = 0,4$  მმ (იხ. [2] მხ. 4.16).

**მეორე მალის რიგელის განგარიშება**

სანგარიშო მღუნავი მომენტების და განივი ძალების მნიშვნელობები მოცემულია 24-ე ნახაზზე.



ნახ. 24. სანგარიშო ძალები მეორე მალის რიგელში.

### გრძივი არმატურის კვეთის შერჩევა

შალის ქვედა არმატურა

$$R_{ak} = 11,5 \text{ მგპ} = 1,15 \frac{\text{კნ}}{\text{სმ}^2}$$

კოეფიციენტი

$$A_0 = \frac{M_{11}}{R_{ak} b h_0^2} = \frac{34600}{1,15 \times 30 \times 63^2} = 0,254$$

$$\left( R_{ak} = 11,5 \text{ მგპ} = 1,15 \frac{\text{კნ}}{\text{სმ}^2} \right)$$

აქ  $h_0 = 70 - 7 = 63$  სმ აღებულია რამდენადმე ნაკლები სიდიდისა. ვგულისხმობთ, რომ არმატურის დიამეტრი უფრო ნაკლები იქნება, ვიდრე პირველ შალში.  $A_0$ -ის მიხედვით მე-4 დანართიდან ვიღებთ  $\xi = 0,3$ ;  $\nu = 0,85$

მე-5 დანართიდან

$$\xi_R = 0,625.$$

რადგანაც

$$\xi = 0,3 < \xi_R = 0,625,$$

ამიტომ ჭარბ არმატურას აღვილი არა აქვს.

არმატურის ფართობი

$$F_a = \frac{M_{11}}{R_a h_0} = \frac{34600}{34 \times 0,85 \times 63} = 19 \text{ სმ}^2.$$

მე 9 დანართიდან ვიღებთ 4Φ25 A—III;  $F_a = 19,63 \text{ სმ}^2$  (განსხვავება 5%-ზე ნაკლებია).

### შალის ზედა არმატურა

შალის ზედა არმატურის გასაანგარიშებლად მე-14 ნახაზიდან ვიღებთ შლუნავ მომენტს უარყოფითი მომენტების გადაკვეთის წერტილისათვის, სადაც  $M = 200,0 \text{ კნ.მ} = 20000 \text{ კნ. სმ}$ .

ამ მომენტის მოკმედეგისას მოსალოდნელია არმატურის უფრო შციოვ დიამეტრი და ერთ რიგად განლაგება ვიღებთ  $h_0 = 66,5$  სმ.

$$A_0 = \frac{M}{R_{ak} b h_0^2} = \frac{20000}{1,15 \times 30 \times 66,5^2} = 0,13.$$

$A_0$ -ის მიხედვით მე-4 დანართიდან  $\xi = 0,14$ ;  $\nu = 0,93$ .

შე-5 დანართიდან  $\xi_R = 0,625$ .

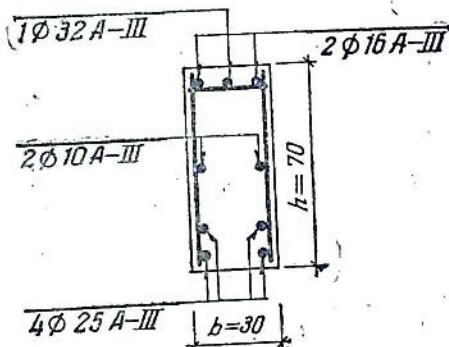
რადგან  $\xi < \xi_R$ , კარბ არმატურას ადგილი არა აქვს. არმატურის ფართობი

$$F_a = \frac{M}{R_a \cdot s \cdot h_0} = \frac{20700}{34 \times 0,93 \times 65} = 9,50 \text{ სმ}^2.$$

შე-9 დანართიდან

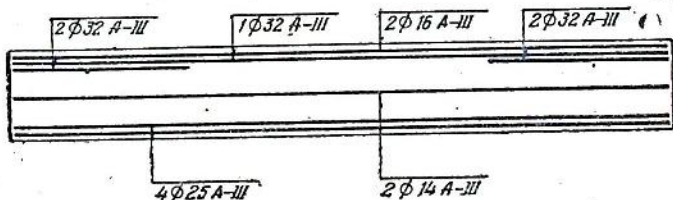
$$(2\phi 16 + 1\phi 32) A-III; F_a = 4,02 + 8,04 = 12,06 \text{ სმ}^2.$$

მეორე მალის რიგელის განივი კვეთი ნაჩვენებია 25 ე ნახაზზე.



ნახ. 25. რიგელის განივი კვეთი მეორე მალში.

მეორე და შესაბამის საყრდენებზე ვიღებთ იგივე არმატურას, რასაც პირველი წალის მეორე საყრდენზე, ე. ი. 3φ32 A-III.



ნახ. 26. გრძივი არმატურის განლაგება მეორე მალში.

გრძივი არმატურების განლაგება მეორე მალის რიგელში ნაჩვენებია 26-ე ნახაზზე.

მეორე მალში განივი ძალა პირველ მალთან შედარებით უფრო მცირეა  $Q_{23} = 444,88 < Q_{21} = 452,4$  კნ. ამიტომ მეორე მალის განივი

დაარმატურებას ვაწარმოებთ ისე, როგორც პირველი მაღისათვის, ე. ი. განივი ლეროების დიაპეტრს ვიღებთ  $\Phi 14 A-III$ , ბიჯით  $u = 20$  სმ, მთელი მაღის სიგრძეზე, რადგანაც საწარმოო შენობის ექსპლუატაციისას შეიძლება წარმოიშვას მნიშვნელოვანი შეყურსული დატვირთვები.

**წინასწარ დაძაბული რიგელების კონსტრუქციული  
გაანგარიშება პირველი ჯგუფის ზღვრულ მდგომარეობაზე**

წინასწარ დაძაბული რიგელებისათვის ვიღებთ  $A-IV$  კლასის არმატურას. მე-6 დანართიდან ვიღებთ  $R_5^5 = 600$  მგპ; მე-8 დანართიდან  $R_3 = 500$  მგპ; ბეტონის მარკა—300.

მე-2 დანართიდან  $R_{34} = 11,5$  ძკპ. გამოვთვალოთ წინასწარი ძაბვის  $\sigma_0$  სიდიდე, რომელიც ლეროვანი არმატურისათვის განისაზღვრება შემდეგი პირობიდან:

$$\sigma_0 + P \leq R_5^5; \quad \sigma_0 - P \geq 0,3 R_5^5.$$

არმატურის მექანიკური დაჭიმვისას  $P = 0,05 \sigma_0$ , მაშინ;

$$\sigma_0 = \frac{1}{1,05} R_5^5 = 0,9 \times 600 = 540 \text{ მგპ.}$$

შეკუმშული ზონის ფარდობითი სიდიდის მაქსიმალური მნიშვნელობა გამოვთვალოთ ფორმულით

$$\xi_R = \frac{\xi_0}{1 + \frac{\sigma_A}{500} \left(1 - \frac{\xi_0}{1,1}\right)} = \frac{0,76}{1 + \frac{110}{500} \left(1 - \frac{0,84}{1,1}\right)} = 0,71,$$

სადაც

$$\xi_0 = a - 0,008 R_{34} = 0,85 - 0,008 \times 11,5 = 0,76$$

(მძიმე ბეტონისათვის  $a = 0,85$ ).

წინასწარი ძაბვების დანაკარგს დაახლოებით ვიღებთ 150 მგპ  $> 100$  მგპ [1] მხ. 1.26 მაშინ წინასწარი ძაბვის სიდიდე პირველი და ხეორე ჯგუფის დანაკარგების გასოკლებით

$$\sigma_0' = \sigma_0 - \sigma_2 = 540 - 150 = 390 \text{ მგპ;}$$

$$\sigma_A = R_3 - \sigma_0' = 500 - 390 = 110 \text{ მგპ.}$$

**ა) პირველი მაღის რიგელი**

ქვედა არმატურის ფართობის განსაზღვრა

ვგულისხმობთ, რომ წინასწარ დაძაბული არმატურა განლაგებული იქნება ერთ რიგად:  $\mu_0 = 70 - 7 = 63$  სმ.

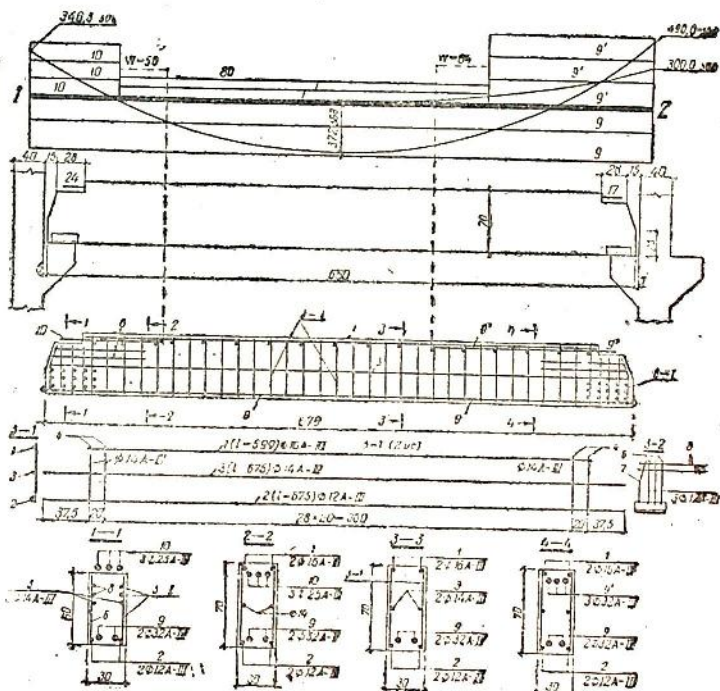
გამოთვალათ

$$A_0 = \frac{M_1}{bh_0^2 R_{36}} = \frac{37200}{30 \times 63^2 \times 1,15} = 0,27.$$

მე-4 დანართიდან

$$\xi = 0,32; \nu = 0,84.$$

რადგანაც  $\xi = 0,32 < \xi_R = 0,71$ , კარბ არმატურას ადგილი არა აქვს. გამოთვალათ მუშაობის პირობების  $m_{a4}$  კოეფიციენტი, რომე-



ნახ. 27. პირველი მისის რიგელის დარმიტურება. მასალათა ებიურა და საყალიბო ნახაზი.

ლიც ითვალისწინებს წინასწარ დამბული გაქიმული არმატურის სიმტკიცის ზრდას

$$m_{a4} = \bar{m}_{a4} - (\bar{m}_{a4} - 1) \frac{\xi}{\xi_R} = 1,2 - (1,2 - 1) \frac{0,32}{0,71} = 1,12,$$

სადაც  $\bar{m}_{a4}$  — მაქსიმალური მნიშვნელობა  $m_{a4}$  და A—IV კლასის არმატურისათვის მიიღება — 1,2-ის ტოლი.

არმატურის საკურო ფართობი პირველ მალში

$$F_a = \frac{M_1}{m_{a4} k_s v h_0} = \frac{37200}{1,12 \times 50 \times 0,84 \times 63} = 12,65 \text{ სმ}^2.$$

ვიღებთ

$$2\Phi 32A-IV; F_a = 16,09 \text{ სმ}^2.$$

უარყოფითი მომენტის მისაღებად მალის ზედა უბანში ვიღებთ  $2\Phi 16A-III$  კლასის არმატურას (იხე როგორც დაუძაბავ რიგელში).

1 და 2 საყრდენებზე ვიღებთ დაუძაბავ არმატურას (იხე როგორც დაუძაბავი რიგელისათვის):

1 ელ საყრდენზე —  $3\Phi 25 A-III$

ზე 2 ზე —  $3\Phi 32 A-III$

ნაპირა წახნაგზე სისხლის შუაში ვაყენებთ კონსტრუქციულ არმატურას  $2\Phi 14 A-III$  (იხე ნახ. 27).

განივი არმატურის დიამეტრს დაუბიჯს ვიღებთ ისე, როგორც დაუძაბავი რიგელისათვის, ე. ი.

$$\Phi 14A-III \text{ და } u = 20 \text{ სმ.}$$

ბ) მეორე მალის რიგელი

ქვედა არმატურის ფართობის განსაზღვრა გამოვთვალოთ

$$A_0 = \frac{M_{11}}{b h_0^2 R_{36}} = \frac{34600}{30 \times 63^2 \times 1,15} = 0,253.$$

მე-4 დანართიდან ვიღებთ  $\xi = 0,3$ ;  $\nu = 0,85$ ;  $\xi = 0,3 < \xi_R = 0,71$ .

გამოვთვალოთ მუშაობის პირობების კოეფიციენტი

$$m_{a4} = \bar{m}_{a4} - (m_{a4} - 1) \frac{\xi}{\xi_R} = 1,2 - (1,2 - 1) \frac{0,3}{0,71} = 1,13.$$

არმატურის საკურო ფართობი

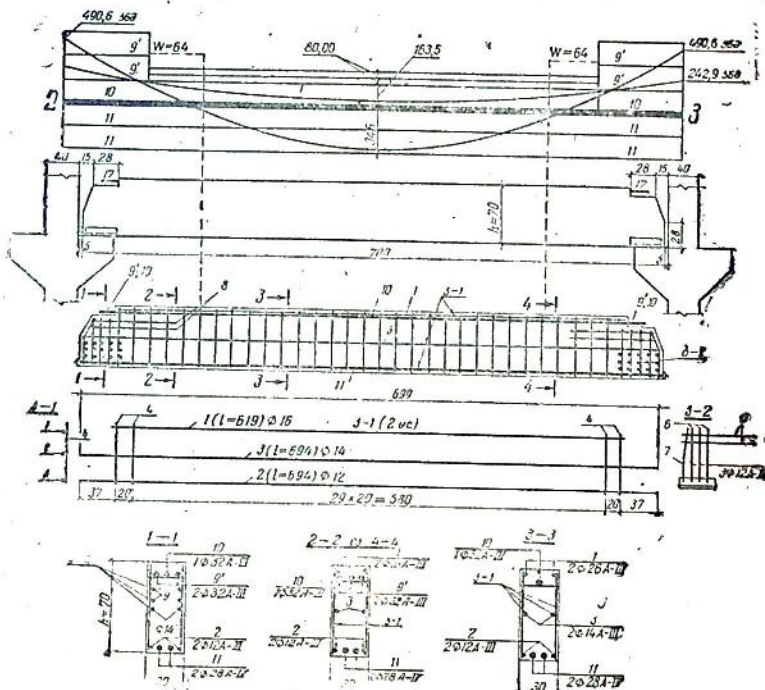
$$F_a = \frac{M_{11}}{m_{a4} k_s v h_0} = \frac{34600}{1,13 \times 50 \times 0,85 \times 63} = 11,45.$$

ვიღებთ  $2\Phi 28A-IV$ ;  $F_a = 12,32 \text{ სმ}^2$  (იხე ნახ. 28). ზედა ზონისათვის ვეყენებთ:  $2\Phi 16A-III + 1\Phi 32A-III$  (იხე, როგორც დაუძაბავი რიგელისათვის).

მე 2 და მე-3 საყრდენებზე ვიღებთ 3Φ32 A—III (ისე, როგორც დაუძაბაკი რიგელისათვის).

განვი არხატურს ხეორე მალში ვიღებთ ისე, როგორც პირველი მალისათვის, ე. ი. Φ14 A—III, ბიჯით  $u=20$  სმ. მალის შთელ სიგრძეზე.

რიგელების ტორსებთან აწყობენ დამატებით კარკასებს (ნახ. 28).



ნახ. 28. მეორე მალ-ს რიგელის დაარმატურება, მასალათა ეპ. ურა და საყალიბო ნახაზი (კარკასი 2). კარკასის ეგრტიკალური ღეროების (6 და 7) განვიკვეთის ფართობი გამოითვლება ფორმულით

$$F_a \geq \frac{0.2 m_k R_s F_e}{R_{sb}} = \frac{0.2 \times 1.13 \times 500 \times 16.04}{215} = 8.46 \text{ სმ}^2$$

მე-9 დანართიდან ვიღებთ

$$2\Phi 14_A - 111 + 6\Phi 12_A - 111; F_a = 9.5 \text{ სმ}^2$$

კარკასის თარაზული ღეროების კვეთის ფართობი

$$F_a = 0.002 b_k h_0 = 0.002 \times 30 \times 64 = 3.84 \text{ სმ}^2.$$

ვიღებთ 4Φ12A—III;  $F_a = 4.52 \text{ სმ}^2$ .

# დანართი

## დანართი 1

შიძე ბეტონის ნორმატიული წინაღობა  $R_{36}^6$  და  $R_6^6$ , ბეტონის ხაანგარიშო წინაღობა მეორე ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობისათვის  $R_{36II}$  და  $R_{6II}$ , მგპ

წინაღობის სახე	ბეტონის მარჯა კუნძუზე სიმტკიცის													
	M 50	M 75	M 100	M 150	M 200	M 250	M 300	M 350	M 400	M 450	M 500	M 600	M 700	M 800
ღერძული კუნძუა (პრიზმული სიმტკიცე) $R_{36}^6$ და $R_{36II}$	3	4,5	6	8,5	11,5	14,5	17	20	22,5	25,5	28	34	39	45
ღერძული გაქიმვა $R_6^6$ და $R_{6II}$	0,42	0,58	0,72	0,95	1,15	1,3	1,5	1,65	1,8	1,9	2	2,2	2,35	2,5

## დანართი 2

შიძე ბეტონის ხაანგარიშო წინაღობა, მგპ, პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობისათვის

ბეტონის ხაპროექტო მარჯა კუნძუაზე სიმტკიცისას	ღერძული კუნძუა (პრიზმული სიმტკიცე), $R_{36}$ მ <sub>31</sub> მნიშვნელობით			ღერძული გაქიმვა, $R_6$ მ <sub>31</sub> მნიშვნელობით			ბეტონის საპროექტო მარჯა ღერძულ გაქიმვაზე სიმტკიცისას	ღერძული გაქიმვა, $R_{36}$ მ <sub>31</sub> მნიშვნელობით		
	0,85	1,0	1,1	0,85	1,0	1,1		0,85	1,0	1,1
M 150	6	7,0	7,5	0,54	0,63	0,70	P 10	0,51	0,6	0,66
M 200	7,5	9,0	10,0	0,65	0,75	0,85	P 15	0,765	0,9	1,0
M 250	9,5	11,0	12,5	0,75	0,88	0,95	P 20	1,0	1,2	1,3
M 300	11,5	13,5	14,5	0,85	1,00	1,10	P 25	1,3	1,5	1,65
M 350	13,0	15,5	17,0	0,95	1,10	1,20	P 30	1,5	1,8	2,0
M 400	15,0	17,5	19,0	1,00	1,20	1,30	P 35	1,8	2,1	2,3
M 450	17,0	19,5	21,5	1,10	1,23	1,40	P 40	2,0	2,4	2,6
M 500	18,5	21,5	23,5	1,15	1,35	1,45				
M 600	21,0	24,5	27,0	1,25	1,45	1,60				
M 700	23,5	26,0	30,5	1,35	1,56	1,7				
M 800	26,5	31,0	34,0	1,40	1,65	1,85				

ბეტონის ხაწყისი დრეკადობის მოდული  $E_b$  შპ

დანართი 3

ბეტონი შძიმე, ბუნებრივად გამყარებული	საარო ქ,ო ნა-ეი აიტი; ცის ძიქდით კშშაბე						
	150	200	250	300	350	400	450
	$2,1 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	$2,65 \times 10^4$	$2,9 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$	$3,1 \times 10^4$	$3,7 \times 10^4$
ფორებიანი შემსებოთ სიშუალო სიმკვრივის გნ/მ <sup>3</sup>							
14	$1,05 \times 10^4$	$1,15 \times 10^4$	$1,25 \times 10^4$	$1,35 \times 10^4$	$1,45 \times 10^4$		
18	$1,35 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4$	$1,75 \times 10^4$	$1,85 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	
22	$1,7 \times 10^4$	$1,85 \times 10^4$	$2 \times 10^4$	$2,15 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$	$2,35 \times 10^4$	

შენიშვნა: ცარლში მოქმედი შიძე ბეტონის ხაწყისი დრეკადობის მოდული უნდა შეკვირდეს: აბაღ მუშაეუასას 10%-ით, ავჯალაქეჯა ღქეშაქეუასას, 25%-ით

დანართი 4

$V$ ,  $A_0$  და  $E$  კოეფციენტების ნაშეჯეჯობა-ნი ღუნჯადი ელქებენტების სწორქუთა  
ქეუეები გასაანჯარქებლად

$E$	$V$	$A_0$	$E$	$V$	$A_0$
0,01	0,995	0,010	0,5	0,840	0,382
0,02	0,990	0,020	0,45	0,825	0,379
0,03	0,985	0,030	0,36	0,820	0,395
0,04	0,980	0,039	0,37	0,815	0,391
0,05	0,975	0,048	0,38	0,810	0,399
0,06	0,970	0,057	0,39	0,805	0,314
0,07	0,965	0,067	0,40	0,800	0,300
0,08	0,960	0,077	0,41	0,795	0,326
0,09	0,955	0,085	0,42	0,790	0,332
0,10	0,950	0,095	0,43	0,785	0,337
0,11	0,945	0,104	0,44	0,780	0,343
0,12	0,940	0,113	0,45	0,775	0,349
0,13	0,935	0,121	0,46	0,770	0,354
0,14	0,930	0,130	0,47	0,765	0,359
0,15	0,925	0,139	0,48	0,760	0,365
0,16	0,920	0,147	0,49	0,755	0,370
0,17	0,915	0,155	0,50	0,750	0,375
0,18	0,910	0,164	0,51	0,745	0,380
0,19	0,905	0,172	0,52	0,740	0,385
0,20	0,900	0,180	0,53	0,735	0,390
0,21	0,895	0,188	0,54	0,730	0,394
0,22	0,890	0,196	0,55	0,725	0,400
0,23	0,885	0,203	0,56	0,720	0,403
0,24	0,880	0,211	0,57	0,715	0,408
0,25	0,875	0,219	0,58	0,710	0,412
0,26	0,870	0,226	0,59	0,705	0,416
0,27	0,865	0,234	0,60	0,700	0,420
0,28	0,860	0,241	0,65	0,675	0,419
0,29	0,855	0,248	0,70	0,650	0,455
0,30	0,850	0,256	0,70	0,640	0,480
0,31	0,845	0,262	0,90	0,550	0,495
0,32	0,840	0,269	> 1	0,500	0,500
0,33	0,835	0,275			

წმ ზR და AR კოფიტინტების მნიშვნელობანი ხაპროლქო მარკების შემთხვევაში

მუშაობის პირობების კოფიტინტები	არმატურის კლასები	კოფიტინტები	M 150	M .00	M 250	M 300	M 350	M 400	M 450	M 500	M 600	M 700	M 800
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0.85	ნებისებრი	ξ <sub>h</sub>	0,502	0,790	0,774	0,758	0,746	0,73	0,718	0,702	0,682	0,654	0,633
	A-III და B <sub>p</sub> -I	ξ <sub>R</sub> AR	0,677 0,448	0,663 0,413	0,644 0,437	0,635 0,43	0,617 0,425	0,594 0,418	0,581 0,412	0,563 0,405	0,542 0,395	0,513 0,381	0,494 0,373
	B-I	ξ <sub>R</sub> AR	0,655 0,45	0,671 0,446	0,652 0,440	0,64 0,433	0,62 0,428	0,602 0,421	0,581 0,416	0,572 0,408	0,55 0,399	0,521 0,385	0,504 0,377
	A-II	ξ <sub>R</sub> AR	0,70 0,455	0,686 0,451	0,667 0,445	0,649 0,438	0,635 0,434	0,618 0,427	0,605 0,422	0,587 0,415	0,568 0,406	0,546 0,398	0,52 0,385
	A-I	ξ <sub>R</sub> AR	0,72 0,461	0,708 0,457	0,683 0,451	0,67 0,446	0,657 0,441	0,64 0,435	0,627 0,43	0,609 0,424	0,588 0,415	0,559 0,408	0,542 0,385

გვრემლები დანართი 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	ნე-სმები	წ.	0,79	1,778	0,75	0,742	0,726	0,71	0,691	0,78	0,654	0,646	0,698
	A-III და B-I	წ A R	0,612 0,436	0,624 0,429	0,599 0,40	0,581 0,412	0,563 0,397	0,546 0,381	0,528 0,365	0,511	0,486	0,458	0,431
	B-I	წ A R	0,651 0,439	0,632 0,432	0,609 0,428	0,591 0,416	0,573 0,409	0,555 0,395	0,538 0,385	0,52	0,49	0,467	0,44
	A-II	წ A R	0,668 0,45	0,650 0,449	0,626 0,430	0,608 0,423	0,59 0,416	0,573 0,409	0,555 0,40	0,538	0,513	0,485	0,457
	A-I	წ A R	0,691 0,453	0,674 0,447	0,652 0,439	0,634 0,433	0,616 0,419	0,598 0,412	0,581	0,561	0,559	0,510	0,482
	ნ.პ-სმები	წ.	0,79	0,77	0,751	0,74	0,74	0,74	0,678	0,662	0,654	0,60	0,578
	A-III და B-I	წ A R	0,637 0,434	0,613 0,425	0,595 0,418	0,572 0,408	0,550 0,391	0,532 0,381	0,511	0,495	0,46	0,45	0,412
	B-I	წ A R	0,646 0,437	0,623 0,429	0,604 0,422	0,581 0,412	0,562 0,403	0,542 0,395	0,521	0,504	0,475	0,444	0,421
	A-II	წ A R	0,661 0,443	0,640 0,435	0,622 0,429	0,604 0,420	0,577 0,411	0,560 0,405	0,538	0,522	0,49	0,461	0,438
	A-I	წ A R	0,688 0,451	0,665 0,444	0,600 0,438	0,625 0,430	0,603 0,421	0,585 0,414	0,561	0,547	0,519	0,486	0,463

შენიშვნა: უმცირესი რიბი დაარკვევისას, გრეთი განაკუთრებული (გარიული) და სპეციალური შემხვევისას, ცხილ-  
ში მოცემული წ: წR და AK კოფიცენტების გამოყენება არ დაშვებულია.

არმატურის ნორმატიული წინაღობა, მგპ

არმატურის სახე და კლასი	ნორმატიული წინაღობა $R_s$ და $R_{II}$	არმატურის სახე და კლასი	ღია მეტრი, მმ	ნორმატიული წინაღობა $R_s$ და $R_{II}$	არმატურის სახე და კლასი	ღია მეტრი, მმ	ნორმატიული წინაღობა $R_s$ და $R_{II}$
ღეროვანი		მკეთულოვანი	3-5	550	მკეთულოვანი	3	1800
A-I	240	B-I	3-4	550	B <sub>p</sub> -II	4	1700
A-II	300	B <sub>p</sub> -I	5	525		5	1600
A-III <sub>b</sub>	400	B-II	3	1400		6	1500
A-IV	550		4	1800		7	1400
A-V	600		5	1700		8	1300
A <sub>r</sub> IV	800		6	1600		4,5	1900
A <sub>r</sub> -V, A <sub>r</sub> II-V	600		7	1500	K-7	6	1800
A <sub>r</sub> -VI	800		8	1400		7,5	1900
	1000					9	1750
						12	1700
						15	1650

დანიართი 7

არმატურის დრეკადობის მოდული,  $E_s$  მგპ

არმატურის კლასი	$E_s$
A-I, A-II	$2,1 \times 10^5$
A-III, A-IV	$2 \times 10^5$
A-V	$1,9 \times 10^5$
A <sub>r</sub> -IV	
A <sub>r</sub> -V	
A <sub>r</sub> -VI	
B-I	$2 \times 10^5$
B <sub>p</sub> -I	$1,7 \times 10^5$
B-II, B <sub>p</sub> -II	$2 \times 10^5$
K-7	$1,8 \times 10^5$

არმატურის ხაანგარიშო წინაღობა, მგმ, პირველი ჯგუფის ზღვრული მდგომარეობისათვის

არმატურის ხაე და კლასი	საანგარიშო წინაღობა			არმატურის ხაე და კლასი	ლაშქერი, მმ	საანგარიშო წინაღობა			არმატურის ხაე და კლასი	ლაშქერი, მმ	საანგარიშო წინაღობა		
	R <sub>a</sub>	R <sub>ს</sub>	R <sub>კ</sub>			R <sub>a</sub>	R <sub>ს</sub>	R <sub>კ</sub>			R <sub>a</sub>	R <sub>ს</sub>	R <sub>კ</sub>
ღეროვანი				მაველოვანი					მაველოვანი				
A-I	210	170	210	B-I	3-5	315	220	315	Bp-II	3	1160	930	400
A-II	270	215	270	Bp-I	3-4	350	260	350		4	1100	880	400
A-III	340	270	340		5	340	250	340		5	1030	830	400
A-III <sub>B</sub>	450	360	400	B-II	3	1230	930	400		6	970	770	400
A-IV	500	400	400		4	1160	930	400		7	900	720	400
A-V	640	510	400		5	1100	830	400		8	840	670	400
A-IV	500	400	400		6	1030	830	400		6	1230	930	400
A <sub>T</sub> -V, A <sub>Ta</sub> -V	640	510	400		7	970	770	400	K-7	4,5	1190	950	400
A <sub>T</sub> -VI	800	630	400		8	930	720	400		7,5	1160	930	400
										9	1130	900	400
										12	1100	830	400
										15	1060	830	400

\* შენადულ კარკასებში საკიდებისათვის, სადაც გამოიყენება A-III კლასის არმატურა, რომელთა დიამეტრი ნაკლებია გრძივი ღეროების დიამეტრის 1/3-ზე, სიდიდე R<sub>ს</sub> მიიღება 240 მგმ.

შენიშვნა: R<sub>a</sub> — გრძივი და ვანივი არმატურის საანგარიშო წინაღობა გაკემაზე (ღუნავი მომენტის მოქმედებაზე გაანგარიშებისას); R<sub>ს</sub> — იგივე ვანივი არმატურის (გარდა შეკრული კარკასის საკიდებისა) ვანივი ძალის მოქმედებაზე გაანგარიშებისას; R<sub>კ</sub> — არმატურის საანგარიშო წინაღობა კუნთვაზე.

არმატურის ვანივი კვეთის ხაანგარიშო ფართობი, სმ<sup>2</sup> და მასა

ლაშქერი, მმ	ვანივი კვეთის ფართობი, ღეროების რიცხვის მიხედვით									ღეროს მასა, კგ	ლაშქერი, მმ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	0,071	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,57	0,64	0,055	3
4	0,126	0,25	0,38	0,5	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13	0,098	4
5	0,196	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	0,154	5
6	0,283	0,57	0,85	1,13	1,42	1,70	1,98	2,26	2,55	0,222	6
7	0,385	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	0,302	7
8	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,53	0,395	8
9	0,636	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45	5,09	5,72	0,499	9
10	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,59	6,28	7,07	0,617	10
12	1,181	2,28	3,59	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	0,888	12

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	1,539	3,08	4,61	6,16	7,69	9,23	10,77	12,31	13,85	1,208	14	
16	2,011	4,02	6,03	8,04	10,5	12,05	14,07	16,03	18,1	1,576	16	
18	2,545	5,09	7,63	10,18	12,74	15,27	17,84	20,46	22,9	1,993	18	
21	3,442	6,88	9,41	12,55	15,71	18,85	21,99	25,14	28,28	2,468	20	
22	3,801	7,60	11,40	15,20	19	22,81	26,61	30,41	34,21	2,934	22	
25	4,909	9,82	14,74	19,68	24,54	29,45	34,6	39,27	44,18	3,53	25	
28	6,155	12,32	18,47	24,64	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	4,844	28	
32	8,042	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,3	64,34	72,38	6,33	32	
36	10,18	20,36	30,54	40,72	50,9	61,08	71,26	81,44	91,62	7,99	36	
40	12,6	25,2	37,8	50,4	62,8	75,36	87,92	100,48	113,04	9,87	40	

შენიშვნა: ცხრილში მოთხოვნილი ღეროების დიამეტრები გათვალისწინებულია არმატურის სორტ მკნით: B-I და B<sub>P</sub>-I არმატურას 3-5 მმ დიამეტრი აქვს. B-II და B<sub>P</sub>-II-3-8 მმ; A-I და A-III-6-40 მმ; A-II-10-30 მმ; A-IV და A-V-10-22 მმ; A<sub>T</sub>-IV და A<sub>T</sub>-V-10-25 მმ.

დანართი 10

რკინაბეტონის ელემენტების ზღვრული დასაშვები ჩ ღუნვები

ელემენტები	ზღვრული ჩაღუნვები
მშენებელი კოეფიციენტი ელექტროაძვლის შეტანევაში	l/500
გადხურვა ბოტყელი კერათ და დახურვა მ-ლით: l < 6 მ 6 მ ≤ l = 7,5 მ l > 7,5 მ	l/200 3 სმ l/250
გადხურვა წიბოვანი კერით და კიბეები l < 5 მ 5 მ ≤ l < 10 მ l > 10 მ	l/200 2,5 სმ l/400
შეკიდული კოლნის პანელი (სიბრტყის გარეთ განვარდებისას) მალით: l = 6 მ 6 მ ≤ l < 7,5 მ l > 7,5 მ	l/200 3 სმ l/250

დანართი 11

ფ<sub>კ</sub> და ფ<sub>კ</sub> კოეფიციენტების მნიშვნელობები შეკუმშული ელემენტების გახანკარებულად

$\frac{l_0}{h}$	$\frac{N_{sb}}{N}$							
	≤ 6	8	10	12	14	16	18	20
0	0,94	0,92	0,91	0,9	0,89	0,86	0,83	0,8
0,5	0,92	0,91	0,9	0,88	0,85	0,8	0,73	0,65
1	0,92	0,91	0,89	0,86	0,81	0,74	0,63	0,55

ა) კოეფიციენტი ფ<sub>კ</sub>

0	0,94	0,92	0,91	0,9	0,89	0,86	0,83	0,8
0,5	0,92	0,91	0,9	0,88	0,85	0,8	0,73	0,65
1	0,92	0,91	0,89	0,86	0,81	0,74	0,63	0,55

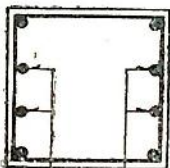
ბ) კოეფიციენტი  $\varphi_a$   
 სადაც შუალედი ღრეოები მდებარეობს იმ წახნაგებზე, რომლებიც პარალელურია  
 განსახილველი სიბრტყისა და ნაკლებია  $\frac{1}{3} F_a$ -ზე

0	0,93	0,92	0,91	0,9	0,89	0,87	0,84	0,81
0,5	0,92	0,92	0,91	0,9	0,87	0,84	0,8	0,75
1	0,92	0,91	0,9	0,88	0,86	0,83	0,77	0,7

სადაც შუალედი ღრეოები მდებარეობს იმ წახნაგებზე, რომლებიც  
 პარალელურია განსახილველი სიბრტყისა და ნაკლებია  $\frac{1}{3} F_a$ -ზე

0	0,92	0,92	0,91	0,89	0,87	0,84	0,8	0,75
0,5	0,92	0,91	0,9	0,87	0,83	0,79	0,72	0,65
1	0,92	0,91	0,89	0,86	0,80	0,74	0,66	0,58

1



2

$F_a$  უაღრესი

1—1 განსახილველი სიბრტყე.  
 2—შუალედი ღრეოები.  
 $F_a$ — ყველა გრძივი ღეროს განე-  
 კვეთის ფართობი.  
 კოეფიციენტები:

$$\varphi = \varphi_a + 2(\varphi_a - \varphi_b) \alpha;$$

$$\alpha = \frac{F_a R_{a3}}{F_a R_{a6}}$$

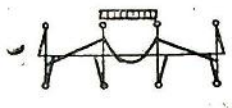
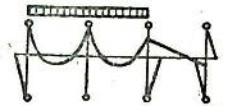
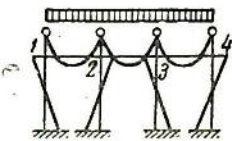
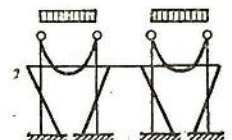
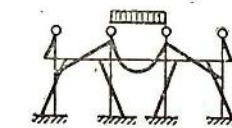
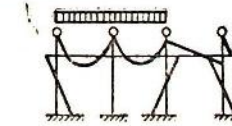
დანართი 12

პანელის 1 მ<sup>2</sup> მასა (ნაკერების შევსებით)

ნაკეთობანი	მასა, კგ
ა) სახურავის წიბოვანი პანელი ნომინალური 1,5—3 მ სიგანის და ნომინალური 6 მეტ- რამდე სიგრძისას	1—2
ნომინალური 3 მეტრი სიგანისა და ნომინალური 12 მეტრი სიგრძისას	2—2,2
ბ) გადახურვის მრ. ვალრტეიანი პანელი ნომინალური 6 მეტრი სიგრძისას	2,2—2,3
სისქით 110 მმ	2,5—3,0
სისქით 220 მმ	
გ) სამრეწველო შენობის გადახურვის პანელი ნომინალური 6 მეტრი სიგრძისას	2,6
სიმალით 350 მმ	3,0
სიმალით 400 მმ	

ა და ბ კოეფიციენტები მრავალხართულიანი ტოლშაღიანი ჩარჩოს მომენტების გამოხატვლად თანაბრად განაწილებული დატვირთვისა—ფორმულით  $M = (\alpha q + \beta P) l^2$

დატვირთვის სქემები და მომენტების ეპიურები	სისხტების ფარდობა	შალის მომენტები		საყრდენი მომენტები			
		$M_1$	$M_{11}$	$M_{12}$	$M_{21}$	$M_{22}$	$M_{32}$
	ქ/პრ	ზედა ხართულის ჩარჩო					
1	2	3	4	5	6	7	8
	0	0,08	0,025	0	0,100	0,100	
	0,25	0,054	0,032	0,025	0,099	0,093	
	0,5	0,059	0,036	0,038	0,098	0,099	
	1	0,0523	0,039	0,052	0,095	0,088	
	1,5	0,050	0,040	0,059	0,093	0,085	
	0	0,101		0	0,050	0,050	
	0,25	0,08		0,032	0,059	0,034	
	0,5	0,0693		0,047	0,064	0,026	
	1,0	0,0601		0,061	0,069	0,017	
	1,5	0,0555		0,067	0,072	0,013	
	0		0,075	0	0,050	0,050	
	0,25		0,066	0,007	0,040	0,059	
	0,5		0,061	0,009	0,034	0,064	
	1,0		0,056	0,009	0,026	0,069	
	1,5		0,058	0,005	0,021	0,072	
	0	0,073		0	0,117	0,117	0,033
	0,25	0,063		0,023	0,109	0,108	0,044
	0,5	0,067		0,036	0,105	0,103	0,051
	1	0,0510		0,05	0,061	0,097	0,058
	1,5	0,0485		0,058	0,096	0,094	0,063
	$\frac{\beta_1 + \beta_2}{\beta_3}$	შუალედური ტიპური ხართულის ჩარჩო					
	0	0,03	0,025	0,0	0,1	0,1	
	0,5	0,059	0,036	0,038	0,098	0,80	
	1	0,0523	0,039	0,052	0,095	0,096	
	2	0,0475	0,040	0,063	0,092	0,085	
	3	0,0475	0,041	0,068	0,089	0,084	
	0	0,101		0	0,05	0,05	
	0,5	0,0608		0,047	0,064	0,026	
	1	0,0606		0,063	0,069	0,017	
	2	0,057		0,070	0,074	0,011	
	3	0,05		0,074	0,076	0,008	

	2	3	4	5	6	7	8
	0 0,5 1 2 3	—	0,075 0,031 0,056 0,051 0,049	0 0,009 0,008 0,000 0,036	0,05 0,034 0,028 0,008 0,013	0,05 0,064 0,069 0,07 0,078	—
	0 0,5 1 2 3	0,073 0,0511 0,0513 0,044 0,065	—	0 0,036 0,051 0,062 0,065	0,117 0,10 0,099 0,093 0,090	0,117 0,10 0,097 0,091 0,090	0,033 0,051 0,058 0,066 0,07
	$\frac{1}{2} + \frac{1}{3}$ $\frac{1}{6}$	პირველი სართულის ჩარჩო					
	0 0,5 1 2 3 5	0,08 0,0625 0,0556 0,000 0,047 0,0460	0,025 0,035 0,037 0,039 0,040 0,041	0 0,03 0,044 0,57 0,63 0,069	0,1 0,099 0,097 0,094 0,092 0,090	0,1 0,092 0,088 0,086 0,085 0,084	—
	0 0,5 1 2 3 5	0,101 0,0765 0,0657 0,057 0,053 0,425	—	0 0,033 0,053 0,045 0,07 0,076	0,05 0,061 0,066 0,071 0,074 0,071	0,05 0,041 0,022 0,014 0,011 0,017	—
	0 0,5 1 2 3 5	—	0,075 0,034 0,059 0,054 0,051 0,048	0 0,008 0,009 0,018 0,007 0,007	0,05 0,038 0,031 0,029 0,018 0,013	0,05 0,061 0,066 0,071 0,07 0,07	—
	0 0,5 1 2 3 5	0,073 0,0604 0,052 0,0497 0,047 0,0455	—	0 0,028 0,012 0,056 0,043 0,065	0,117 0,10 0,103 0,097 0,094 0,091	0,117 0,106 0,104 0,095 0,092 0,090	0,033 0,047 0,054 0,061 0,067 0,071

ტექნიკური სისტემის ზოგიერთი ხიდილის ერთეულების დამოკიდებულება სი-ს სისტემაზე

ხიდილე	ერთეულის აღნიშვნა		ერთეულთა დამოკიდებულება
	ტექნიკურ სისტემაში	სისტემაში	
ძალა დატვირთვა წონა	კილოგრამ-ძალა (კგა)	ნიუტონი (ნ)	1 კგა = 9.86 ≈ 10 ნ
	ტონა-ძალა (ტძ)	კილონიუტონი (კნ)	1 ტძ = 1000 ნ = 10 კნ
	1 ტძ = 1000 კგა	1 კნ = 1000 ნ	
საზობრივი დატვირთვა, შედარებული დატვირთვა	კილოგრამ-ძალა მეტრზე (კგძ/მ)	ნიუტონი მეტრზე (ნ/მ)	1 კგძ/მ ≈ 10 ნ/მ
	ტონა-ძალა მეტრზე (ტძ/მ)	კილონიუტონი მეტრზე (კნ/მ)	1 ტძ/მ ≈ 10 კნ/მ
	კილოგრამ-ძალა კვადრატულ მეტრზე (კგძ/მ <sup>2</sup> )	ნიუტონი კვადრატულ მეტრზე (ნ/მ <sup>2</sup> )	1 კგძ/მ <sup>2</sup> = 10 ნ/მ <sup>2</sup>
	ტონა-ძალა კვადრატულ მეტრზე (ტძ/მ <sup>2</sup> )	კილონიუტონი კვადრატულ მეტრზე (კნ/მ <sup>2</sup> )	1 ტძ/მ <sup>2</sup> ≈ 10 კნ/მ <sup>2</sup>
ძაბვა, დაწოლა, დეფორმაციის მოდული	კილოგრამ-ძალა კვადრატულ მილიმეტრზე (კგძ/მმ <sup>2</sup> )	პასკალი (პა) 1 პა ≈ 0,1 მილიმეტრი წყლის სვეტისა	1 კგძ/მმ <sup>2</sup> ≈ 10 <sup>5</sup> პა = 10 მგპ
	კილოგრამ-ძალა კვადრატულ სანტიმეტრზე (კგძ/სმ <sup>2</sup> )	მეგაპასკალი (მგპ) (1 მგპ = 10 <sup>6</sup> პა)	1 კგძ/სმ <sup>2</sup> ≈ 10 <sup>5</sup> პა = 0,1 მგპ
	ტონა-ძალა კვადრატულ მეტრზე (ტძ/მ <sup>2</sup> ) 1 ტძ/მ <sup>2</sup> = 0,1 კგძ/სმ <sup>2</sup>		1 ტძ/მ <sup>2</sup> = 10 <sup>6</sup> პა = 0,01 მგპ
ძალის მომენტი, წვეტიდან მომენტი	კილოგრამ-ძალა მეტრი (კგძ.მ)	ნიუტონ-მეტრი (ნ. მ.)	1 კგძ.მ = 10 ნმ
	ტონა-ძალა მეტრი (ტძმ)	კილონიუტონმეტრი (კნმ)	1 ტძმ = 10 კნმ

## ლიტერატურა

1. Строительные нормы и правила ч. II, гл. 21, бетонные и железобетонные конструкции. СНиП-11-21-75. М., Стройиздат, 1976.
2. Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения); М., 1978.
3. А. Н. Кувалдин, Г. С. Клевцова — примеры расчета железобетонных конструкций; М., Стройиздат, 1976.
4. Руководство по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций. М., Стройиздат, 1975.
5. ი. ტაბატაძე, ვ. ჯაფარიძე, ვ. ჩხეიძე — რკინაბეტონის კონსტრუქციების გაანგარიშების მაგალითები; მეთოდური მითითებები ნაწ. III; საქართველოს ვ. ი. ლენინის სახ. პოლიტექნიკური ინსტიტუტი, თბილისი, 1980.
6. ნ. ლონტი, ა. სოხაძე — რკინაბეტონის კონსტრუქციების ელემენტების გაანგარიშების მაგალითები; საქართველოს ვ. ი. ლენინის სახ. პოლიტექნიკური ინსტიტუტი, თბილისი, 1981.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

	შესავალი	3
თ ა ვ ი	I. კარკასის სტატიკური გაანგარიშება	5
	§ 1. ძალების განსაზღვრა შუალედურ სვეტებში	5
	§ 2. ძალების განსაზღვრა რიგელებში	8
	§ 3. ძალების განსაზღვრა ნაპირა სვეტებში	17
თ ა ვ ი	II. კარკასის ელემენტების კონსტრუქციული გაანგარიშება	22
	§ 1. შუალედური სვეტების გაანგარიშება	22
	§ 2. ნაპირა სვეტების გაანგარიშება	35
	§ 3. რიგელების კონსტრუქციული გაანგარიშება	44
	დანართი	60
	ლიტერატურა	71

Агули Петрович Сохадзе  
Николай Николаевич Глonti

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА  
(на грузинском языке)

ИБ № 2286

რედაქტორი ი. გოგუაძე  
მხატვრული რედაქტორი თ. მესხი  
ტექნიკური რედაქტორი ნ. დოგუზაშვილი  
უფრ. კორექტორი ი. დონაძე  
კორექტორი ნ. ქაფიანიძე  
გამომშვები ლ. ვაბარაშვილი

გადაეცა წარმოებას 6. 09. 83. ხელმოწერილია დასაბუქდად 15. 12. 83. ქალაქის ზომა 60×90 1/16; საბუქდი ქალაქი № 2; ნაბუქდი თაბახი 4,5; სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 3,89.

უე 00501

ტირაჟი 2000

შეკვ. № 1470

ფასი 15 კაპ.

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, ორჯონიკიძის ქ. № 50  
Издательство «Ганатлеба», Тбилиси, ул. Орджоникидзе, № 50.

1983

3550 15 303.

