

624

5-80

მ. კოჩიშვილი

კინემატოგრაფიის
ხილვის
მადის ნაშენთა
ქვეყნების
განმარტება

განმარტება

წიგნში მოცემულია რკინაგზისა და ავტოგზის ხიდების რკინაბეტონის მალის ნაშენთა გაანგარიშების სხვადასხვა მაგალითი ამჟამად მოქმედი ნორმატიული მასალების — СН и П II-Д. 7—62, СН—200—62 და СН—365—67—მიხედვით. გაანგარიშების უკეთ შეთვისების მიზნით მოყვანილია საანგარიშო ფორმულები სათანადო განმარტებით, აგრეთვე ექვივალენტურ დატვირთვათა სიდიდეების გამოთვლისა და გავლენის ზაზების დატვირთვის წესები. მაგალითებში განხილულია როგორც ჩვეულებრივი რკინაბეტონის, ისე წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონის მალის ნაშენების გაანგარიშება.

დანართების სახით მოყვანილია გაანგარიშებისათვის საჭირო საცნობარო მასალები.

წიგნი განკუთვნილია საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სატრანსპორტო ფაკულტეტის სტუდენტებისათვის; იგი გამოადგება აგრეთვე ინჟინერთმქნიერ მუშაკებს.

22/72

საანგარიშო ფორმულები

§ 1. ლუნჯაზე მომუშავე ბარტკუთხა კვეთის ელემენტები

1. ცალფარმატურიანი კვეთების გაანგარიშება სიმტკიცესა და გამძლეობაზე

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშება

ელემენტის კვეთის გაანგარიშებას სიმტკიცეზე აწარმოებენ შემდეგი პირობიდან:

$$M \leq R_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right), \quad (1)$$

სადაც M არის საანგარიშო მღუნავი მომენტი (ყველა კოეფიციენტის გათვალისწინებით);

R_c — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე ლუნჯისას (დანართი 3);

b — ელემენტის კვეთის სიგანე (ნახ. 1);

x — ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმაღლე (ნეიტრალური ლერძის მდებარეობა);

h_0 — კვეთის საანგარიშო სასარგებლო სიმაღლე, ე. ი. მანძილი F_a არმატურის სიმძიმის ცენტრიდან შეკუმშული ბეტონის კიდურ ბოჭკომდე ($h_0 = h - a$, სადაც a აოის მანძილი არმატურის სიმძიმის ცენტრიდან ბეტონის გავიშვით ზონის კიდურ წახნაგამდე).

ნეიტრალური ლერძის x მდებარეობას ვსაზღვრავთ კვეთში აღძრული შიგა ძალების წონასწორობის პირობიდან:

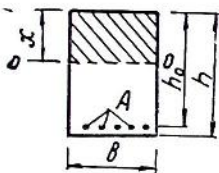
$$R_a F_a = R_c b x, \quad (2)$$

აქედან

$$x = \frac{R_s F_s}{R_c b}, \quad (3)$$

სადაც R_s არის არმატურის საანგარიშო წინაღობა სიმტკიცეზე (დან. 4);
 F_s — არმატურის (გაჭიმული) განივი კვეთის ფართობი.

ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმაღლე სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობას:



ნახ. 1

$$\xi = \frac{x}{h_0} \leq 0,55. \quad (4)$$

(3) ფორმულას ვიყენებთ იმ შემთხვევაში, როდესაც არმატურის ფართობი მოცემულია ან F_s -ს წინასწარ ვენიშნავთ ელემენტის კვეთის 0,5 ÷ 3,0%-ის ფარგლებში, ე. ი.

$$F_s = 0,005 b h_0 \div 0,01 b h_0 \text{ ფილებისათვის,}$$

$$F_s = 0,01 b h_0 \div 0,03 b h_0 \text{ კოჭებისათვის.}$$

თუ არმატურის ფართობი მოცემული ან დანიშნული არ არის, მაშინ F_s -ს ვანგარიშობთ შემდეგნაირად: (1) ფორმულას ორსავე ნაწილს გყოფთ h_0 -ზე:

$$\begin{aligned} \frac{M}{h_0} &\leq \frac{R_c b x (h_0 - 0,5x)}{h_0} = R_c b \frac{x}{h_0} \cdot h_0 \left(1 - 0,5 \frac{x}{h_0} \right) = \\ &= R_c b \xi h_0 (1 - 0,5\xi); \end{aligned}$$

აქედან (1) ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$\frac{M}{R_c b h_0^2} \leq \xi (1 - 0,5\xi). \quad (5)$$

ვინაიდან

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{R_s F_s}{R_c b h_0^2} = \frac{R_s}{R_c} \cdot \mu$$

$$\left(\text{სადაც } \mu \text{ არის არმირების კოეფიციენტი: } \mu = \frac{F_s}{b h_0} \right),$$

(5) ფორმულა დაიწერება ასე:

$$\frac{M}{R_c b h_0^2} \leq \frac{R_s}{R_c} \cdot \mu \left(1 - 0,5 \frac{R_s}{R_c} \cdot \mu \right). \quad (6)$$

(6) ფორმულაში უცნობი არის მხოლოდ μ და ამიტომ ადვილად გამოიანგარიშება არმატურის საჭირო ფართობი F_a .

გამოსათვლელი ოპერაციების შემცირების მიზნით ვსარგებლობთ 1-ლი ცხრილით, სადაც ერთ სვეტში მოთავსებულია სიდიდეები $\frac{M}{R_L b h_0^2}$, მეორე სვეტში კი $\frac{R_s}{R_L}$ -ის მნიშვნელობები. უკანასკნელიდან (ინტერპოლაციით) ვსაზღვრავთ μ -ს და ამის შემდეგ F_a -ს ($F_a = \mu b h_0$).

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშება

კვეთის გაანგარიშება გამძლეობაზე ნიშნავს დაბევის გამოთვლას დრეკადი მასალების წინაღობის ფორმულებით (დაბევის ეპიურის სამკუთხა ფორმა, ბრტყელი კვეთების ჰიპოთეზა).

უდიდესი დაბევები ისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:
ბეტონში

$$\sigma_a = \frac{M'}{I_1} x_1 \leq R'_c, \quad (7)$$

არმატურაში

$$\sigma_a = n' \frac{M'}{I_1} (h_0 - x_1) \leq R'_s, \quad (8)$$

სადაც M' არის მლუნავი მომენტი ნორმატიული დატვირთვებისაგან (დინამიკური კოეფიციენტი);

I_1 — დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ (გაჭიმული ბეტონის ჩაუთვლელადაც);

x_1 — შეკუმშული ზონის სიმაღლე;

n' — კოეფიციენტი $\left(n' = \frac{E_s}{E'_c}\right)$, ვიღებთ მე-11 დანართიდან;

R_L — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა გამძლეობაზე (დან. 7 და 8);

R_s — არმატურის საანგარიშო წინაღობა გამძლეობაზე (დან. 9 და 10).

R_L და R_s სიდიდეების განსაზღვრისათვის საჭიროა გამოვთვალოთ დაბევის ციკლის ამპლიტუდა ρ :

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{\min M'}{\max M'}, \quad (9)$$

სადაც $\max M'$ არის უდიდესი მომენტი კვეთში ($\max M' = M'$);

$\min M'$ — უმცირესი მომენტი კვეთში ($\min M' = M'_g$),

$\frac{M}{R_L b h_0^2}$ -ისა და $\frac{R_s}{R_L} \cdot \mu$ -ის მნიშვნელობები მართკუთხა კვეთის სიმტკიცეზე განგარიშებისათვის

$\frac{M}{R_L b h_0^2}$	$\xi = \frac{R_s}{R_L} \cdot \mu$	$\frac{M}{R_L b h_0^2}$	$\xi = \frac{R_s}{R_L} \cdot \mu$
0,010	0,01	0,248	0,29
0,020	0,02	0,255	0,30
0,030	0,03	0,262	0,31
0,039	0,04	0,269	0,32
0,048	0,05	0,275	0,33
0,058	0,06	0,282	0,34
0,067	0,07	0,289	0,35
0,077	0,08	0,295	0,36
0,085	0,09	0,301	0,37
0,095	0,10	0,309	0,38
0,104	0,11	0,314	0,39
0,113	0,12	0,320	0,40
0,121	0,13	0,326	0,41
0,130	0,14	0,332	0,42
0,139	0,15	0,337	0,43
0,147	0,16	0,343	0,44
0,155	0,17	0,349	0,45
0,164	0,18	0,354	0,46
0,172	0,19	0,359	0,47
0,180	0,20	0,365	0,48
0,188	0,21	0,370	0,49
0,196	0,22	0,375	0,50
0,203	0,23	0,380	0,51
0,211	0,24	0,385	0,52
0,219	0,25	0,390	0,53
0,226	0,26	0,394	0,54
0,234	0,27	0,400	0,55
0,241	0,28		

თუ კვეთში მოქმედებენ ერთი ნიშნის მომენტები. შეკუმშული ზონის სიმაღლე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$x_1 = \frac{n' F_s}{b} \left(\sqrt{1 + \frac{2b h_0}{n' F_s}} - 1 \right). \quad (10)$$

დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი განისაზღვრება შემდეგ ფორმულით:

$$I_1 = \frac{bx_1^3}{3} + n'F_0(h_0 - x_1)^2. \quad (11)$$

განგარიშების დაჩქარების მიზნით ვიყენებთ შემდეგ ფორმულებს: ბეტონის გამძლეობაზე გაანგარიშებისას

$$\frac{M}{R_{\text{b}} b h_0^2} \leq 0,5 \xi \left(1 - \frac{1}{3} \xi\right); \quad (12)$$

არმატურის გამძლეობაზე გაანგარიშებისას

$$\frac{M' n'}{R_s b h_0^2} \leq 0,5 \xi \left(1 - \frac{1}{3} \xi\right) \frac{\xi}{1 - \xi}, \quad (13)$$

სადაც

$$\xi = n' \mu \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n' \mu}}\right). \quad (14)$$

$\frac{M}{R_{\text{b}} b h_0^2}$ და $\frac{M' n'}{R_s b h_0^2}$ სიდიდეების მიხედვით მე-2 ცხრილიდან ვსაზღვრავთ μ -ს პროცენტობით.

ცხრილი 2

ხიდილეები მართკუთხა ცალფარმატურიანი კვეთების გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$\frac{M'}{R_{\text{b}} b h_0^2}$	$\frac{M' n'}{R_s b h_0^2}$	μ პროცენტობით			$n' \mu$	ξ
		$n' = 20$	$n' = 15$	$n' = 10$		
1	2	3	4	5	6	7
0,0752	0,0752	0,075	0,1	0,15	0,015	0,159
0,1006	0,0778	0,150	0,2	0,30	0,030	0,217
0,1180	0,0411	0,225	0,3	0,45	0,045	0,258
0,1316	0,0542	0,300	0,4	0,60	0,060	0,292
0,1427	0,0670	0,375	0,5	0,75	0,075	0,320
0,1522	0,0797	0,450	0,6	0,90	0,090	0,344
0,1603	0,0922	0,525	0,7	1,05	0,105	0,365
0,1676	0,1046	0,600	0,8	1,20	0,120	0,384
0,1740	0,1169	0,675	0,9	1,35	0,135	0,402
0,1798	0,1291	0,750	1,0	1,50	0,150	0,418
0,1851	0,1412	0,825	1,1	1,65	0,165	0,433
0,1900	0,1532	0,900	1,2	1,80	0,180	0,446

1	2	3	4	5	6	7
0,1944	0,1651	0,975	1,3	1,95	0,195	0,459
0,1986	0,1770	1,050	1,4	2,10	0,210	0,471
0,2025	0,1880	1,125	1,5	2,25	0,225	0,483
0,2061	0,2005	1,2	1,6	2,4	0,240	0,493
0,2095	0,2095	1,275	1,7	2,55	0,255	0,503
0,2139	0,2126	1,35	1,8	2,70	0,270	0,513
0,2156	0,2354	1,425	1,9	2,85	0,285	0,522
0,2184	0,2469	1,5	2,0	3,00	0,300	0,531
0,2211	0,2584	1,575	2,1	3,15	0,315	0,539
0,2236	0,2698	1,65	2,2	3,30	0,330	0,547
0,2260	0,2812	1,725	2,3	3,45	0,345	0,554
0,2282	0,2925	1,8	2,4	3,60	0,360	0,562
0,2205	0,3039	1,875	2,5	3,75	0,375	0,569
0,2325	0,3151	1,95	2,6	3,90	0,390	0,575
0,2346	0,3265	2,025	2,7	4,05	0,405	0,582
0,2365	0,3377	2,1	2,8	4,20	0,420	0,588
0,2383	0,3489	2,175	2,9	4,35	0,435	0,594
0,2400	0,3600	2,25	3,0	4,50	0,450	0,600

2. ორფარმატურიანი კვებების გაანგარიშება სიმტკიცესა და გამძლეობაზე

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშება

ორფარმატურიანი კვების (ნახ. 2) გაანგარიშებას სიმტკიცეზე აწარმოებენ შემდეგი პირობიდან:

$$M \leq R_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{s3} F_s' (h_0 - a'), \quad (15)$$

სადაც F_s' არის შეკუმშული არმატურის განივი კვების ფართობი;

a' — მანძილი არმატურის სიმძიმის ცენტრიდან ბეტონის კიდურ შეკუმშულ წახნაგამდე;

R_{s3} — შეკუმშული არმატურის საანგარიშო წინაღობა.

დანარჩენი აღნიშვნები იგივეა, რაც 1-ლ პუნქტში.

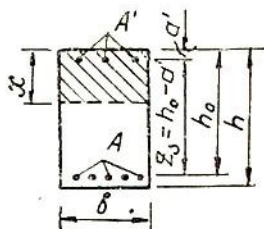
ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმაღლე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$x = \frac{R_s F_s - R_{s3} F_s'}{R_c b}. \quad (16)$$

საანგარიშო შეკუმშული არმატურა, როგორც წესი, გამოიყენება, როდესაც ელემენტის კვეთის სიმაღლე შეზღუდულია ან კვეთში მოქმედებს ორნიშნა მომენტები.

(16) ფორმულა გამოიყენება, როდესაც

$$x \leq 0,55h_0. \quad (17)$$



შეკუმშული არმატურა გაანგარიშებაში შეგვყავს იმ შემთხვევაში, თუ დაკმაყოფილებულია შემდეგი პირობა:

$$\left. \begin{aligned} z &\leq h_0 - a' \\ \text{ან } \xi &\geq 2\mu, \text{ ან } x &\geq 2a' \end{aligned} \right\}, \quad (18)$$

ნახ. 2

სადაც z არის შიგა ძალების მხარი $\left(z = h_0 - \frac{x}{2}\right)$,

$$\mu = \frac{a'}{h_0}.$$

თუ (18) პირობა არ არის დაკმაყოფილებული, მაშინ შეკუმშულ არმატურას არ ეღებულობთ მხედველობაში და ელემენტის კვეთს განგარიშობთ როგორც ცალფარმატურიანს (F_s -ზე).

თუ (18) პირობა არ არის დაკმაყოფილებული, მაგრამ F_s' საჭიროა (ორნიშნა მღუნავი მომენტების დროს) ან მოთავსებულია კონსტრუქციულად, ვიყენებთ შემდეგ პირობას:

$$M \leq R_s F_s (h_0 - a'), \quad (19)$$

როცა $F_s' \geq F_s$, გაანგარიშებას ვახდენთ (19) ფორმულით.

თუ ელემენტის კვეთში მოქმედებენ ორნიშნა მომენტები, წინასწარ დაუშვებთ არმატურის კვეთებს F_s და F_s' -ს მომენტების ($\max M$ და $\min M$ -ის) სიდიდეების მიხედვით. ამასთანავე, უნდა გვახსოვდეს, რომ თუ (18) პირობის შესრულება იწვევს ამტანუნარიანობის შემცირებას ცალფარმატურიან კვეთთან შედარებით, მაშინ შეკუმშულ არმატურას არ ვიღებთ მხედველობაში.

გაანგარიშების დაჩქარების მიზნით ვსარგებლობთ მე-5 ფორმულის ანალოგიური გამოსახულებით:

$$\frac{M}{R_s b h_0^2} \leq \xi (1 - 0,5\xi) + \frac{R_s}{R_c} \cdot \mu' (1 - \mu'), \quad (20)$$

სადაც

$$\xi = \frac{R_s}{R_c} (\mu - \mu'); \quad (21)$$

$$\left(\mu = \frac{F_s}{b h_0}; \quad \mu' = \frac{F_s'}{b h_0}; \quad \xi = \frac{x}{h_0}; \quad \mu' = \frac{a'}{h_0} \right).$$

ამ შემთხვევაში აგრეთვე ვიყენებთ 1-ლ ცხრილს, მხოლოდ ცხრილიდან ნაპოვნი ξ ეხება არა μ -ს, არამედ $(\mu - \mu')$ -ს.

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშება

უდიდეს ძაბვებს ბეტონსა და არმატურაში ვსაზღვრავთ, (7) და (8) ფორმულებით.

შეკუმშული ზონის x_1 სიმაღლეს ვანგარიშობთ შემდეგი ფორმულით:

$$x_1 = -A + \sqrt{A^2 + \frac{2n'}{b} (F_s h_0 + F_s' a')}, \quad (22)$$

$$\text{სადაც } A = \frac{n' (F_s + F_s')}{b}.$$

დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტს ვანგარიშობთ შემდეგი ფორმულით:

$$I_1 = \frac{bx_1^3}{3} + n' F_s (h_0 - x_1)^2 + n' F_s' (x - a')^2. \quad (23)$$

როდესაც ანგარიშში შეგვყავს შეკუმშული არმატურა, σ_s და σ_s განსაზღვრული უნდა იყოს, როგორც $\max M$ -ისათვის, ისე $\min M$ -ისათვის. ორივე გაანგარიშებისას ρ -ს მნიშვნელობა ერთი და იგივეა.

3. განივ ძალაზე გაანგარიშება

ელემენტის დახრილი კვეთის (ნახ. 3) გაანგარიშებას სიმტკიცეზე აღდგენ შემდეგი პირობიდან:

$$Q \leq m_{\text{ა.ლ}} \sum R_s F_{s\text{ლ}} \sin \alpha + m_{\text{ა.ს}} \sum R_s F_{s\text{ს}} + Q_0, \quad (24)$$

სადაც Q არის საანგარიშო განივი ძალა გადატვირთვებისა და დინამიკური კოეფიციენტებით;

$m_{\text{ა.ლ}}$ და $m_{\text{ა.ს}}$ — მუშაობის პირობების კოეფიციენტები ($m_{\text{ა.ლ}} = m_{\text{ა.ს}} = 0,8$);

$F_{s\text{ლ}}$ — ღეროების კვეთის ფართობი ერთ აღუნვის სიბრტყეში;

$F_{s\text{ს}}$ — საკიდების შტოების განივკვეთის ფართობი ერთ განივ სიბრტყეში;

Q_0 — დახრილი კვეთის შეკუმშული ზონის ბეტონში წარმოშობილი ზღვრული ძალვის ვერტიკალური პროექცია;

R_s — არმატურის საანგარიშო წინაღობა გაქიმვაზე.

Q_0 -ს სიდიდე განისაზღვრება ბორიშანსკის ფორმულით:

$$Q_0 = \frac{0,15 R_c b h_0^2}{e}, \quad (25)$$

სადაც c არის დახრილი კვეთის $(a-b)$ ჰორიზონტალური პროექცია;
 b — მართკუთხა კვეთის ან ტესებრი კვეთის წიბოს სიგანე.
 c -ს არახელსაყრელ სიდიდეს ვანგარიშობთ შემდეგი ფორმულით:

$$c = \sqrt{\frac{0,15 R_c b h_0^2}{q_{\text{ს.ა}}}}. \quad (26)$$

აქ

$$q_{\text{ს.ა}} = \frac{m_{\text{ა.ს}} R_c F_s}{U_s}, \quad (27)$$

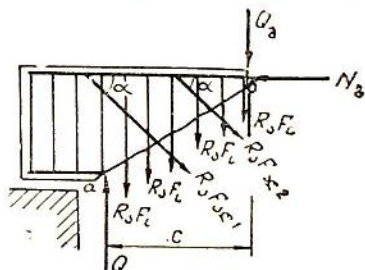
სადაც F_s არის ერთ განივ სიბრტყეში მოთავსებული საკიდების შტობის განივკვეთის ფართობი;

U_s — საკიდებს შორის მანძილი ელემენტის გრძივი მიმართულებით;

$q_{\text{ს.ა}}$ — საკიდებზე მოსული ზღვრული ძალა ელემენტის (კოჭის) სიგრძის ერთეულზე.

c სიდიდე გამოსაანგარიშებელია იმ შემთხვევაში, როდესაც დახრილ კვეთში მოხვდა მხოლოდ ერთი ალუნვის სიბრტყე. თუ დახრილ კვეთში რამდენიმე ალუნვის სიბრტყეა, მაშინ უნდა ვსინჯოთ სხვა დახრილი კვეთები უფრო ნაკლები ალუნვის სიბრტყეებით.

განივი ძალა $Q_{\text{ს.ა}}$, რომლის ატანა შეუძლია საკიდებსა და ბეტონს, განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:



ნახ. 3

$$Q_{\text{ს.ა}} = \sqrt{0,6 R_c b h_0^2 q_{\text{ს.ა}}} - q_{\text{ს.ა}} \cdot U_s = \sqrt{0,6 R_c b h_0^2 q_{\text{ს.ა}}} - m_{\text{ა.ს}} R_c F_s. \quad (28)$$

ალუნული ლეროების განივი კვეთის ფართობს ვანგარიშობთ შემდეგი ფორმულით:

$$F_{\text{ალ}} = \frac{Q - Q_{\text{ს.ა}}}{R_s \sin \alpha}. \quad (29)$$

დამოუკიდებლად საკიდებით და ალუნული ლეროებით არმირებისას დაკმაყოფილებული უნდა იყოს შემდეგი პირობა:

$$Q \leq 0,25 R_c b h_0. \quad (30)$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც

$$Q \leq R_{\text{ა.ს}} \cdot b h_0, \quad (31)$$

დახრილი კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცეზე არ არის საჭირო ($R_{\text{გ.წ}}$ არის ჩვეულებრივი ბეტონის წინაღობა გაჭიმვაზე).

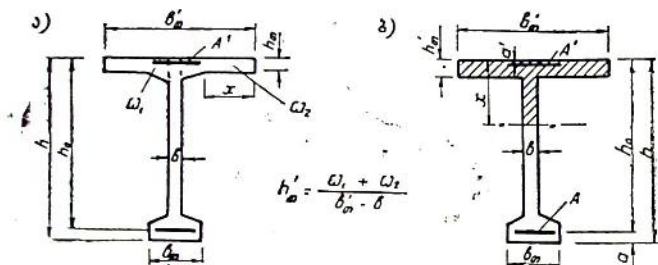
§ 2. ლუწავზე მომუშავე ტანგარი კვეთის ელემენტები

1. სიმტკიცესა და გამძლეობაზე გაანგარიშება

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშება

ტესტბრკვეთიანი ელემენტების სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს შეიძლება იყოს ორი შემთხვევა:

- 1) კვეთის ნეიტრალური ლერძი გადის თაროში;
- 2) კვეთის ნეიტრალური ლერძი კვეთს წიბოს (ნახ. 4).



ნახ. 4

1-ლ შემთხვევას ადგილი აქვს, როდესაც

$$M \leq R_{\text{გ.წ}} b h_0 \left(h_0 - \frac{h'_0}{2} \right) + R_{\text{გ.წ}} F'_a (h_0 - a'), \quad (32)$$

მაშინ გაანგარიშება ხდება (1)–(23) ფორმულებით, მხოლოდ b -ს ნაცვლად ვსვამთ b_0 -ს. ამ დროს, თუ $\frac{h'_0}{h_0} \leq 0,2$, შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი ფორმულა:

$$M \leq R_{\text{გ.წ}} F_a \left(h_0 - \frac{h'_0}{2} \right). \quad (33)$$

მე-2 შემთხვევას ადგილი აქვს, როდესაც

$$R_{\text{გ.წ}} F_a > R_{\text{გ.წ}} b h'_0 + R_{\text{გ.წ}} F'_a, \quad (34)$$

მაშინ გაანგარიშება ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$M \leq R_{\text{გ.წ}} b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{\text{გ.წ}} (b_0 - b) \left(h_0 - \frac{h'_0}{2} \right) h'_0 + R_{\text{გ.წ}} F'_a (h_0 - a'); \quad (35)$$

ნეიტრალური ღერძის x მდებარეობა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$x = \frac{R_a(F_a - F'_a) - R_{აა}(b_m - b)h'_m}{R_c b}, \quad (36)$$

სადაც R_c არის ბეტონის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე ღუნვისას;

$R_{აა}$ — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა ღერძულ კუმშვაზე;

h'_m — ფილის დაყვანილი (ვუტებით) სისქე.

ბეტონის შეკუმშული ზონის კვეთი უნდა აკმაყოფილებდეს (17) და (18) პირობებს.

თუ $x > 0,55h_0$, საჭიროა გავზარდოთ კვეთის ზომები ან შევცვალოთ ბეტონის მარკა, ანდა გავზარდოთ არმატურის განიკვეთის ფართობი.

თუ ფილის სისქე $h'_m \leq 0,1h$, აუცილებელია ისეთი ვუტების მოწყობა, რომელთა დახრა 1:3-ზე არაუმეტესი იქნება.

ვუტებიან ტესებრ კვეთებს (ნახ. 5) ვანგარიშობთ შემდეგი ფორმულით:

$$M \leq R_c S_b + R_a S_a, \quad (37)$$

სადაც S_b არის ბეტონის შეკუმშული ზონის სტატიკური მომენტი არმატურის სიმძიმის ცენტრის მიმართ;

S_a — არმატურების მთლიანი კვეთის სტატიკური მომენტი A არმატურის სიმძიმის ცენტრის მიმართ.

(დანარჩენი აღნიშვნები იხ. ზემოთ).

ნეიტრალური ღერძის მდებარეობას x -ს, ვსაზღვრავთ პირობიდან:

$$R_a F_a - R_{აა} F'_a = R_c F_b, \quad (38)$$

აქედან

$$F_b = \frac{R_a F_a - R_{აა} F'_a}{R_c}$$

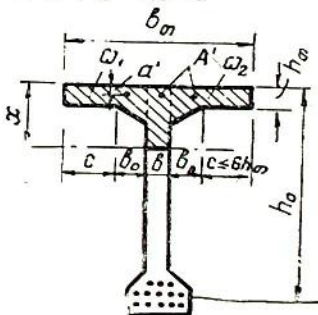
და

$$x = \frac{F_b - (\omega_1 + \omega_2)}{b}, \quad (39)$$

სადაც ω_1 და ω_2 თაროს მარცხენა და მარჯვენა ნაწილების (ვუტებიანად) ფართობებია.

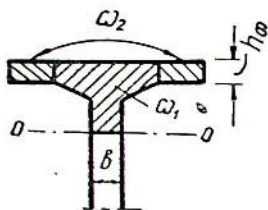
ფილის (თაროს) საანგარიშო სიგანე b_m (ნახ. 4 და 5) არ

უნდა იყოს მეტი კოჭებს შორის B მანძილისა. ამავე დროს c სილიდე (ნახ. 5) არ უნდა აღემატებოდეს $6h_m$ -ს.



ნახ. 5

არმატურის საჭირო განივი კვეთის ფართობი წინასწარ შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი ფორმულით:



ნახ. 6

$$F_s = \frac{M}{R_s \left(h_0 - \frac{h_{\text{თ}}}{2} \right)} \quad (40)$$

ტესებრ ელემენტებში, თუ ფილა იმყოფება შეკუმშულ ზონაში, უნდა შემოწმდეს მხები ძაბვები იმ ადგილებში, სადაც ფილა უერთდება წიბოს (ნახ. 6). შემოწმება ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$\tau = \frac{0,75 \tau_0 b}{h'_{\text{თ}} \left(1 + \frac{S_{\omega_1}}{S_{\omega_2}} \right)} \leq R_{\text{გ.გ}}, \quad (41)$$

სადაც τ_0 არის მხები ძაბვა კოქის წიბოში ნეიტრალური ლერძის დონეზე;

S_{ω_1} — შეკუმშული ზონის ω_1 -ს სტატიკური მომენტი ნეიტრალური ლერძის მიმართ;

S_{ω_2} — იგივე ω_2 -სათვის;

$R_{\text{გ.გ}}$ — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა პირობითის მთავარ გამკიშავ ძაბვებზე.

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშება

გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს ბეტონსა და გაკიმულ არმატურაში ძაბვებს ვსაზღვრავთ (7) და (8) ფორმულებით, ნეიტრალური ლერძის მდებარეობას კი ვანგარიშობთ შემდეგი ფორმულით:

$$x_1 = -A + \sqrt{A^2 + \frac{h_{\text{თ}}^2 (b_{\text{თ}} - b)}{b} + \frac{2n'(F_s h_0 + F_s' a')}{b}}, \quad (42)$$

სადაც

$$A = \frac{n'(F_s + F_s') + (b_{\text{თ}} - b)h_{\text{თ}}}{b} \quad (43)$$

დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი ნეიტრალური ლერძის მიმართ გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$I_1 = \frac{b_{\text{თ}} x_1^3}{3} - \frac{(b_{\text{თ}} - b)(x_1 - h_{\text{თ}})^3}{3} + n'F_s(h_0 - x_1)^2 + n'F_s'(x_1 - a')^2, \quad (44)$$

სადაც n' არმატურის დრეკადობის მოდულის ფარდობა ბეტონის დეფორმაციის მოდულთან (დანართი 11).

როდესაც $x_1 < h_0$, ტესტერ კოქს ვანგარიშობთ როგორც მართკუთხა კვეთს (22) და (23) ფორმულებით, მხოლოდ b -ს ნაცვლად ვსვამთ b_0 -ს.

2. განივ ძალაზე გაანგარიშება

განივ ძალაზე გაანგარიშება ხდება (24)–(31) ფორმულებით.

§ 3. ლუნვაზე მოკუშავე ელემენტების გაანგარიშება მეორე ზღვაულ მდგომარეობაზე (დევორმაციებზე)

ქრილკოჭოვანი კონსტრუქციების გაანგარიშება დეფორმაციებზე შეიძლება მიახლოებითი მეთოდით (დრეკადი მასალების წინალობის ფორმულებით), თუ მალი ნაკლებია 18,0 მ-ზე.

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{p^5 \cdot l^4}{E_b^0 \cdot I^0} \leq |f|, \quad (45)$$

სადაც f არის ვერტიკალური ჩალუნვა შუამალში;

p^5 — ნორმატიული დროებითი ვერტიკალური მოძრავი დატვირთვის ინტენსიურობა;

l — კოქსის საანგარიშო სიგრძე;

E_b^0 — ბეტონის დრეკადობის მოდული: $E_b^0 = 0,8 E_b$ (E_b იხ. დანართი 5);

I^0 — დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი გამოანგარიშებულ E_b^0 -ს გათვალისწინებით;

$|f|$ — დასაშვები ჩალუნვა (იხ. [1], პ. 52).

ქრილკოჭოვან კონსტრუქციებში (მალით 18 მ და მეტი) დეფორმაციებს ანგარიშობენ ელემენტში წარმოშობილი ბზარების გათვალისწინებით. გათვალისწინებული უნდა იყოს აგრეთვე გაჭიმული ზონის ბეტონის გავლენა არმატურის დეფორმაციაზე. ამ შემთხვევაში ჩალუნვას ვანგარიშობთ შემდეგი ფორმულით:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{p^5 l^4}{B_b} \leq |f|. \quad (46)$$

აქ

$$B_b = \frac{E_b}{\psi} \cdot W (h_0 - x_0), \quad (47)$$

სადაც E_b არის არმატურის დრეკადობის მოდული (დანართი 6);

ψ — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს გაჭიმული ბეტონის მუშაობას ბზარებს შორის (იხ. ცხრილი 3);

- x_0 — ბეტონის შეკუმშული ზონის საშუალო სიმაღლე (ბეტონის დრეკად-პლასტიკური თვისებების გათვალისწინებით);
 h_0 — კვეთის საანგარიშო სიმაღლე;
 W — კვეთის პირობითი დრეკად-პლასტიკური წინაღობის მომენტი, რომელიც უდრის გაკიმული არმატურის ძალვის მომენტს ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმძიმის ცენტრის მიმართ, გაყოფილს გაკიმული არმატურის განაპირა ბოქვოში აღძრულ ძაბვაზე;
 B_b — კვეთის ელემენტის სიხისტე დროებითი დატვირთვის ხანმოკლე მოქმედებისას.

იმ შემთხვევაში, როდესაც კონსტრუქციის მუდმივი დატვირთვა შეადგენს მთლიანი დატვირთვის 70%-ს და მეტს, ჩალუნები მუდმივი დატვირთვისაგან განისაზღვრება ბეტონის ცოცვადობის გათვალისწინებით.

ამ შემთხვევებისათვის დასაშვებია ჩალუნვის განსაზღვრა B_0 სიხისტის საშუალებით (B_0 არის სიხისტე დატვირთვის ხანგრძლივი მოქმედებისას), ე. ი. (46) ფორმულაში B_b -ს ნაცვლად ჩაისმება B_0 , რომელიც განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$B_0 = B_b \cdot \frac{g^5 + p^5}{g^5 \theta + p^5}, \quad (48)$$

სადაც g^5 არის ხანგრძლივი მოქმედი ნორმატიული დატვირთვა (მუდმივი დატვირთვა);

p^5 — დროებითი მოძრავი ნორმატიული დატვირთვა;

θ — სიხისტის შემცირების კოეფიციენტი, რომელიც უდრის:

ა) ტესებრი კვეთებისათვის, როდესაც თარო იმყოფება შეკუმშულ ზონაში, 1,5-ს;

ბ) მართკუთხა, ორტესებრი და კოლოფისებრი კვეთებისათვის, 2,0-ს;

გ) ტესებრი კვეთებისათვის, როდესაც თარო იმყოფება გაკიმულ ზონაში, 2,5-ს.

§ 4. ღუნვაზე მოკუშავი ელემენტების გაანგარიშება მესამე ზღვარულ მდგომარეობაზე (ბზარმედგომარეობაზე)

რკინაბეტონის ხიდების მალის ნაშენის ელემენტების გაანგარიშება ბზარმედგომარეობაზე ხდება:

1) ბზარების გახსნის უდიდეს მნიშვნელობაზე;

2) დახრილ ბზარებზე (პირობითს მთავარ გამკიმავე ძაბვებზე) ნეიტრალური ღერძის დონეზე.

1. ელემენტების (კვეთების) გაანგარიშება ბზარების გახსნის სიდიდეზე

ბზარების გახსნის უდიდესი მნიშვნელობანი განისაზღვრება შემდეგ ფორმულებით:

ა) გლუვი არმატურის დროს

$$a_{\text{ზ}} = 0,5 \frac{\sigma_0}{E_0} \psi_1 R_r \leq \Delta; \quad (49)$$

ბ) პერიოდული პროფილის არმატურის დროს

$$a_{\text{ზ}} = 3,0 \frac{\sigma_0}{E_0} \psi_2 \sqrt{R_r} \leq \Delta, \quad (50)$$

სადაც σ_0 არის ის ძაბვა არმატურაში, რომელიც განისაზღვრება (8) ფორმულით (მხოლოდ x_1 -სა და I_1 -ს ვანგარიშობთ კვეთის ფორმის მიხედვით (22) და (23) ან (42) და (44) ფორმულებით; M' მომენტის ნაცვლად ვიღებთ $M^{\text{ფ.ს.}}$ როდესაც კონსტრუქცია არ იანგარიშება გამძლეობაზე, მაშინ

$$\sigma_0 = \frac{M^0}{F_0 z} \quad (51)$$

E_0 — არმატურის დრეკადობის მოდული;

F_0 — გაჭიმული არმატურის კვეთის ფართობი;

z — შიგა ძალთა მხარი, რომლის სიდიდეს იღებენ სიმეტრიულ გეგმაში გაანგარიშების დროს მიღებული x -ის შეხედვით;

ψ_1 და ψ_2 — კოეფიციენტები, რომლებიც ითვალისწინებენ გაჭიმული ზონის ბეტონის გავლენას არმატურის დეფორმაციაზე (იხ. ცხრილი 3);

R_r — არმირების რადიუსი, რომელზეც დამოკიდებულია ბზარებს შორის მანძილი;

Δ — ნორმალური და დახრილი ბზარების უდიდესი გახსნა, რომელიც უდრის 0,02 სმ-ს (დამატებითი დატვირთვების შემთხვევაში გაანგარიშებისას $\Delta = 0,025$ სმ);

$M^{\text{ფ}}$ — ელენავი მომენტი ნორმატიული დატვირთვებისაგან.

ცხრილი 3

ელემენტები	ბეტონის მარკა			
	250 და ნაკლები		300 და მეტი	
	ψ_1	ψ_2	ψ_1	ψ_2
ელემენტები, რომლებიც იანგარიშება გამძლეობაზე	1	0,7	0,8	0,5
ელემენტები, რომლებიც არ იანგარიშება გამძლეობაზე	0,9	0,6	0,7	0,5

2. უ. კოჩიევი

17

R_r არმირების რადიუსი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$R_r = \frac{F_r}{\beta (n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_i d_i)}, \quad (52)$$

სადაც F_r არის ურთიერთქმედების ზონის ფართობი;

$n_1, n_2 \dots n_i$ — იმ ღეროების რაოდენობა კვეთში, რომელთა დიამეტრები შესაბამისად უდრის $d_1, d_2 \dots d_i$ -ს;

β — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს არმატურის განლაგებას:

ცალკე ღეროების დროს $\beta = 1,0$;

თუ კონა შედგება ორი ღეროსაგან $\beta = 0,85$;

თუ არმატურა მრავალრიგაა (რიგების რიცხვი ოთხამდეა) $\beta = 0,75$;

თუ კონა შედგება სამი ღეროსაგან და რიგების რაოდენობა ოთხზე მეტია $\beta = 0,7$.

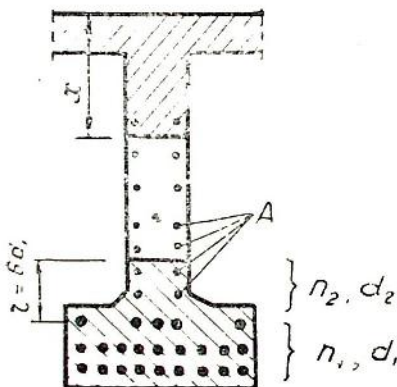
ურთიერთქმედების ზონის ფართობი განისაზღვრება კვეთის კონტურითა და ურთიერთქმედების r რადიუსით (ნახ. 7), რომელიც უდრის

$$r = nd, \quad (53)$$

სადაც d არის ღეროს დიამეტრი.

r სიდიდე გადაზომილი უნდა იყოს არმატურის უკანასკნელი რიგიდან ნეიტრალური ღერძისაკენ. თუ უკანასკნელ რიგში მოთავსებულია დანარჩენი რიგების ღეროების რაოდენობის ნახევარზე ნაკლები, r გადაიზომება მეორე რიგიდან (ნახ. 7).

გაქიმულ ზონაში არმატურის ღეროებს შორის მანძილი ყველა მიმართულ-



ნახ. 7

ებით არ უნდა აღემატებოდეს $12d$ -ს.

ბზარმედგობაზე გაანგარიშება ხდება ელემენტის იმ ნორმალურ კვეთებში, სადაც არმატურა განიციდის უდიდეს ძაბვას. R_r -ის გამოთვლისას მხედველობაში ვღებულობთ არმატურის მთელ რაოდენობას, მოთავსებულს განსახილველ კვეთში (გრძივი და აღუწერილი ღეროების ჩათვლით).

2. ელემენტების კვეთების გაანგარიშება დახრილ ბზარებზე
(პირობითს მთავარ გაჩქიმავე ძაბვებზე) ნეიტრალური ღერძის
დონეზე

ლუნვაზე მომუშავე ელემენტების გაანგარიშება დახრილ ბზარებზე
ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma_{a, \beta} = \frac{Q^6 S_1}{I_1 b} \leq R_{a, \beta, R}, \quad (54)$$

სადაც $\sigma_{a, \beta}$ არის მთავარი გამჭიმავი ძაბვა ნეიტრალური ღერძის დონეზე;

Q^6 — ნორმატიული დატვირთვებისაგან (დინამიკური კოეფი-
ციენტის გარეშე) გამოწვეული უდიდესი განივი ძალა
განსახილველ კვეთში;

S_1 — შეკუმშული ზონის დაყვანილი ფართობის სტატიკური
მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ;

I_1 — დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი;

b — კვეთის სიგანე ნეიტრალური ღერძის დონეზე;

$R_{a, \beta, R}$ — საანგარიშო წინაღობა პირობითი მთავარი გამჭიმავი ძაბ-
ვებისა (დანართი 3).

S_1 განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

ა) მართკუთხა კვეთის დროს

$$S_1 = \frac{bx^2}{2} + n_1 F'_{\alpha} (x - a'); \quad (55)$$

ბ) ტესებრი კვეთის დროს

$$S_1 = \frac{bx^2}{2} + (b_{\alpha} - b) h_{\alpha} \left(x - \frac{h_{\alpha}}{2} \right) + n_1 F'_{\alpha} (x - a'); \quad (56)$$

I_1 სიდიდე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

ა) მართკუთხა კვეთის დროს

$$I_1 = \frac{bx^3}{3} + n_1 F_{\alpha} (h_0 - x)^2 + n_1 F'_{\alpha} (x - a')^2; \quad (57)$$

ბ) ტესებრი კვეთის დროს, როდესაც $x > h_{\alpha}$

$$I_1 = \frac{b_{\alpha} x^3}{3} - \frac{(b_{\alpha} - b)(x - h_{\alpha})^2}{3} + n_1 F_{\alpha} (h_0 - x)^2 + n_1 F'_{\alpha} (x - a')^2; \quad (58)$$

გ) ტესებრი კვეთის დროს, როდესაც $x \leq h_{\alpha}$

$$I_1 = \frac{bx^3}{3} + n_1 F_{\alpha} (h_0 - x)^2 + n_1 F'_{\alpha} (x - a'). \quad (59)$$

ამ ფორმულებში n_1 არის არმატურისა (E_a) და ბეტონის (E_b) დრეკადობის მოდულების ფარდობა

$$n_1 = \frac{E_a}{E_b}; \quad (\text{იხ. დანართი 12});$$

b_m — ტესტბრი კვეთის თაროს სიგანე;

h_m — ფილის (თაროს) დაყვანილი სისქე (იხ. ნახ. 4);

x — კვეთის (ბეტონის) შეკუმშული ზონის სიმაღლე.

x -ის სიდიდე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

ა) მარტყუთხა კვეთისათვის

$$x = -A_1 + \sqrt{A_1^2 + \frac{2n_1}{b}(F_a h_0 + F_a' a')}; \quad (60)$$

ბ) ტესტბრი კვეთებისათვის

$$x = -A_2 + \sqrt{A_2^2 + \frac{h_m(b_m - b) + 2n_1(F_a h_0 + F_a' a')}{b}}, \quad (61)$$

სადაც

$$A_1 = \frac{n_1(F_a + F_a')}{b}; \quad (62)$$

$$A_2 = \frac{n_1(F_a + F_a') + (b_m - b) h_m}{b}. \quad (63)$$

თუ ელემენტს არ ანგარიშობენ გამძლეობაზე (ავტოჯისა და საქალაქო რკინაბეტონის ხიდები), მაშინ მთავარ ძაბვებს საზღვრავენ შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma_{a, \delta} = \frac{Q^5}{b\chi} \leq R_{a, \delta, \text{რ}}, \quad (64)$$

სადაც χ შიგა ძალების მხარია, რომელიც ისაზღვრება ისევე, როგორც სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს.

§ 5. წინასწარ დაქაზული რკინაბეტონის კოჭების გაანგარიშება

1. ტესტბრი და ორტესტბრი კვეთების გაანგარიშება სიმტკიცეზე ხდება შემდეგი ფორმულით (როცა $x > h'_m$, ნახ. 8):

$$M \leq m_2 R_{cb} x (h_0 - 0,5x) + R_{a, \delta} F_a' (h_0 - a'_0) + \sigma_{\phi}' F_{\phi}' (h_0 - a_{\phi}') + R_{a, \delta} (b'_m - b) (h_0 - 0,5h'_m) h'_m, \quad (65)$$

სადაც M არის მღუნავი მომენტი საანგარიშო დატვირთვებისაგან (n და $1 + \mu$ -ის გათვალისწინებით);

- R_{Σ} — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე ლუნვისას;
 x — ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმაღლე;
 b — წიბოს სისქე;
 h'_{σ} — თაროს სისქე;
 b'_{σ} — შეკუმშული ზონის თაროს საანგარიშო სიგანე;
 $R_{\Sigma 3}$ — დაუძაბავი შეკუმშული არმატურის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე;
 F_{Σ}' — დაუძაბავი შეკუმშული არმატურის კვეთის ფართობი;
 F_{Σ}' — ზედა დაძაბული არმატურის კვეთის ფართობი;
 $R_{\Sigma 3}$ — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა ღერძულ კუმშვაზე;
 σ_3' — ნარჩენი ძაბვა A_{Σ}' არმატურაში:

$$\sigma_3' = R_{\Sigma 3} - \sigma_{\Sigma}'$$

$R_{\Sigma 3}$ — დაძაბული არმატურის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე.
 $R_{\Sigma 3} = 2700$ კგ/სმ² წინასწარ დაძაბულობის შექმნის, ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის სტადიებში;

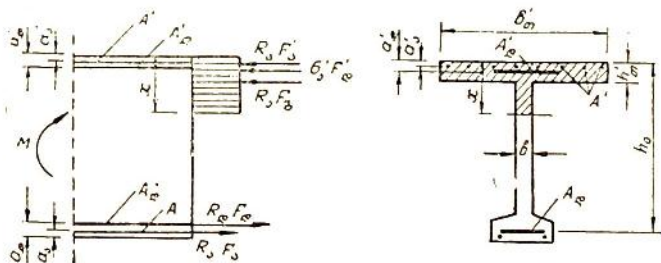
$R_{\Sigma 3} = 3600$ კგ/სმ² ექსპლუატაციის სტადიაში;

σ_{Σ}' — საანგარიშო წინასწარი ძაბვა არმატურაში.

თუ $\sigma_{\Sigma}' \leq R_{\Sigma 3}$, მაშინ $\sigma_3' = 0$;

თუ A_{Σ}' არმატურა არ არის შეჭიდული ბეტონთან (შესაძლებელია კონსტრუქციის დამზადებისა და მონტაჟის სტადიაში), მაშინ

$$R_{\Sigma 3} = 0.$$



ნახ. 8

2. შეკუმშული ზონის სიმაღლე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

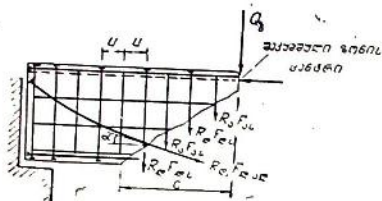
$$x = \frac{R_{\Sigma} F_{\Sigma} + R_{\Sigma} F_{\Sigma} - R_{\Sigma 3} F_{\Sigma}' - \sigma_3' F_{\Sigma}' - R_{\Sigma 3} (b_{\sigma} - b) h'_{\sigma}}{R_{\Sigma} \cdot b}, \quad (66)$$

სადაც R_{Σ} არის დაძაბული არმატურის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე (დანართი 2);

$F_{\text{დ}}$ — დაძაბული არმატურის კვეთის ფართობი;

R_s — დაუძაბავი არმატურის საანგარიშო წინაღობა გაქიმებაზე (დან. 4);

F_s — დაუძაბავი არმატურის კვეთის ფართობი.



ნახ. 9

როდესაც $x \leq h'_0$, (65)

და (66) ფორმულებში b -ს ნაცვლად ჩაისმება b'_0 ; ხოლო მართკუთხა კვეთებისათვის b'_0 ნაცვლად ჩაისმება b .

შეკუმშული ზონის სიმაღლე x უნდა აკმაყოფილებდეს (4) პირობას.

შეკუმშულ F_s არმატურას ითვისწინებენ გაანგარიშებაში, თუ დაკმაყოფილებულია შემდეგი პირობა:

$$x \geq 2a'_s. \quad (67)$$

3. ელემენტის დახრილი კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცეზე განივი ძალის მიხედვით (ნახ. 9) ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$Q \leq m_{\text{დ.აღ}} R_{\text{დ}} \Sigma F_{\text{დ.აღ}} \sin \alpha + m_{\text{დ.ს}} R_{\text{დ}} \Sigma F_{\text{დ.ს}} + m_{\text{ა.ს}} R_s \Sigma F_{\text{ა.ს}} + Q_0 \quad (68)$$

ან

$$Q - m_{\text{დ.აღ}} R_{\text{დ}} \Sigma F_{\text{დ.აღ}} \sin \alpha \leq Q_{\text{ს.ბ.}} \quad (69)$$

ხოლო თუ არ გვაქვს მრუდხაზოვანი არმატურა, მაშინ

$$Q \leq Q_{\text{ს.ბ.}} \quad (70)$$

სადაც $m_{\text{დ.აღ}}$, $m_{\text{დ.ს}}$ და $m_{\text{ა.ს}}$ არის მუშაობის პირობების კოეფიციენტები;

$F_{\text{დ.აღ}}$ — მრუდხაზოვანი დაძაბული არმატურის კვეთის ფართობი ერთ სიბრტყეში;

$F_{\text{დ.ს}}$ და $F_{\text{ა.ს}}$ — დაძაბული და დაუძაბავი საკიდების შტოების კვეთის ფართობები ერთ სიბრტყეში;

α — მრუდხაზოვანი არმატურის დახრის კუთხე;

Q — უდიდესი განივი ძალა საანგარიშო დატვირთვებისაგან (n და $1+\mu$ -ს გათვალისწინებით);

Q_0 — დახრილ კვეთში შეკუმშული ბეტონის ზღვრული განივი ძალა, განისაზღვრება (25) ფორმულით;

$Q_{\text{ს.ა}}$ — ზღვრული განივი ძალა, რომელიც შეუძლია აითვისოს შეკუმშული ზონის ბეტონმა და საკიდებმა:

$$Q_{\text{ს.ა}} = \sqrt{0,6 R_{\text{ბ}} b h_0^2 q_{\text{ს}}} - (q_{\text{ს.ა}} \cdot u_{\text{ა}} + q_{\text{ს.დ}} \cdot u_{\text{დ}}); \quad (71)$$

$q_{\text{ს}}$ — საკიდებში მოსული ზღვრული ძალა ელემენტის ერთ გრძივ სანტიმეტრზე:

$$q_{\text{ს}} = q_{\text{ს.ა}} + q_{\text{ს.დ}} = \frac{m_{\text{ა.ს}} R_{\text{ა}} F_{\text{ა.ს}}}{U_{\text{ა}}} + \frac{m_{\text{დ.ს}} R_{\text{დ}} F_{\text{დ.ს}}}{U_{\text{დ}}}, \quad (72)$$

სადაც $U_{\text{ა}}$ და $U_{\text{დ}}$ დაუძაბავი და დაძაბული საკიდების ბიჯებია.

4. მთავარ მკუმშავ და მხებ ძაბვებს სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას საზღვრავენ შემდეგი პირობიდან:

მთავარ მკუმშავ ძაბვებს

$$\sigma_{\text{ა.კ}} \leq R_{\text{ა.კ.ფ}}; \quad (73)$$

მხებ ძაბვებს

$$\tau = \frac{Q S}{I b} \mp \frac{Q_{\text{დ}} S}{I b} \leq R_{\text{ა.ბ}}. \quad (74)$$

მთავარი მკუმშავი ძაბვები — $\sigma_{\text{ა.კ}}$ განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma_{\text{ა.კ}} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) - \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2}. \quad (75)$$

(73)–(75) ფორმულებში:

$R_{\text{ა.კ.ფ}}$ არის ბეტონის საანგარიშო წინაღობა მთავარ მკუმშავ ძაბვებზე;

$R_{\text{ა.ბ}}$ — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა ამხლეჩი ძაბვებისადმი;

σ_x — ნორმალური ძაბვები ბეტონში ელემენტის ღერძის მიმართ;

σ_y — მკუმშავი ძაბვები ბეტონში ელემენტის ღერძის მართობულად (დაძაბული საკიდებისაგან);

M და Q — მღუნავი მომენტი და განივი ძალა საანგარიშო დატვირთვისაგან (n და $1+\mu$ -ს გათვალისწინებით);

$Q_{\text{დ}}$ — განივი ძალა, წარმოშობილი მრუდხაზოვან (ან დახრილი) არმატურაში წინასწარი დაძაბულობის შედეგად (დანაკარგების გამოკლებით):

$$Q_{\text{დ}} = \sum N_{\text{დ.აღ}} \sin \alpha; \quad (76)$$

$N_{\text{დ.აღ}}$ — ძალვა მრუდხაზოვანი (ან დახრილი) არმატურის განსახილველ კვეთში;

$F_{\text{დ.აღ}}$ — მრუდხაზოვანი (ან დახრილი) წინასწარ დაძაბული არმატურის კვეთის ფართობი;

α — არმატურის დახრის კუთხე (იხ. ნახ. 9);

S — დაყვანილი კვეთის განსახილველი ნაწილის სტატიკური მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ;

I — დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ;

b — ელემენტის სიგანე განსახილველ კვეთში.

σ_x და σ_y ძაბვები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

$$\sigma_x = \sigma_{\text{ბ1}} \mp \frac{M \cdot y}{I}; \quad (77)$$

$$\sigma_y = \frac{\sigma_{\text{დ.ს}} F_{\text{დ.ს}}}{U_{\text{დ.}} \cdot b} + \frac{\sigma_{\text{დ.აღ}} F_{\text{დ.აღ}}}{U_{\text{ბ}} b} \cdot \sin \alpha, \quad (78)$$

სადაც $\sigma_{\text{ბ1}}$ არის ეფექტური წინასწარი დაძაბულობა ბეტონის კვეთის განსახილველ სიმაღლეზე (დონეზე);

y — მანძილი განსახილველი ადგილიდან (დონიდან) კვეთის სიმძიმის ცენტრამდე;

$\sigma_{\text{დ.ს}}$ და $\sigma_{\text{დ.აღ}}$ — წინასწარი დაძაბულობა საკიდებსა და მრუდხაზოვან (დახრილ) არმატურაში;

$F_{\text{დ.ს}}$ — დაძაბული საკიდების განივკვეთის ფართობი განსახილველ სიბრტყეში.

5. წინასწარ დაძაბულ არმატურაში წარმოშობილი ძალები $N_{\text{დ}}$, $N'_{\text{დ}}$ და $N_{\text{დ.ბ}}$ განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

ბრჯენებზე დაჭიმვის დროს

$$N_{\text{დ.ბ}} = N_{\text{დ}} + N'_{\text{დ}} = (\sigma_{\text{დ.კ}} - \sigma_{\text{დ.ან}} - \sigma_{\text{ბ}}) F_{\text{დ}} + (\sigma'_{\text{დ.კ}} - \sigma_{\text{დ.ან}}) F'_{\text{დ}}; \quad (79)$$

ბეტონზე დაჭიმვის დროს

$$N_{\text{დ.ბ}} = \sigma_{\text{დ.კ}} F_{\text{დ}} + \sigma'_{\text{დ.კ}} F'_{\text{დ}}, \quad (80)$$

სადაც $N_{\text{დ}}$ და $N'_{\text{დ}}$ არის წინასწარ დაძაბულ არმატურაში $A_{\text{დ}}$ და $A'_{\text{დ}}$ წარმოშობილი ძალები;

$N_{\text{დ.ბ}}$ — $N_{\text{დ}}$ და $N'_{\text{დ}}$ ძალების ტოლქმედი;

$\sigma_{\text{დ.კ}}$ და $\sigma'_{\text{დ.კ}}$ — საანგარიშო წინასწარი (საკონტროლო) ძაბვები $A_{\text{დ}}$ და $A'_{\text{დ}}$ არმატურებში;

$\sigma_{\text{დ.ან}}$ და $\sigma'_{\text{დ.ან}}$ — დაძაბულობის საანგარიშო დანაკარგები $A_{\text{დ}}$ და $A'_{\text{დ}}$ არმატურებში;

$\sigma_{\text{ბ}}$ — არმატურაში წინასწარი დაძაბულობის საანგარიშო შემცირება ბეტონის დამოკლების გამო (დაჭიმვის გადაცემისაგან);

სიდიდე σ_3 უდრის:

თუ არმატურის დაჭიმვა ხდება ბრჯენებზე

$$\sigma_3 = \frac{F_1}{F_2} \cdot 2700 \text{ კგ/სმ}^2; \quad (81)$$

თუ არმატურის დაჭიმვა ხდება ბეტონზე

$$\sigma_3 = 0; \quad (82)$$

F_1 და F_2 არის ელემენტის უმცირესი და უდიდესი განივკვეთის ფართობები.

6. დაძაბული არმატურისა და ბეტონის გაანგარიშება გამძლეობაზე ხდება შემდეგი პირობების მიხედვით:

ა) გაჭიმული ზონის არმატურისათვის

$$\sigma_{\text{დ. max}} = (\sigma_{\text{დ1}} - \sigma_{\text{დრ.3}}) + \sigma_{\text{დ.3}} + \sigma_{\text{დ.დ}} \leq R'_\text{დ}; \quad (83)$$

$$\sigma_{\text{დ. min}} = \sigma_{\text{დ. max}} - \sigma_{\text{დ.დ}}; \quad (84)$$

ბ) გაჭიმული ზონის ბეტონისათვის

$$\sigma_{\text{ბ. max}} = \sigma_{\text{ბ1}} - \sigma_{\text{ბ.3}} \leq R'_\text{ბ}; \quad (85)$$

$$\sigma_{\text{ბ. min}} = \sigma_{\text{ბ. max}} - \sigma_{\text{ბ.დ}} \leq R'_\text{ბ}; \quad (86)$$

გ) შეკუმშული ზონის ბეტონისათვის ($x \leq 0,8h_0$)

$$\sigma_{\text{ბ. max}} = \sigma'_{\text{ბ1}} + \sigma'_{\text{ბ.3}} + \sigma'_{\text{ბ.დ}} \leq R'_\text{ბ}; \quad (87)$$

სადაც $\sigma_{\text{დ.3}} = n_1 \sigma_{\text{ბ.3}}$ არის ძაბვა არმატურაში ნორმატიული მუდმივი დატვირთვებისაგან;

$\sigma_{\text{დ.დ}} = n_1 \sigma_{\text{ბ.დ}}$ — ძაბვა არმატურაში ნორმატიული დროებითი დატვირთვებისაგან;

$\sigma_{\text{ბ.3}}$ და $\sigma'_{\text{ბ.3}}$ — ძაბვები ბეტონის გაჭიმულ და შეკუმშულ ზონებში ნორმატიული მუდმივი დატვირთვებისაგან;

$\sigma_{\text{ბ.დ}}$ და $\sigma'_{\text{ბ.დ}}$ — ძაბვები ბეტონის გაჭიმულ და შეკუმშულ ზონებში ნორმატიული დროებითი დატვირთვისაგან (კოეფიციენტებით ε და $1+\mu$);

n_1 — არმატურისა და ბეტონის დრეკადობის მოდულების ფარდობა (დანართი 12);

$\sigma_{\text{დ1}}$, $\sigma_{\text{ბ1}}$ და $\sigma'_{\text{ბ1}}$ — დამყარებული წინასწარი ძაბვები (დანაკარგების ჩათვლით) დაძაბულ არმატურაში და გაჭიმული და შეკუმშული ზონების ბეტონში;

$\sigma_{\text{დრ.3}}$ — დაძაბულ არმატურაში ძაბვების შემცირება ბეტონის დრეკადი მოჭიმვის შედეგად;

$$\sigma_{\text{დრ.3}} = n_1 \sigma_{\text{ბ}};$$

σ_3 — საშუალო ძაბვა ბეტონში დაძაბული არმატურის სიმძიმის ცენტრის ღონეზე;

R'_{Σ} — დაძაბული არმატურის საანგარიშო წინაღობა გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს (დანართი 13);

R'_{Σ} და R'_{δ} — გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს ბეტონის საანგარიშო წინაღობები კუმშვაზე ლუნვისას და გაჭიმვაზე (დანართი 7).

7. რკინაბეტონის ელემენტების გაანგარიშება ბზარმედგეობაზე ბეტონზე დაჭიმვის გადაცემის დროს და აგრეთვე ელემენტის ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის დროს წარმოებს შემდეგი პირობების მიხედვით:

ა) გრძივი ბზარების გაჩენის წინააღმდეგობის პირობიდან:

$$\sigma_3 = -\frac{N_{\Sigma}}{F} - \frac{N_{\Sigma} \cdot e_x \cdot y}{I} \pm \Delta \sigma_3 \leq R^{\pm}_{\Sigma}; \quad (88)$$

ბ) განივი ბზარების გაჩენის წინააღმდეგობის პირობიდან (A' და A'_{Σ} არმატურების განლაგების ზონაში):

$$\sigma_3 = -\frac{N_{\Sigma}}{F} + \frac{N_{\Sigma} \cdot e_x \cdot y'}{I} \pm \Delta \sigma_3 \leq R_{\delta}, \quad (89)$$

სადაც N_{Σ} არის დაძაბულ არმატურაში მოსული გრძივი ძაღვების ტოლქმედი:

$$N_{\Sigma} = \sigma_{\Sigma,3} F_{\Sigma} + \sigma'_{\Sigma,3} F'_{\Sigma}; \quad (90)$$

e_x — მანძილი N_{Σ} ძალიდან ელემენტის დაყვანილი კვეთის სიმძიმის ცენტრამდე;

y და y' — მანძილები კვეთის სიმძიმის ცენტრიდან განსახილველ ღონემდე;

$\sigma_{\Sigma,3}$ და $\sigma'_{\Sigma,3}$ — საანგარიშო წინასწარი (საკონტროლო) ძაბვები A_{Σ} და A'_{Σ} არმატურებში;

F_{Σ} და F'_{Σ} — დაძაბული არმატურის კვეთის ფართობები;

$\Delta \sigma_3$ და $\Delta \sigma'_{\delta}$ — ელემენტის საკუთარი წონისაგან წარმოშობილი ძაბვები ბეტონში A_{Σ} და A'_{Σ} არმატურების ღონეებზე;

$R^{\pm}_{\Sigma}$ — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე;

R_{δ} — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე;

F და I — ელემენტის დაყვანილი კვეთის ფართობი და ინერციის მომენტი.

$R^{\pm}_{\Sigma}$ სიდიდე განისაზღვრება შემდეგნაირად:

თუ $b \geq 0,6b_0$, მაშინ $R^{\pm}_{\Sigma} = R^{\pm}_{\Sigma,0}$;

თუ $b \leq 0,2b_0$, მაშინ $R^{\pm}_{\Sigma} = R^{\pm}_{\Sigma,0}$;

(b არის ელემენტის წიბოს სისქე).

შუალედური შემთხვევებისათვის R^{65} -ს მნიშვნელობას ვიღებთ ინტერპოლაციით.

8. რკინაბეტონის ელემენტების გაანგარიშება ბზარმედევობაზე ექსპლუატაციის სტადიაში წარმოებს შემდეგი პირობების მიხედვით:

$$\frac{M^6}{W} - \sigma_{\Delta 1} \leq 0 \quad (91)$$

მართულოვანი არმატურისა და კონკრეტის დროს;

$$\frac{M^6}{W} - \sigma_{\Delta 1} \leq R_{\Delta, \text{ფ}} \quad (92)$$

პერიოდული პროფილის ღეროვანი არმატურის დროს.

ამ გამოსახულებებში:

M^6 — არის მლუნავი მომენტი მუდმივი და დროებითი ნორმატიული დატვირთვებისაგან;

W — დაყვანილი კვეთის წინალობის მომენტი განსახილველ ღეროსათვის;

$\sigma_{\Delta 1}$ — დამყარებული (დანაკარგების ჩათვლით) წინასწარი ძაბვა ბეტონში კვეთის განსახილველ ღეროზე.

9. დახრილი კვეთების გაანგარიშება ბზარმედევობაზე (პირობით მთავარი გამჭიმავ ძაბვებზე) განისაზღვრება შემდეგი პირობიდან:

$$\sigma_{\Delta, \delta} \leq m_{\delta} R_{\Delta, \delta, \text{ფ}}, \quad (93)$$

სადაც $\sigma_{\Delta, \delta}$ მთავარი გამჭიმავი ძაბვაა, რომელიც განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma_{\Delta, \delta} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2}, \quad (94)$$

m_{δ} — მუშაობის პირობების კოეფიციენტი:

$$m_{\delta} = 0,7, \text{ თუ } \sigma_{\Delta, \delta} \leq 0,8 R_{\Delta, \delta, \text{ფ}}$$

და

$$m_{\delta} = 0,5, \text{ თუ } \sigma_{\Delta, \delta} = R_{\Delta, \delta, \text{ფ}};$$

რკინიგზის ხიდებისათვის ექსპლუატაციის სტადიაში m_{δ} კოეფიციენტები გამრავლებული უნდა იქნეს 0,8-ზე;

$R_{\Delta, \delta, \text{ფ}}$ — ბეტონის საანგარიშო წინალობა მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე. დანარჩენი აღნიშვნები განსაზღვრულია მე-4 პუნქტში.

τ , σ_x , σ_y და $\sigma_{\Delta 1}$ სიდიდეებს ვანგარიშობთ ნორმატიულ დატვირთვებზე დინამიკური კოეფიციენტის გარეშე. გამჭიმავი ძაბვები (94) ფორმულაში იწერება პლუს (+) ნიშნით.

დროებითი მოძრავი პერტიკალური დატვირთვა CK და მისი გამოყენების წესები

§ 6. ნორმატიული დროებითი მოძრავი პერტიკალური დატვირთვა

1. საბალასტო გობის ფილის (კონსოლის) გაანგარიშებისათვის

ნორმატიული დროებითი ვერტიკალური დატვირთვა მოძრავი შედ-
გენილობისაგან უდრის:

ა) თუ ფილას (კონსოლს) ვანგარიშობთ ხიდის განივი მიმართუ-
ლებით:

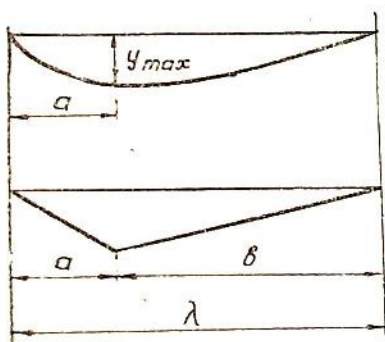
$$P_1^{\text{ფ}} = \frac{2K}{b}, \quad (95)$$

სადაც $P_1^{\text{ფ}}$ არის ნორმატიული დატვირთვა, ტ/მ²;

K — დატვირთვის კლასი; ხის ხიდებისათვის $K=10$; დანარ-
ჩენი ხიდებისათვის $K=14$;

b — დროებითი დატვირთვის განაწილების სიგანე, მ:

$$b = 2,7 + 2H,$$



ნახ. 10

სადაც 2,7 არის შპალის სი-
გრძე, მ;

H — მანძილი შპა-
ლის ძირიდან
ფილამდე.

ბ) თუ ფილას ვანგარი-
შობთ ხიდის გრძივი მიმარ-
თულებით:

$$p_2^{\text{ფ}} = kx, \quad (96)$$

სადაც $p_2^{\text{ფ}}$ არის ნორმატიული
დატვირთვა, ტ/მ;

kx — ეკვივალენტური და-
ტვირთვა, რომლის
სიდიდე დამოკიდე-

ბულია დატვირთვის სიგრძეზე (ლ-ზე) და გავლენის ხაზის წვეროს x მდე-
ბარეობაზე (ფილების გაანგარიშებისათვის $x=0,5$): $x = \frac{a}{\lambda}$ (ნახ. 10).

k_x სიდიდეს ვიღებთ 1-ლი დანართიდან. იგი არ უნდა აღემატებოდეს 28 ტ/მ-ს.

2. კოქების, კამარებისა და ჩარჩოების გაანგარიშებისათვის

კოქებისა და კამარების გაანგარიშებისათვის ვხმარობთ შემდეგისახის ნორმატიულ დროებით ვერტიკალურ დატვირთვებს, რომლებიც თანაბრად განაწილებულია გრძივი მიმართულებით:

1) ეკვივალენტური დატვირთვა შეყურსული ტვირთებისაგან — k_x ტ/მ (იხ. ზემოთ);

2) დატვირთვა დატვირთული ვაგონებისაგან — K ტ/მ, ამასთან, $K=10$ ტ/მ-ს ხის ხიდების გაანგარიშებისათვის და $K=14$ ტ/მ-ს დანარჩენი სახის ხიდებისათვის;

3) დატვირთვა ცარიელი ვაგონებისაგან — 1,0 ტ/მ.

თუ ლიანდაგი დაგებულია ბალასტზე და დატვირთვის სიგრძე $\lambda \leq 25$ მ, k_x ს ვიღებთ $\alpha = 0,5$ -ის შესაბამისად.

1-ლ დანართში მოცემული ეკვივალენტური დატვირთვის სიდიდეები გამოიყენება მხოლოდ სამკუთხა და ამოზნექილი მოხაზულობის გავლენის ხაზებისათვის.

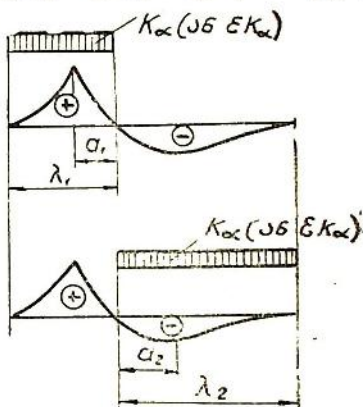
თუ ჩაზნექილ გავლენის ხაზს აქვს მკვეთრი გამოსახულების წვერო (მაგალითად, ნე-11 ნახაზზე მოცემული გავლენის ხაზების მარცხენა უბანი) და $\gamma = 1,0 \div 1,4$, ეკვივალენტური დატვირთვა გამრავლებული უნდა იყოს ϵ კოეფიციენტზე:

$$\epsilon = 1 + \frac{E(\gamma - 1)}{100}, \quad (97)$$

აქ E არის კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობას ვიღებთ მე-12 ნახაზიდან;

γ — დამაზნექების კოეფიციენტი:

$$\gamma = \frac{\omega_{\Delta}}{\omega},$$



ნახ. 11

სადაც ω არის განსახილველი გავლენის ხაზის ფართობი;

ω_{Δ} — სამკუთხედის ფართობი, რომლის ფუძე და სიმაღლე უდრის განსახილველი გავლენის ხაზის ფუძესა და უდიდეს ორდინატს.

თუ ლიანდაგი მოწყობილია ბალასტზე და $\lambda \leq 50$ მ, k_x -ს არ ვამრავლებთ ϵ -ზე. ამავე დროს, თუ $\lambda \leq 10$ მ, მაშინ k_x -ს ვიღებთ $\alpha = 0,5$ -ის შესაბამისად.

გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს ეკვივალენტური დატვირთვა გამრავლებული უნდა იყოს ϵ კოეფიციენტზე, რომელიც დამოკიდებულია დატვირთვის სიგრძეზე და უდრის:

$$\epsilon = 1,0, \text{ თუ } \lambda \leq 5 \text{ მ};$$

$$\epsilon = 1,15 - 0,03\lambda, \text{ თუ } \lambda = 5 \div 10 \text{ მ};$$

$$\epsilon = 0,85, \text{ თუ } \lambda = 10 \div 25 \text{ მ};$$

$$\epsilon = 0,70 + 0,006\lambda, \text{ თუ } \lambda = 25 \div 50 \text{ მ};$$

$$\epsilon = 1,0, \text{ თუ } \lambda \geq 50 \text{ მ}.$$

§ 7. გავლენის ხაზების ლატვირთვის წესები

1. მღუნავი მომენტების (M) და განივი ძალების (Q) მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის ქრილი კოჭების გავლენის ხაზები იტვირთება შემდეგი დროებითი დატვირთვებით (ნახ. 13):

k_x -თი სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს;

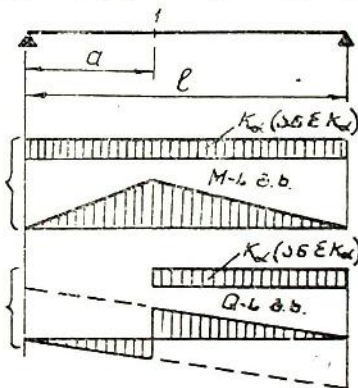
ϵk_x -თი გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს.

2. M -სა და Q -ს ჯამური ზემოქმედების განსაზღვრისათვის (მაგალითად, მთავარი ძაბვების გამოთვლისათვის) ქრილი კოჭების გავლენის ხაზები კვეთი 1-ისათვის იტვირთება შემდეგი თანამიმდევრობით (ნახ. 14):

1) მთელი მალი იტვირთება

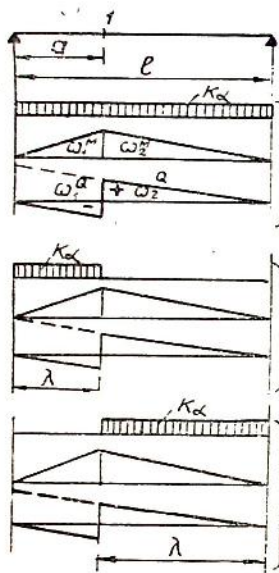
k_x -თი $\left(\lambda = l, \alpha = \frac{a}{l} \right)$, რის შე-

დეგად $M_1^I = k_x \left(\omega_1^M + \omega_2^M \right)$ და $Q_1^I = k_x \left(\omega_2^Q + \omega_1^Q \right)$;



ნახ. 13

2) ω_1^M და ω_1^Q უბნები იტვირთება k_α -თი ($\lambda = a$; $\alpha = 0$), რის შედეგად $M_1^{II} = k_\alpha \omega_1^M$ და $Q_1^{II} = k_\alpha \omega_1^Q$;



ნახ. 14

3) ω_2^M და ω_2^Q უბნები იტვირთება k_α -თი ($\lambda = l - a$; $\alpha = 0$), რის შედეგად $M_1^{III} = k_\alpha \omega_2^M$ და $Q_1^{III} = k_\alpha \omega_2^Q$.

სამივე კომბინაციის შედეგების შემდეგ საანგარიშოდ ვიღებთ იმ კომბინაციას, რომელიც მოგვცემს უდიდეს ჯამურ ძაბვებს (დაყვანილი ან მთავარი).

გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს k_α -ს ნაცვლად ხმარობენ εk_α -ს.

3. თუ გავლენის ხაზი შედგება ორი სხვადასხვა ნიშნის უბნისაგან (ნახ. 11), თითოეული უბანი იტვირთება k_α -თი სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს, ან εk_α -თი გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს, მისი დატვირთვის სიგრძისა (λ_1 ან λ_2) და გავლენის ხაზის წვეროს მდებარეობის შესა-

ბამისად ($\alpha = \frac{a_1}{\lambda_1}$ ან $\alpha = \frac{a_2}{\lambda_2}$).

4. თუ სამუხრამლანი გავლენის ხაზის ორ ერთინუნა უბანი ერთმანეთის გვერდითაა (მესამე უბანი კი სხვა ნიშნისაა, ნახ. 15), მაშინ დატვირთვა ხდება შემდეგნაირად:

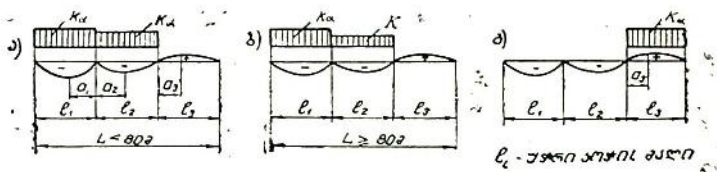
ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს:

$\min M$ -ის უდიდესი მნიშვნელობის მისაღებად თითოეული უბანი ორი ერთინუნა უბნიდან იტვირთება თავისი k_α -თი, თუ $L < 80$ მ (ნახ. 15, ა); თუკი $L \geq 80$ მ, მაშინ ამ ორი უბნიდან ის უბანი, რომელსაც აქვს უდიდესი ფართობი, იტვირთება k_α -თი. მეორე უბანი კი K -თი (ნახ. 15, ბ).

$\max M$ ის უდიდესი მნიშვნელობის მისაღებად მესამე უბანი იტვირთება k_α -თი ($\lambda = l_3$; $\alpha = \frac{a_3}{l_3}$, ნახ. 15, გ).

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს:

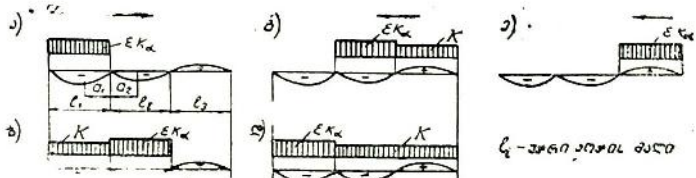
$\min M'$ -ის უდიდესი მნიშვნელობის მისაღებად უნდა განვიხილოთ მატარებლის მოძრაობა როგორც მარცხნიდან მარჯვნივ, ისე მარჯვნი-



ნახ. 15

დან მარცხნივ. ამ ორი დატვირთვისაგან საანგარიშოდ ავიღებთ იმას, რომელიც არახელსაყრელ შედეგს მოგვცემს.

თუ მატარებელი მოძრაობს მარცხნიდან მარჯვნივ, დატვირთვის ვახდენთ 16, ა და 16, ბ ნახაზების მიხედვით, ამასთან, k_{α} -სათვის $\lambda = l_1$



ნახ. 16

და $\alpha = \frac{a_1}{l_1}$ ან $\lambda = l_2$ და $\alpha = \frac{a_2}{l_2}$. როდესაც მატარებელი მოძრაობს მარჯვნიდან მარცხნივ, დატვირთვის ვახდენთ 16, გ და 16, დ ნახაზების მიხედვით (მატარებლის გაწყვეტა არ შეიძლება).

$\max M'$ -ის უდიდესი მნიშვნელობის მისაღებად დატვირთვის ვახდენთ 16, ე ნახაზის მიხედვით (მატარებელი მოდის მარჯვნიდან).

5. გავლენის ხაზი, რომელიც შედგება სამი სხვადასხვა ნიშნის უბნისაგან, ამასთან, ორ ერთნიშნა უბანს შორის მოთავსებულია სხვა ნიშნის უბანი, იტვირთება შემდეგნაირად:

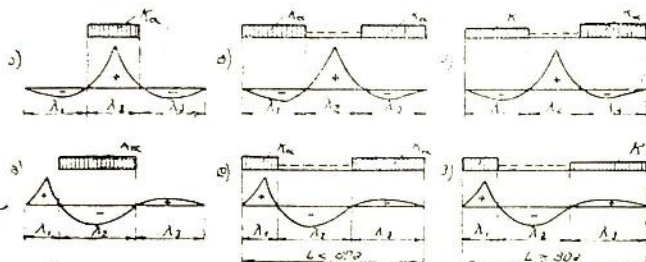
ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს:

$\max M$ -ის უდიდესი მნიშვნელობის მისაღებად დატვირთვის ვახდენთ 17, ა ან 17, დ ნახაზების მიხედვით, თუ $L < 80$ მ და 17, ვ ნახაზის მიხედვით, თუ $L \geq 80$ მ;

$\min M$ -ის უდიდესი მნიშვნელობის მისაღებად დატვირთვის ვახ-

დენთ 17, ბ ან 17, გ ნახაზების მიხედვით, თუ $L < 80$ მ და 17, ე ნახაზის მიხედვით, თუ $L \geq 80$ მ;

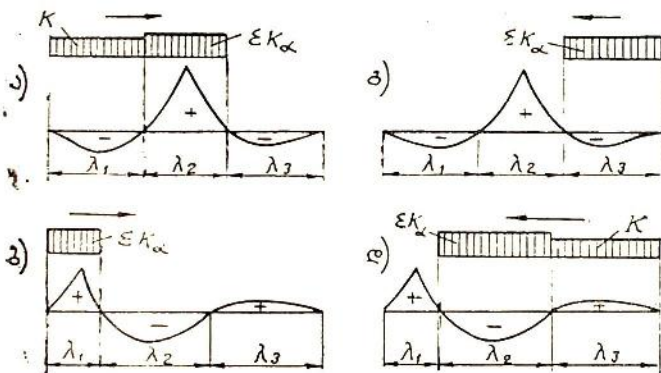
თუ $\lambda_2 > 15$ მ, λ_2 უბანი (ნახ. 17, გ; 17, დ; 17, ე და 17, ვ) იტვირთება 1,0 ტ/მ დატვირთვით (ცარიელი ვაგონებით); როდესაც $\lambda_2 < 15$ მ, იგი რჩება დაუტვირთავი.



ნახ. 17

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს:

$\max M'$ -ის უდიდესი მნიშვნელობის მისაღებად დატვირთვას ვახდენთ 18, ა ან 18, ბ ნახაზების მიხედვით (მატარებელი მოდის მარცხნიდან);



ნახ. 18

$\min M'$ -ის უდიდესი მნიშვნელობის მისაღებად დატვირთვას ვახდენთ 18, გ ან 18, დ ნახაზების მიხედვით (მატარებელი მოდის მარჯვნიდან).

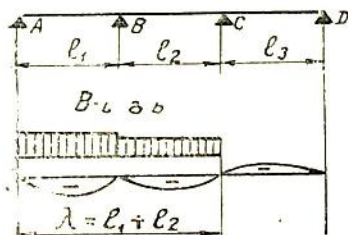
გავლენის ხაზის დატვირთვის სიგრძე განისაზღვრება შემდეგნაირად:

1. დინამიკური კოეფიციენტის $(1+\mu)$ გამოთვლისას (ფორმულებით $1+\mu=1+\frac{10}{20+\lambda}$ და $1+\mu=1+\frac{15}{100+\lambda}\left(1+\frac{0,4\cdot l}{f}\right)$):

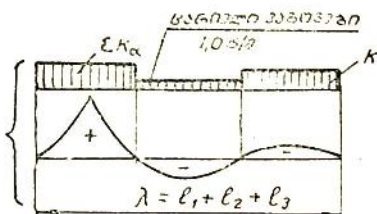
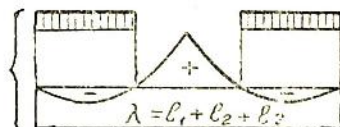
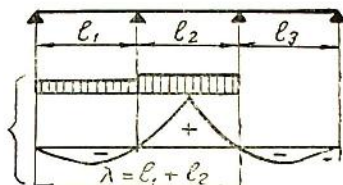
ა) კრილიკოჭებისათვის, აგრეთვე მთავარი ფერმებისა და კმარების ძირითადი ელემენტებისათვის $\lambda=l$;

ბ) სავალი ნაწილის გრძივი კოჭებისათვის $\lambda=B$; სადაც B არის პანელის სიგრძე;

გ) განივი კოჭებისათვის, აგრეთვე საკიდებისა და მთავარი ფერმის დამატებითი დგარებისათვის (რომლებიც მუშაობენ ადგილობრივ დატვირთვაზე) $\lambda=2B$;



ნახ. 19



ნახ. 20

დ) განაპირა საყრდენებისათვის $\lambda=l_1$, შუალედი საყრდენებისათვის $\lambda=l_1+l_2$ (ნახ. 19);

ე) როდესაც იტვირთება უკრი მალის ნაწილის გავლენის ხაზის რამდენიმე უბანი (ნახ. 20), დატვირთვის სიგრძე λ უდრის:

1) თუ იტვირთება ორი მეზობელი მალი

$$\lambda=l_1+l_2;$$

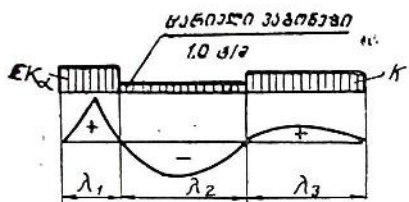
2) თუ იტვირთება სამივე მალი ან ორი განაპირა მალი

$$\lambda=l_1+l_2+l_3;$$

ვ) როდესაც დაწოლის გადაცემა ხდება ლიანდაგის ზედნაშენის ელემენტების საშუალებით, დატვირთვის სიგრძეს ვიღებთ არანაკლებ 3 მ-ისა.

ზ) როდესაც საბალასტო გობის ფილისა და კონსოლების გაანგარიშება ხდება ლიანდაგის განივად, $\lambda=0$.

2. გადატვირთვის n კოეფიციენტის გამოთვლისას (ფორმულებში: $n=1,3-0,003\lambda$, როდესაც $\lambda=0 \div 50$ მ; $n=1,175-0,0005\lambda$, როდესაც $\lambda=50 \div 150$ მ; $n=1,1$, როდესაც $\lambda > 150$ მ) λ



$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_3$$

ნახ. 21

ისაზღვრება, როგორც დონამიკური კოეფიციენტის გამოთვლისას მხოლოდ შემდეგი განსხვავებით:

ა) კამარის კვეთებში აღძრული მდუნავი მოძენების გაანგარიშებისას გაფლენის ხაზის დატვირთვის λ სიგრძეს ვიღებთ ისე, როგორც ორმალიანი ან სამმალიანი უჭრი კოჭისათვის;

ბ) როდესაც იტვირთება გავლენის ხაზის რამ-

დენიზე უბანი (კერძოდ, სხვა ნიშნის უბანიც), მაშინ λ უდრის იმ უბნების სიგრძის ჯამს, რომლებიც იტვირთებიან დროებითი დატვირთვით, მხოლოდ ამ ჯამში არ შედის უბნის სიგრძე, დატვირთული ცარიელი ვაგონებით (ნახ. 21).

3. k_x ეკვივალენტური დატვირთვის გამოთვლისას დატვირთვის λ სიგრძე უდრის გავლენის ხაზის უბნის ფაქტობრივი დატვირთვის სიგრძეს (მაგალითად, 15, ა ნახაზზე მოცემული გავლენის ხაზის მარცხენა უბნის k_x -სათვის $\lambda=l_1$, შუალედი უბნის k_x -სათვის $\lambda=l_2$).

4. e კოეფიციენტის განსაზღვრისას დატვირთვის სიგრძეს ვიღებთ იმავეს, რასაც ეკვივალენტური დატვირთვის (k_x) განსაზღვრისას.

აკინიგზის კოჭური მალის ნაშენის ელემენტების გაანგარიშების მაგალითები

§ 9. აკინიგზის ხიდის სავალი ნაწილის კონსოლის გაანგარიშება

თუ ხიდის სავალ ნაწილზე მოთავსებული მოაჯირები, კონსოლის სიგრძე l_3 (ნახ. 22) იქნება $1,2 \div 1,35$ მ.

კონსოლზე მოქმედებენ შემდეგი დატვირთვები:

1. კონსოლის საკუთარი წონა (გაანგარიშების გამარტივების მიზნით ვიღებთ საშუალო სისქეს — h'_3) g_3 ;

2. საექსპლოატაციო ბალასტის წონა g_2 ;

3. დამატებითი ბალასტის წონა g_3 ;

4. დროებითი ვერტიკალური მოძრავი დატვირთვა — p .

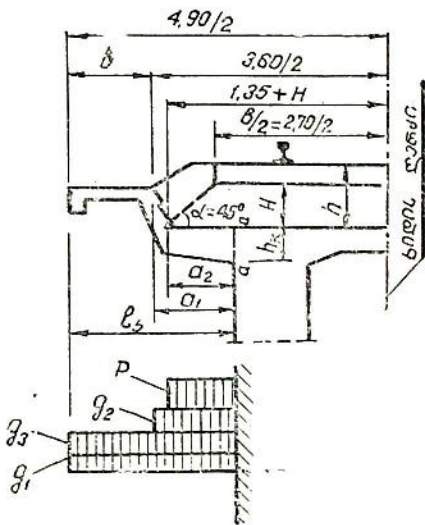
უდიდესი ძალები — M მღუნავი მომენტი და Q განივი ძალა მოქმედებენ კონსოლის ძირში, a — a კვეთში; მათი სიდიდეები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

$$M = \frac{(g_1 + g_3) l_3^2}{2} + \frac{g_2 \cdot a_1^2}{2} + \frac{p \cdot a_2^2}{2} = 0,5 [(g_1 + g_3) l_3^2 + g_2 \cdot a_1^2 + p a_2^2];$$

$$Q = (g_1 + g_3) l_3 + g_2 a_1 + p a_2.$$

მაგალითი 1. კონსოლის სიგრძე $l_3 = 1,25$ მ; $b = 0,65$ მ; კონსოლის სისქე ძირში $h_3 = 0,2$ მ (ნახ. 22); ბალასტის სისქე $h = 0,5$ მ; $H = 0,35$ მ; ბეტონის მარკა 300; არმატურის ფოლადის კლასი A-II (Ст. 500); დატვირთვა — C14.

საჭიროა შევარჩიოთ არმატურის განივი კვეთის ფართობი.



ნახ. 22

გ ა ლ ა წ ყ ვ ე ტ ა

გამოვეყნებული კონსოლის ერთი გრძივი მეტრი (ხიდის გრძივი მიმართულებით) და განვსაზღვროთ $1,0 \text{ მ}^2$ -ზე მოსული ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვები.

ნორმატიული დატვირთვების სიდიდეები

- 1) კონსოლის საკუთარი წონისაგან;

$$g_1^{\text{წ}} = h'_3 \gamma = 0,15 \cdot 2,5 = 0,375 \text{ ტ/მ}^2,$$

სადაც h'_3 არის კონსოლის საშუალო სისქე;

γ — რკინაბეტონის მოცულობითი წონა.

- 2) საექსპლუატაციო ბალასტის წონისაგან:

$$g_2^{\text{წ}} = h_a \gamma_a = 0,5 \cdot 1,7 = 0,85 \text{ ტ/მ}^2,$$

სადაც γ_a ბალასტის მოცულობითი წონაა (ლიანდაგის ზედა ნაწილის წონა არ გადაეცემა კონსოლს);

- 3) დამატებითი (ფაკულტატიური) ბალასტისაგან (თანახმად [1]-ისა):

$$g_3^{\text{წ}} = 1,0 \text{ ტ/მ}^2;$$

- 4) ვერტიკალური დროებითი მოძრავი დატვირთვისაგან (ფორმ. (95)):

$$p^{\text{წ}} = \frac{k}{b_0} = \frac{2K}{b_1 + 2H} = \frac{2 \cdot 14}{2,7 + 2 \cdot 0,35} = 8,25 \text{ ტ/მ}^2,$$

სადაც b_0 არის დროებითი მოძრავი დატვირთვის გავრცელების სიდიდე; განივი მიმართულებით;

b_1 — შპალის სიგრძე.

საანგარიშო დატვირთვების სიდიდეები

- 1) კონსოლის საკუთარი წონისაგან:

- ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$g_1 = n g_1^{\text{წ}} = 1,1 \cdot 0,375 = 0,413 \text{ ტ/მ}^2$$

(n —გადატვირთვის კოეფიციენტი, იხ. [1], პ. 115);

- ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$g_1 = g_1^{\text{წ}} = 0,375 \text{ ტ/მ}^2.$$

- 2) საექსპლუატაციო ბალასტისაგან:

- ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$g_2 = n g_2^{\text{წ}} = 1,3 \cdot 0,85 = 1,105 \text{ ტ/მ}^2;$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$g_2' = g_2^E = 0,85 \text{ ტ/მ}^2.$$

3) დამატებითი ბალასტისაგან:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$g_3 = n g_3^E = 1,3 \cdot 1,0 = 1,3 \text{ ტ/მ}^2;$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$g_3' = g_3^E = 1,0 \text{ ტ/მ}^2.$$

4) ვერტიკალური დროებითი მოძრავი დატვირთვისაგან:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$p = n(1 + \mu) p^E = 1,3 \cdot 1,433 \cdot 8,25 = 15,4 \text{ ტ/მ}^2$$

n გადატვირთვის კოეფიციენტი ([1] პ. 127):

$$n = 1,3 - 0,003\lambda;$$

$1 + \mu$ დინამიკური კოეფიციენტი (პ. 126):

$$1 + \mu = 1 + \frac{10}{20 + \lambda}.$$

თანახმად [1]-ისა (პ. 126) ბალასტის გობის ფილის (ან კონსოლის) გაანგარიშების დროს დატვირთვის სიგრძე $\lambda = 0$, ამიტომ $n = 1,3$. დინამიკურ კოეფიციენტს ვსაზღვრავთ შემდეგი ფორმულებით:

$$1 + \mu = 1 + \frac{10}{20 + 0} = 1,5, \text{ როდესაც } H = 0,25 \text{ მ ([1], პ. 126, ბ);}$$

$$1 + \mu = 1,0, \text{ როდესაც } H = 1,0 \text{ მ ([1], პ. 126, ბ).}$$

ვინაიდან ფაქტობრივად $H = 0,35$ მ, ამიტომ ვახდენთ ინტერპოლაციას, დაბოლოს:

$$1 + \mu = 1,5 - \frac{1,5 - 1,0}{1 - 0,25} \cdot (0,35 - 0,25) = 1,433.$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$p' = (1 + \mu) p^E = 1,433 \cdot 8,25 = 11,8 \text{ ტ/მ}^2.$$

ძალეების სიდიდეები

1. უდიდესი მღუნავი მომენტი (კონსოლის 1,0 მ სიგრძეზე ხიდის გრძივი მიმართულებით):

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$M = 0,5 [(g_1 + g_3) l_3^2 + g_2 a_1^2 + p a_2^2] =$$

$$=0,5 [(0,413+1,3) 1,25^2 + 1,105 \cdot 0,6^2 + 15,4 \cdot 0,5^2] = 3,48 \text{ ტ.მ}$$

$$\left(a_1 = l_3 - b_2 = 1,25 - 0,65 = 0,6 \text{ მ}; \right.$$

$$\left. a_2 = l_3 - \left(\frac{B}{2} - \frac{b_0}{2} \right) = 1,25 - \left(\frac{4,9}{2} - \frac{3,4}{2} \right) = 0,5 \text{ მ} \right);$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$M'_{max} = 0,5 [(g'_1 + g'_3) l_3^2 + g'_2 a_1^2 + p' a_2^2] =$$

$$= 0,5 [(0,375 + 1,0) \cdot 1,25^2 + 0,85 \cdot 0,6^2 + 11,8 \cdot 0,5^2] = 2,97 \text{ ტ.მ};$$

$$M'_{min} = 0,5 (g'_1 l_3^2 + g'_2 a_1^2) = 0,5 (0,375 \cdot 1,25^2 + 0,85 \cdot 0,6^2) = 0,496 \text{ ტ.მ.}$$

ძაბვების ციკლის ამბლიტუდა

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{M'_{min}}{M'_{max}} = \frac{0,496}{2,97} = 0,167.$$

2) ვანივი ძალა (მთავარ ძაბვებზე გაანგარიშებისათვის)

$$Q' = (g'_1 + g'_2) l_3 + g'_2 a_1 + p' a_2 =$$

$$= (0,375 + 1,0) \cdot 1,25 + 0,85 \cdot 0,6 + 11,8 \cdot 0,5 = 8,13 \text{ ტ.}$$

არმატურის კვეთის ფართობის (F_s -ს) განსაზღვრა

300 მარკის ბეტონის (A ჯგუფისა) საანგარიშო წინაღობა უდრის:
სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის (დანართი 3)

$$R_c = 150 \text{ კგ/სმ}^2;$$

გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის (დანართები 7 და 8)

$$R'_c = 115 \cdot k_p = 115 \cdot 1,033 = 119 \text{ კგ/სმ}^2$$

(115 კგ/სმ²-ს ვიღებთ მე-7 დანართიდან, k_p -ს ვიღებთ მე-8 დანართიდან ინტერპოლაციით).

$A-II$ კლასის არმატურისათვის (მარკა $Cr. 50H$) საანგარიშო წინაღობა უდრის:

სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის (დანართი 4)

$$R_s = 2400 \text{ კგ/სმ}^2;$$

გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის (დანართები 9 და 10)

$$R'_s = 1700 \cdot \gamma_s = 1700 \cdot 1,083 = 1840 \text{ კგ/სმ}^2$$

(1700 კგ/სმ²-ს ვიღებთ მე-9 დანართიდან, γ_s -ს ვიღებთ მე-10 დანართიდან ინტერპოლაციით).

არმატურის კვეთს ვანგარიშობთ (6), (12) და (13) ფორმულებით, ამასთან, ვიყენებთ 1-ლ და მე-2 ცხრილებს.

არმირების კოეფიციენტი μ განისაზღვრება შემდეგნაირად:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს

$$\frac{M}{R_{\text{с}} b h_0^2} = \frac{348000}{150 \cdot 100 \cdot 17^2} = 0,0803,$$

სადაც b არის კონსოლის საანგარიშო სიგანე ხიდის გრძივი მიმართულებით: $b = 100$ სმ;

h_0 — კონსოლის კვეთის საანგარიშო სიმაღლე:

$$h_0 = h_3 - a = 20 - 3 = 17 \text{ სმ.}$$

1-ლი ცხრილიდან ვპოულობთ:

$$\frac{R_s}{R_{\text{с}}} \cdot \mu = 0,085;$$

აქედან

$$\mu = 0,085 \cdot \frac{R_{\text{с}}}{R_s} = 0,085 \cdot \frac{150}{2400} = 0,0053;$$

ბ) ბეტონის გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს

$$\frac{M'}{R'_{\text{с}} b h_0^2} = \frac{M'_{\text{max}}}{R'_{\text{с}} b h_0^2} = \frac{297000}{119 \cdot 100 \cdot 17^2} = 0,087;$$

რასაც მე-2 ცხრილიდან შეესაბამება ($n' = 20$, ვინაიდან ბეტონის მარკა არის 300; იხ. დანართი 11):

$$\mu = 0,110\% = 0,0011;$$

გ) არმატურის გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს

$$\frac{M' n'}{R_s' b h_0^2} = \frac{297000 \cdot 20}{1840 \cdot 100 \cdot 17^2} = 0,112,$$

რასაც მე-2 ცხრილიდან შეესაბამება

$$\mu = 0,645\% = 0,00645.$$

საანგარიშოდ ვიღებთ არმირების კოეფიციენტის უდიდეს მნიშვნელობას, ე. ი. $\mu = 0,00645$. მაშინ არმატურის საჭირო განივკვეთი

$$F_s = \mu b h_0 = 0,00645 \cdot 100 \cdot 17 = 10,95 \text{ სმ}^2.$$

ვიღებთ $10 \varnothing 12$, $F_s = 11,3 \text{ სმ}^2$.

კვეთის შემოწმება სიმტკიცეზე

კვეთს ვამოწმებთ სიმტკიცეზე (1) ფორმულით, რისთვისაც წინასწარ ვსაზღვრავთ ბეტონის შეკუმშული ზონის x სიმაღლეს (3) ფორმულით:

$$x = \frac{R_s F_s}{R_c b} = \frac{2400 \cdot 11,3}{150 \cdot 100} = 1,8 \text{ სმ};$$

$$M = 348000 \text{ კგ. სმ} < R_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = \\ = 150 \cdot 100 \cdot 1,8 \left(17 - \frac{1,8}{2} \right) = 434000 \text{ კგ. სმ},$$

ე. ი. სიმტკიცის პირობა დაკმაყოფილებულია.

კვეთის შემოწმება გამძლეობაზე

წინასწარ ვსაზღვრავთ ბეტონის შეკუმშული ზონის x სიმაღლეს (10) ფორმულით და დაყვანილი კვეთის I_1 ინერციის მომენტს (11) ფორმულით:

$$x_1 = \frac{n' F_s}{b} \left(\sqrt{1 + \frac{2b h_0}{n' F_s}} - 1 \right) = \\ = \frac{20 \cdot 11,3}{100} \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{20 \cdot 11,3}} - 1 \right) = 6,8 \text{ სმ};$$

$$I_1 = \frac{b x_1^3}{3} + n' F_s (h_0 - x_1)^2 = \frac{100 \cdot 6,8^3}{3} + \\ + 20 \cdot 11,3 (17 - 6,8)^2 = 34000 \text{ სმ}^4.$$

შევამოწმოთ (7) და (8) ფორმულებით:

ძაბვა ბეტონში

$$\sigma_s = \frac{M'}{I_1} \cdot x_1 = \frac{297000}{34000} \cdot 6,8 = 59,4 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_c = 119 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ძაბვა არმატურაში

$$\sigma_s = n' \frac{M'}{I_1} (h_0 - x_1) = 20 \cdot \frac{297000}{34000} \cdot (17 - 6,8) = 1780 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_s = \\ = 1840 \text{ კგ/სმ}^2 \quad (\text{განსხვავება } 3,3\%).$$

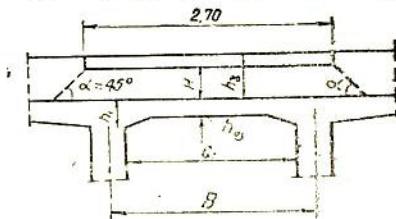
სასურველია, რომ განსხვავება σ_s და R'_s შორის არ აღემატებოდეს $\pm 5\%$.

კვეთის შემოწმება მთავარ ძაბვებზე განხილული იქნება მე-2 მაგალითში.

§ 10. რკინიგზის ხიდის სავალი ნაწილის ფილის გაანგარიშება

23-ე ნახაზზე მოცემულია კოჭური მალის ნაშენის სავალი ნაწილის განივი კრილი. დაახლოებით ასეთივე სახე აქვს ზედასვლის კამაროვან ხიდების სავალ ნაწილს, მხოლოდ აქ $B=2,6$ მ, კოჭურ ხიდებში კი $B=1,8 \div 2,0$ მ.

იმ შემთხვევაში, რო-



ნახ. 23

დესაც $\frac{c_2}{c_1} \gg 2$, ფილას ან-

გარიშობენ როგორც კოჭურ კონსტრუქციას, დაყრდნობილს გრძელი გვერდებით.

აქ c_1 არის ფილის მოკლე

გვერდი (კოჭების წიბოებს შორის მანძილი), c_2 — ფილის გრძელი გვერდი (დიაფრაგმებს შორის მანძილი).

ფილის საანგარიშო მალი l_1 :

$$l_1 = c_1 + h_{\text{ფ.}}$$

ვინაიდან ფილა ხისტად შეერთებულია გრძელ კოჭებთან, მღუნავი მომენტების სიდიდეები ტოლია:

შუამალში

$$M_{0,5} = 0,5 \cdot \frac{ql_1^2}{8};$$

საყრდენზე

$$M_0 = -0,7 \cdot \frac{ql_1^2}{8} = -\frac{0,7}{0,5} \cdot M_{0,5} = -1,4 \cdot M_{0,5}$$

სადაც q მუდმივი და დროებითი დატვირთვის ინტენსიურობაა.

თუ მალის ნაგებობა შედგენილია ორტესერო კოჭებისაგან, ფილა ნაკლებად არის ჩამაგრებული კოჭებში (კოჭის კედლის სისქე არ აღემატება 12—14 სმ-ს) და ამიტომ ფილას ვანგარიშობთ არა როგორც ხისტად ჩამაგრებულს, არამედ როგორც ორკონსოლიან კოჭს c_0 მალით (ნახ. 33, ა). ამ შემთხვევაში მღუნავი მომენტი შუამალში უდრის

$$M_{0,5} = \frac{qc_0^2}{8}.$$

მაგალითი 2. საჭიროა განისაზღვროს არმატურის კვეთის ფართობი ფილის შუამალში და საყრდენზე შემდეგი მონაცემების მიხედვით: $\epsilon_1=1,9$ მ (ნახ. 23); $h_0=0,2$ მ; $h_1=0,28$ მ; $h_2=0,5$ მ; დატვირთვა—C14; ბეტონის მარკა 300; არმატურის კლასი A-II (Ст. 5 сш); $l_1=1,9+0,2=2,1$ მ.

გადაწყვეტა. ფილას ვანგარიშობთ $1,0$ მ² მოსულ დატვირთვებზე. ფილაზე მოქმედებენ: მისი საკუთარი წონა, ბალასტის წონა ლიანდაგის ნაწილების ჩათვლით. დროებითი ვერტიკალური დატვირთვა მოძრავი შედგენილობისაგან (თანაბრად განაწილებული).

1. ნორმატიული დატვირთვების სიდიდეები:

1) ფილის საკუთარი წონისაგან

$$g_1^{\text{ფ}} = h_0 \gamma = 0,20 \cdot 2,5 = 0,5 \text{ ტ/მ}^2$$

(h_0 ფილის სისქეა; γ — ფილის მოცულობითი წონა);

2) ბალასტის წონისაგან

$$g_2^{\text{ფ}} = h_2 \gamma_2 = 0,5 \cdot 2,0 = 1,0 \text{ ტ/მ}^2$$

(h_2 ბალასტის სისქეა; γ_2 — ბალასტის მოცულობითი წონა ლიანდაგის ნაწილების ჩათვლით);

3) დროებითი მოძრავი დატვირთვისაგან

$$p^{\text{ფ}} = 8,25 \text{ ტ/მ}^2 \text{ (იხ. გვ. 38).}$$

2. საანგარიშო დატვირთვების სიდიდეები:

1) ფილის საკუთარი წონისაგან:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$g_1 = n g_1^{\text{ფ}} = 1,1 \cdot 0,5 = 0,55 \text{ ტ/მ}^2$$

(n გადატვირთვის კოეფიციენტი);

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$g_1' = g_1^{\text{ფ}} = 0,5 \text{ ტ/მ}^2;$$

2) ბალასტის წონისაგან:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$g_2 = n g_2^{\text{ფ}} = 1,3 \cdot 1,0 = 1,3 \text{ ტ/მ}^2;$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$g_2' = g_2^{\text{ფ}} = 1,0 \text{ ტ/მ}^2;$$

3) დროებითი მოძრავი დატვირთვისაგან:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$p = n(1 + \mu) p^6 = 1,3 \cdot 1,433 \cdot 8,25 = 15,4 \text{ ტ/მ}^2 \text{ (იხ. გვ. 39);}$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$p' = (1 + \mu) p^6 = 1,433 \cdot 8,25 = 11,8 \text{ ტ/მ}^2 \text{ (იხ. გვ. 39).}$$

3. მღუნავი მომენტების სიდიდეები შუამალში

(ფილის 1,0 მ სიგანეზე ხიდის გრძივი მიმართულებით):

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$M_{0,5} = 0,5 \frac{(g_1 + g_2 + p) l_1^2}{8} = 0,5 \frac{(0,55 + 1,3 + 15,4) 2,1^2}{8} = 4,76 \text{ ტ.მ;}$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$\begin{aligned} \max M'_{0,5} &= M'_g + M'_{p'} = 0,5 \frac{(g'_1 + g'_2) l_1^2}{8} + 0,5 \frac{p' l_1^2}{8} = \\ &= 0,5 \cdot \frac{(0,5 + 1,0) 2,1^2}{8} + 0,5 \cdot \frac{11,8 \cdot 2,1^2}{8} = 0,41 + 3,26 = 3,67 \text{ ტ.მ;} \end{aligned}$$

ძაბვების ციკლის ამპლიტუდა

$$\rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{\min M'_{0,5}}{\max M'_{0,5}} = \frac{0,41}{3,67} = 0,112.$$

4. მღუნავი მომენტების სიდიდეები საყრდენზე

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$M_0 = -1,4 M_{0,5} = -1,4 \cdot 4,76 = -6,67 \text{ ტ.მ (იხ. გვ. 43);}$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$\max M'_0 = -1,4 \max M'_{0,5} = -1,4 \cdot 3,67 = -5,14 \text{ ტ.მ;}$$

$$\min M'_0 = -1,4 \min M'_{0,5} = -1,4 \cdot 0,41 = -0,574 \text{ ტ.მ;}$$

$$\rho = \frac{0,574}{5,14} = 0,112.$$

5. განივი ძალის სიდიდე საყრდენზე მთავარ ძაბვებზე გაანგარიშებისათვის

$$Q_0 = \frac{(g'_1 + g'_2 + p') l_1}{2} = \frac{(0,5 + 1,0 + 8,25) 2,1}{2} = 10,3 \text{ ტ} = 10300 \text{ კგ.}$$

6. ბეტონისა და არმატურის საანგარიშო წინაღობები

300 მარკის ბეტონის საანგარიშო წინაღობა უდრის:
სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის (დანართი 3)

$$R_c = 150 \text{ კგ/სმ}^2;$$

გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$R'_c = 115 \cdot k_p = 115 \cdot 1,005 = 115,5 \text{ კგ/სმ}^2$$

(115 კგ/სმ²-ს ვიღებთ მე-7 დანართიდან, k_p -ს ვიღებთ მე-8 დანართიდან ინტერპოლაციით).

A-II კლასის არმატურისათვის წინაღობა უდრის:
სიმტკიცეზე გაანგარიშებისას (დანართი 4)

$$R_s = 2400 \text{ კგ/სმ}^2;$$

გამძლეობაზე გაანგარიშებისას

$$R'_s = 1700 \cdot \gamma_s = 1700 \cdot 1,055 = 1790 \text{ კგ/სმ}^2$$

(1700 კგ/სმ² ს ვიღებთ მე-9 დანართიდან, γ_s ვიღებთ მე-10 დანართიდან ინტერპოლაციით).

7. არმატურის კვეთის F_a ფართობის განსაზღვრა

ფილის საანგარიშო h_0 სიმაღლე (ნახ. 24) უდრის:

შუამალში

$$h_0 = h_{\text{შ}} - a = 20 - 3 = 17 \text{ სმ};$$

საყრდენზე

$$h_0 = h_1 - a = 28 - 3 = 25 \text{ სმ}.$$

არმირების კოეფიციენტი μ
განისაზღვრება შემდეგნაირად:

1) შუამალში:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს (ფორმ. (6))

$$\frac{M_{0,5}}{R_c b h_0^2} = \frac{476000}{150 \cdot 100 \cdot 17^2} = 0,11,$$

ჩასაც 1-ლი ცხრილიდან შეესაბამება

$$\frac{R_s}{R_c} \cdot \mu = 0,117;$$

აქედან

$$\mu = 0,117 \cdot \frac{R_{\Sigma}}{R_0} = 0,117 \cdot \frac{150}{2400} = 0,0073;$$

ბ) ბეტონის გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს (ფორმ. (12))

$$\frac{\max M'_{0,5}}{R'_{\Sigma} b h_0^2} = \frac{367000}{115,5 \cdot 100 \cdot 17^3} = 0,11,$$

რასაც მე-2 ცხრილიდან შეესაბამება ($n' = 20$, იხ. დან. 11):

$$\mu = 0,1905\% = 0,001905;$$

გ) არმატურის გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს (ფორმ. (13))

$$\frac{\max M'_{0,5} n'}{R'_{\Sigma} b h_0^2} = \frac{367000 \cdot 20}{1790 \cdot 100 \cdot 17^2} = 0,142,$$

რასაც მე-2 ცხრილიდან შეესაბამება

$$\mu = 0,83\% = 0,0083.$$

საანგარიშოდ ვიღებთ არმირების კოეფიციენტის უდიდეს მნიშვნელობას, ე. ი.

$$\mu = 0,0083.$$

არმატურის კვეთის ფართობი ყოფილა:

$$F_a = \mu b h_0 = 0,0083 \cdot 100 \cdot 17 = 14,1 \text{ სმ}^2;$$

ვიღებთ $10 \varnothing 14$, $F_a = 15,4 \text{ სმ}^2$ (ნახ. 24, ა).

2) საყრდენზე:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს

$$\frac{M_0}{R_{\Sigma} b h_0^2} = \frac{667000}{150 \cdot 100 \cdot 25^2} = 0,071,$$

რასაც 1-ლი ცხრილიდან შეესაბამება

$$\frac{R_0}{R_{\Sigma}} \cdot \mu = 0,074;$$

აქედან

$$\mu = 0,074 \cdot \frac{R_{\Sigma}}{R_0} = 0,074 \cdot \frac{150}{2400} = 0,00462;$$

ბ) ბეტონის გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს

$$\frac{\max M_0'}{R'_{\Sigma} b h_0^2} = \frac{514000}{115,5 \cdot 100 \cdot 25^2} = 0,071,$$

რასაც მე-2 ცხრილიდან შეესაბამება ($n' = 20$)

$$\mu = 0,075\% = 0,00075;$$

გ) არმატურის გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს

$$\frac{\max M_0' \cdot n'}{R_s b h_0^2} = \frac{514000 \cdot 20}{1790 \cdot 100 \cdot 25^2} = 0,092;$$

რასაც მე-2 ცხრილიდან შეესაბამება

$$\mu = 0,525\% = 0,00525.$$

საანგარიშოდ ვიღებთ $\mu = 0,00525$, მაშინ არმატურის კვეთის ფართობი იქნება:

$$F_s = \mu b h_0 = 0,00525 \cdot 100 \cdot 25 = 13,12 \text{ სმ}^2;$$

ვიღებთ $9 \oslash 14$, $F_s = 13,87 \text{ სმ}^2$ (ნახ. 24, ბ).

8. ფილის კვეთის შემოწმება სიმტკიცეზე

ა) შუამალში ($F_s = 15,4 \text{ სმ}^2$):

ბეტონის შეკუმშული ზონის x სისქეს ვსაზღვრავთ (3) ფორმულით:

$$x = \frac{R_s F_s}{R_c b} = \frac{2400 \cdot 15,4}{150 \cdot 100} = 2,46 \text{ სმ};$$

სიმტკიცეზე გამოწმება (1) ფორმულით:

$$\begin{aligned} M_{0,5} &= 47600 \text{ კგ. სმ} < R_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = \\ &= 150 \cdot 100 \cdot 2,46 \left(17 - \frac{2,46}{2} \right) = 582000 \text{ კგ. სმ}, \end{aligned}$$

მაშასადამე, სიმტკიცის პირობა დაკმაყოფილებულია.

ბ) საყრდენზე ($F_s = 13,87 \text{ სმ}^2$):

$$x = \frac{2400 \cdot 13,87}{150 \cdot 100} = 2,2 \text{ სმ}.$$

$$\begin{aligned} M_0 &= 667000 \text{ კგ. სმ} < R_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = \\ &= 150 \cdot 100 \cdot 2,2 \left(25 - \frac{2,2}{2} \right) = 789000 \text{ კგ. სმ}, \end{aligned}$$

მაშასადამე, სიმტკიცის პირობა დაკმაყოფილებულია.

9. ფილის კვეთის შემოწმება გამძლეობაზე

გამძლეობაზე ვამოწმებთ შუამალის კვეთს. 300 მარკის ბეტონისათვის $n' = \frac{E_s}{E_b} = 20$ (იხ. დან. 11).

ბეტონის შეკუმშული ზონის x_1 სიმაღლე უდრის (ფორმ. (10)):

$$x_1 = \frac{n' F_s}{b} \left(\sqrt{1 + \frac{2bh_0}{n' F_s}} - 1 \right) = \\ = \frac{20 \cdot 15,4}{100} \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{20 \cdot 15,4}} - 1 \right) = 7,6 \text{ სმ.}$$

დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ უდრის (ფორმ. (11)):

$$I_1 = \frac{bx_1^3}{3} + n' F_s (h_0 - x_1)^2 = \frac{100 \cdot 7,6^3}{3} + 20 \cdot 15,4 (17 - 7,6)^2 = 41800 \text{ სმ}^4.$$

ძაბვები ბეტონში (ფორმ. (7)):

$$\sigma_b = \frac{M_0'}{I_1} \cdot x_1 = \frac{514000}{41800} \cdot 7,6 = 75,4 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_b = 115,3 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ძაბვები არმატურაში (ფორმ. (8)):

$$\sigma_s = n' \frac{M_0'}{I_1} (h_0 - x_1) = 20 \cdot \frac{367000}{41800} (17 - 7,6) = \\ = 1650 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_s = 1790 \text{ კგ/სმ}^2.$$

მაშასადამე, გამძლეობის პირობები დაკმაყოფილებულია.

10. ფილის კვეთის შემოწმება მთავარ ძაბვებზე

მთავარ გამჭიმავ ძაბვებს ($\sigma_{\alpha\beta}$) ვსაზღვრავთ (54) ფორმულით, რისთვისაც საჭიროა ნეიტრალური ღერძის მდებარეობის (x -ის) განსაზღვრა (60) და (62) ფორმულებით.

(63) ფორმულაში:

$$F'_s = 0; n_1 = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2100000}{315000} = 6,67,$$

მაშინ

$$A = \frac{n_1 F_s}{b} = \frac{6,67 \cdot 13,87}{100} = 0,92 \text{ სმ};$$

$$x = -A + \sqrt{A^2 + \frac{2n_1}{b} \cdot F_s \cdot h_0} = \\ = -0,92 + \sqrt{0,92^2 + \frac{2 \cdot 6,67}{100} \cdot 13,87 \cdot 25} = 6,0 \text{ სმ};$$

შეკუმშული ზონის სტატიკური მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ (ფორმ. (55)):

$$S = \frac{bx^2}{2} = \frac{100 \cdot 6,0^2}{2} = 1800 \text{ სმ}^3;$$

დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ (ფორმ. (57)):

$$I = \frac{bx^3}{3} + n_1 \cdot F_1 (h_0 - x)^2 = \frac{100 \cdot 6,0^3}{3} + 6,67 \cdot 13,87 (25 - 6,0)^2 = 40400 \text{ სმ}^4.$$

მთავარი გამჭიმავი ძაბვები:

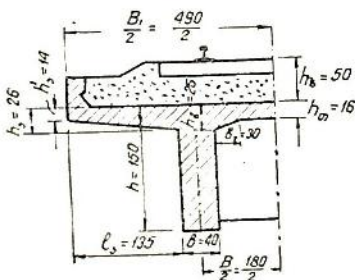
$$\sigma_{\pm 3} = \frac{Q_0^5 S}{Ib} = \frac{10300 \cdot 1800}{40400 \cdot 100} = 4,6 \text{ კგ/სმ}^2 < R_{\pm 3, \text{ფ}} = 32 \text{ კგ. სმ}^2 \text{ (300 მარკის ბეტონისათვის)}.$$

მაშასადამე, (54) პირობა დაკმაყოფილებულია.

§ 11. მონოლითური მალის ნაშენის კოპის გაანგარიშება

მონოლითური კრილკოქოვანი მალის ნაშენი დაუძაბავი რკინაბეტონისაგან კეთდება მცირე მალეების დროს, სამუშაოების გაადვილების მიზნით მალის ნაგებობის წიბოების რაოდენობას მუდმივი სისქის მალის მთელ სიგრძეზე 2-ის ტოლს ღებულობენ.

ასეთი მალის ნაშენის გაანგარიშებისათვის საკმარისია განისაზღვროს მღუნავი მომენტების სიდიდეები შუამალში და მალის მეოთხედში, ხოლო განივი ძალების სიდიდეები — საყრდენზე და შუამალში.



ნახ. 25

ვინაიდან მუდმივი და დროებითი ვერტიკალური მოძრავი დატვირთვები სიმეტრიულად მოდებულია მალის ნაგებობაზე, წიბოს გაანგარიშებისათვის ვიღებთ მალის ნაშენზე მოსული მთლიანი მუდმივი და დროებითი დატვირთვების ნახევარს.

წიბოს გაანგარიშება ხდება: პირველ ზღვრულ მდგომარეობაზე,

(სიმტკიცესა და გამძლეობაზე), მეორე ზღვრულ მდგომარეობაზე (ჩა-
ლუნვაზე) და მესამე ზღვრულ მდგომარეობაზე (ბზარმედგობაზე).

მაგალითი 3. საპირობა ქრილკოპოვანი მალის ნაშენის წიბოს გაან-
გარიშება (ნახ. 25) შემდეგი მონაცემების მიხედვით: საანგარიშო მალი
 $l=10,8$ მ; წიბოების ღერძებს შორის მანძილი $B=1,8$ მ; დატვირთვა—
C 14; ბეტონის მარკა 300; არმატურის კლასი A—II; მოცულობითი წო-
ნა: ბალასტისა — $\gamma_a=2,0$ ტ/მ³ (ლიანდაგის ნაწილების ჩათვლით); რკი-
ნაბეტონისა — $\gamma=2,5$ ტ/მ³.

1. ნორმატიული დატვირთვები

წიბოზე მოსული მუდმივი დატვირთვა შედგება ბალასტისა და აგ-
რეთვე ფილისა და წიბოს (რკინაბეტონის) წონებისაგან. გაანგარიშების
გამარტივების მიზნით ბალასტის სისქეს ვიღებთ $h_a=0,5$ მ-ს ხიდის
მთელ სიგანეზე, ფილის თაროს საშუალო სისქეს კი $h'_a=0,25$ მ-ს
(დიაფრაგმებისა და ფილის დამცველი შრის ჩათვლით).

ნორმატიული დატვირთვების სიდიდეები ტოლია:

ა) ბალასტისაგან

$$g_1^6 = h_a \frac{B_1}{2} \gamma_a = 0,5 \cdot \frac{4,9}{2} \cdot 2,0 = 2,45 \text{ ტ/მ};$$

ბ) ფილისაგან

$$g_2^6 = h'_a \frac{B_1}{2} \gamma = [0,25 \cdot \frac{4,9}{2} \cdot 2,5 = 1,53 \text{ ტ/მ};$$

გ) წიბოსაგან

$$g_3^6 = b(h - h'_a) \gamma = 0,40 \cdot (1,5 - 0,25) \cdot 2,5 = 1,32 \text{ ტ/მ};$$

დ) მთელი მუდმივი ნორმატიული დატვირთვისაგან

$$g^6 = g_1^6 + g_2^6 + g_3^6 = 2,45 + 1,53 + 1,32 = 5,30 \text{ ტ/მ};$$

ე) დროებითი ვერტიკალური მოძრავი დატვირთვისაგან

$$p^6 = k_x \varepsilon_0.$$

სადაც ε_0 არის დატვირთვის ნაწილი, რომელიც გადაეცემა ერთ წი-
ბოს, ე. ი. $\varepsilon_0=0,5$;

k_x — ეკვივალენტური დატვირთვა C 14-საგან, რომლის მნიშვნე-
ლობას ვიღებთ 1-ლი დანართიდან. დატვირთვის λ სიგ-
რძისა და გავლენის ხაზის წვეროს α მდებარეობის მიხედვით.

ვინაიდან ჩვენს მაგალითში $l=10,8$ მ ≤ 25 მ, ამიტომ (იხ. გვ. 29)
 k_x -ს სიდიდეს ვიღებთ ცხრილის იმ სვეტიდან, რომელიც შეესაბამება
 $\alpha=0,5$ -ს.

მაშასადამე:

ა) მლუნავი მომენტების გაანგარიშებისათვის ($\lambda = 10,8$ მ):

$$p^6 = 21,48 \cdot 0,5 = 10,74 \text{ ტ/მ};$$

ბ) განივი ძალების გაანგარიშებისათვის:

საყრდენ კვეთში ($\lambda = 10,8$ მ)

$$p^6 = 21,48 \cdot 0,5 = 10,74 \text{ ტ/მ};$$

შუამალის კვეთში ($\lambda = \frac{l}{2} = 5,4$ მ)

$$p_1^6 = 25,0 \cdot 0,5 = 14,26 \text{ ტ/მ}.$$

2. ნორმატიული მლუნავი მომენტები და განივი ძალები

მლუნავი მომენტები M და განივი ძალები Q ისაზღვრება გავლენის ხაზებით, რომლებიც აგებულია 26-ე ნახაზზე; აქვე მოცემულია გავლენის ხაზის ფართობების სიდიდეები (ა).

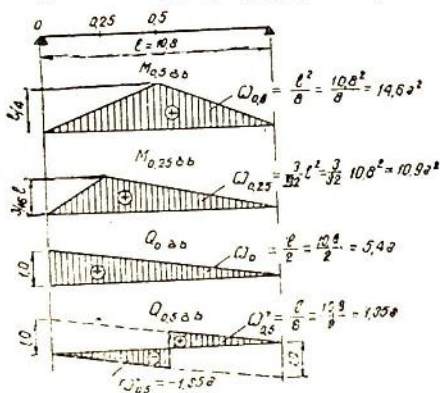
ნორმატიული მლუნავი მომენტების სიდიდეები ტოლია:

1) შუამალში:

ა) ბალასტიკიდან

$$\begin{aligned} M_{0,5g}^6 &= g_1^6 \omega_{0,5} = \\ &= 2,45 \cdot 14,6 = \\ &= 35,8 \text{ ტ. მ}; \end{aligned}$$

ბ) ფილისა და წიბოსაგან



ნახ. 26

$$M_{0,5(p_2+g_2)}^6 = (g_2^6 + g_3^6) \omega_{0,5} = (1,53 + 1,32) 14,6 = 41,6 \text{ ტ. მ};$$

გ) მთელი მუდმივი დატვირთვისაგან

$$M_{0,5g}^6 = g^6 \omega_{0,5} = 5,30 \cdot 14,6 = 77,4 \text{ ტ. მ};$$

დ) ღრობითი დატვირთვისაგან

$$M_{0,5p}^6 = p^6 \omega_{0,5} = 10,74 \cdot 14,6 = 157,0 \text{ ტ. მ}.$$

2) მალის მეოთხედში:

ა) ბალასტისაგან

$$M_{0,25g_1}^5 = g_1^5 \omega_{0,25} = 2,45 \cdot 10,9 = 26,7 \text{ ტ. მ};$$

ბ) ფილისა და წიბოსაგან

$$M_{0,25(g_2+g_3)}^5 = (1,53 + 1,32) 10,9 = 31,0 \text{ ტ. მ};$$

გ) მთელი მუდმივი დატვირთვებისაგან

$$M_{0,25g}^5 = g^5 \omega_{0,25} = 5,3 \cdot 10,9 = 57,7 \text{ ტ. მ};$$

დ) ღროებითი დატვირთვებისაგან

$$M_{0,25}^5 = p^5 \omega_{0,25} = 10,74 \cdot 10,9 = 117,0 \text{ ტ. მ.}$$

ნორმატიული განივი ძალების სიდიდეები ტოლია:

1) საყრდენზე:

ა) ბალასტისაგან

$$Q_{0g_1}^5 = g_1^5 \omega_0 = 2,45 \cdot 5,4 = 13,2 \text{ ტ};$$

ბ) ფილისა და წიბოსაგან

$$Q_{0(g_2+g_3)}^5 = (g_2^5 + g_3^5) \omega_0 = (1,53 + 1,32) \cdot 5,4 = 15,4 \text{ ტ};$$

გ) მთელი მუდმივი დატვირთვისაგან

$$Q_{0g}^5 = g^5 \omega_0 = 5,3 \cdot 5,4 = 28,6 \text{ ტ};$$

დ) ღროებითი დატვირთვისაგან

$$Q_{0p}^5 = p^5 \omega_0 = 10,74 \cdot 5,4 = 58 \text{ ტ.}$$

2) შუამალში ღროებითი დატვირთვისაგან

$$Q_{0,5p}^5 = p_1^5 \omega_{0,5} = 14,26 \cdot 1,35 = 19,2 \text{ ტ.}$$

(მუდმივი დატვირთვისაგან $Q=0$, ვინაიდან $\omega_{0,5}^+$ და $\omega_{0,5}^-$ ტოლია და აბათილებენ ერთმანეთს).

3. საანგარიშო მლუნავი მომენტები და განივი ძალები

1) საანგარიშო მომენტების სიდიდეები:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს:

შუამალში

$$M_{0,5} = n_1 M_{0,5g_1}^5 + n_2 M_{0,5(g_2+g_3)}^5 + n_3 (1 + \mu) M_{0,5p}^5 = 1,3 \cdot 35,8 + 1,1 \cdot 41,6 + 1,268 \cdot 1,324 \cdot 157,0 = 46,5 + 45,7 + 264,0 = 356,2 \text{ ტ. მ,}$$

სადაც n_1 , n_2 და n_3 გადატვირთვის კოეფიციენტებია: $n_1=1,3$; $n_2=1,1$ (იხ. [1], პ. 115); $n_3=1,3-0,003\lambda=1,3-0,003 \cdot 10,8=1,268$;

$1+\mu$ დინამიკური კოეფიციენტი:

$$1+\mu=1+\frac{10}{20+\lambda}=1+\frac{10}{20+10,8}=1,324;$$

მეოთხედში

$$\begin{aligned} M_{0,25} &= n_1 M_{0,25\sigma_1}^5 + n_2 M_{0,25(\sigma_2+\sigma_3)}^5 + n_3 (1+\mu) M_{0,25\rho}^5 = \\ &= 1,3 \cdot 26,7 + 1,1 \cdot 31,0 + 1,268 \cdot 1,324 \cdot 117,0 = \\ &= 34,7 + 34,1 + 196,0 = 264,8 \text{ ტ. მ.} \end{aligned}$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს:

შუამალში

$$M'_{0,5} = M_{0,5\sigma}^5 + (1+\mu) M_{0,5\rho}^5 \cdot \epsilon = 77,4 + 1,324 \cdot 157,0 \cdot 0,85 = 254,2 \text{ ტ. მ.}$$

(ϵ კოეფიციენტის სიდიდე იხ. გვ. 31);

ბალის მეოთხედში

$$M'_{0,25} = M_{0,25\sigma}^5 + (1+\mu) M_{0,25\rho}^5 \cdot \epsilon = 57,7 + 1,324 \cdot 117,0 \cdot 0,85 = 189,8 \text{ ტ.}$$

2) საანგარიშო განივი ძალების სიდიდეები:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის:

საყრდენზე

$$\begin{aligned} Q &= n_1 Q_{0\sigma_1}^5 + n_2 Q_{0(\sigma_2+\sigma_3)}^5 + n_3 (1+\mu) Q_{0\rho}^5 = \\ &= 1,3 \cdot 13,2 + 1,1 \cdot 15,4 + 1,268 \cdot 1,324 \cdot 58,0 = \\ &= 17,1 + 16,9 + 97,3 = 131,3 \text{ ტ.} \end{aligned}$$

შუამალში

$$Q_{0,5} = \pm n_3 (1+\mu) Q_{0,5\rho}^5 = \pm 1,284 \cdot 1,324 \cdot 19,2 = 32,8 \text{ ტ.}$$

$$(n_3=1,3-0,003\lambda=1,3-0,003 \cdot 5,4=1,284);$$

ბ) მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე გაანგარიშებისათვის:

საყრდენზე

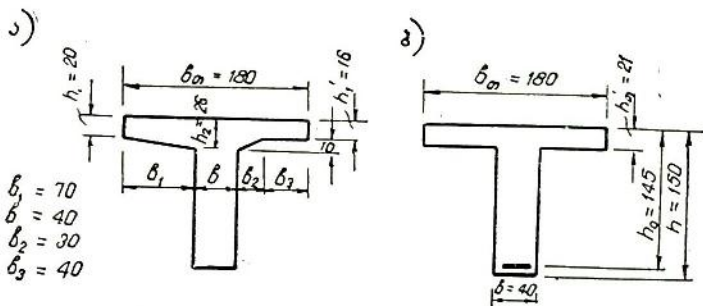
$$Q_0^5 = Q_{0\sigma}^5 + Q_{0\rho}^5 = 28,6 + 58,0 = 86,6 \text{ ტ.}$$

შუამალში

$$Q_{0,5}^5 = Q_{0,5\rho}^5 = 16,8 \text{ ტ.}$$

4. თაროს საანგარიშო ზომებისა და კოქის არმატურის
კვეთის განსაზღვრა

ტესტბრი კოქის გაანგარიშებისათვის საჭიროა დავადგინოთ კოქის
თაროს სიგანე — $b_{\text{თ}}$ (ნახ. 27, ა) და თაროს დაყვანილი სისქე — $h_{\text{თ}}$
(ნახ. 27, ბ).



ნახ. 27

თანახმად [1]-ისა (პ. 180), თაროს საანგარიშო სიგანე უნდა იყოს
არაუმეტესი წიბოების ღერძებს შორის მანძილისა, ე. ი.

$$b_{\text{თ}} = B = 1,8 \text{ მ.}$$

ფილის (თაროს) დაყვანილი სისქე შეიძლება გამოვიანგარიშოთ
შემდეგი ფორმულით:

$$\begin{aligned} h_{\text{თ}} &= \frac{0,5 [(h_1 + h_2) b_1 + (h_2 + h_1') b_2] + h_1' b_3}{b_{\text{თ}} - b} = \\ &= \frac{0,5 \cdot [(0,20 + 0,26) \cdot 0,70 + (0,26 + 0,16) \cdot 0,30] + 0,16 \cdot 0,39}{1,8 - 0,40} = \\ &= 0,205 \text{ მ} \approx 0,21 \text{ მ (ნახ. 27, ბ).} \end{aligned}$$

F_a არმატურის ფართობის განსაზღვრისათვის შევამოწმოთ პირო-
ბა (32) შუამალის კვეთისათვის, სადაც მოქმედებს $M_{0,5} = 356,2$ ტ. მ:

$$\begin{aligned} M_{0,5} &= 35620000 \text{ კგ. სმ} < R_{\text{ლ}} b_{\text{თ}} h_{\text{თ}} \left(h_0 - \frac{h_{\text{თ}}}{2} \right) = \\ &= 150 \cdot 180 \cdot 21 \left(140 - \frac{21}{2} \right) = 73400000 \text{ კგ. სმ.} \end{aligned}$$

($h_0 = h - a = 150 - 10 = 140$ სმ, სადაც a მიახლოებითია). მაშასადა-
მე, ნეიტრალური ღერძი გადის ფილაში; ვინაიდან ფარდობა $\frac{h'_{\text{თ}}}{h_0} =$

$$= \frac{0,21}{1,40} = 0,15 < 0,2, \text{ არმატურის საჭირო განივი კვეთის ფართობი } F_s$$

შეგვიძლია გამოვთვალოთ (40) ფორმულით:

$$F_s = \frac{M}{R_s \left(h_0 - \frac{h_{\sigma}}{2} \right)}$$

(საანგარიშო წინაღობები უდრის: 300 მარკის ბეტონისათვის $R_c = 150$ კგ/სმ²; A-II კლასის ფოლადისათვის $R_s = 2400$ კგ/სმ²).

არმატურის განივი კვეთის ფართობი უდრის:

შუამალში ($M_{0,5} = 356,2$ ტ. მ)

$$F_s = \frac{35620000}{2400 \cdot \left(140 - \frac{21}{2} \right)} = 115 \text{ სმ}^2,$$

ვიღებთ $24 \nabla 25$, $F_s = 117,8$ სმ²;

მაღის მეოთხედში ($M_{0,25} = 264,8$ ტ. მ.)

$$F_s = \frac{26480000}{2400 \cdot \left(142 - \frac{21}{2} \right)} = 84,2 \text{ სმ}^2,$$

ვიღებთ $18 \nabla 25$, $F_s = 88,4$ სმ².

5. კოჭის კვეთების შემოწმება სიმტკიცეზე

კოჭის კვეთებს სიმტკიცეზე ვამოწმებთ (1) – (3) ფორმულებით, მხოლოდ b უნდა შევცვალოთ b_{σ} -ით.

1) კვეთის შემოწმება შუამალში ($M_{0,5} = 356$ ტ. მ):

$$x = \frac{R_s F_s}{R_c b_{\sigma}} = \frac{2400 \cdot 117,8}{150 \cdot 180} = 10,5 \text{ სმ};$$

მაშინ

$$R_c b_{\sigma} x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = 150 \cdot 180 \cdot 10,5 \cdot \left(140 - \frac{10,5}{2} \right) = 38200000 \text{ კგ. სმ} > M_{0,5} = 35620000 \text{ კგ. სმ}.$$

მაშასადამე, კვეთის სიმტკიცე საკმარისია.

2) კვეთის შემოწმება მაღის მეოთხედში ($M_{0,25} = 264,8$ ტ. მ):

$$x = \frac{2400 \cdot 88,4}{150 \cdot 180} = 7,8 \text{ სმ},$$

მაშინ

$$150 \cdot 180 \cdot 7,8 \cdot \left(142 - \frac{7,8}{2}\right) = 29100000 \text{ კგ. სმ} > M_{0,25} = 26480000 \text{ კგ. სმ},$$

ე. ი. კვეთის სიმტკიცე საკმარისია.

6. კოჭის კვეთების გაანგარიშება გამძლეობაზე

კოჭის კვეთებს გამძლეობაზე ვანგარიშობთ (42), (44), (7) და (8) ფორმულებით. 300 მარკის ბეტონისათვის $n' = 20$ (დანართი 11):

1) კვეთის შემოწმება შუამალში ($M'_{0,5} = 245,2$ ტ. მ: $M'_{0,5g} = 77,4$ ტ. მ):
ძაბვების ციკლის ამპლიტუდა

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{M'_{0,5g}}{M'_{0,5}} = \frac{77,4}{254,2} = 0,304,$$

რასაც შეესაბამება:

მე-8 დანართიდან $k_p = 1,102$;

მე-10 დანართიდან $\gamma_a = 1,204$.

საანგარიშო წინაღობები გამძლეობაზე:

$$R'_c = 150 \cdot k_p = 115 \cdot 1,102 = 127 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$R'_s = 1700 \cdot \gamma_a = 1700 \cdot 1,204 = 2050 \text{ კგ/სმ}^2;$$

A სიდიდეს ვსაზღვრავთ (43) ფორმულიდან:

$$A = \frac{n' F_s + (b_0 - b) h_0}{b} = \frac{20 \cdot 117,8 + (180 - 40) 21}{40} = 133 \text{ სმ},$$

მაშინ

$$\begin{aligned} x_1 &= -A + \sqrt{A^2 + \frac{h_0^2 (b_0 - b) + 2n' F_s h_0}{b}} = -133 + \\ &+ \sqrt{133^2 + \frac{21^2 (180 - 40) + 2 \cdot 20 \cdot 117,8 \cdot 140}{40}} = \\ &= -133 + 189 = 56 \text{ სმ}. \end{aligned}$$

კოჭის დაყვანილი ინერციის მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ (ფორმულით (44), როდესაც $F_s = 0$):

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{b_0 x_1^3}{3} - \frac{(b_0 - b) (x_1 - h_0)^3}{3} + n' F_s (h_0 - x_1)^2 = \\ &= \frac{180 \cdot 56^3}{3} - \frac{(180 - 40) (56 - 21)^3}{3} + 20 \cdot 117,8 (140 - 56)^2 = \\ &= 10530000 - 2000000 + 16600000 = 25130000 \text{ სმ}^4; \end{aligned}$$

ძაბვების სიდიდეები:

ბეტონში (7) ფორმულით):

$$\sigma_a = \frac{M'_{0,5}}{I_1} x_1 = \frac{24520000}{25130000} \cdot 56 = 54,6 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_c = 127 \text{ კგ/სმ}^2;$$

არმატურაში (8) ფორმულით):

$$\begin{aligned} \sigma_a &= n' \cdot \frac{M'_{0,5}}{I_1} (h_0 - x_1) = 20 \cdot \frac{24520000}{25130000} \cdot (140 - 56) = \\ &= 1640 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_a = 2050 \text{ კგ/სმ}^2. \end{aligned}$$

მაშასადამე, კოჭის კვეთი აკმაყოფილებს გამძლეობის პირობებს.

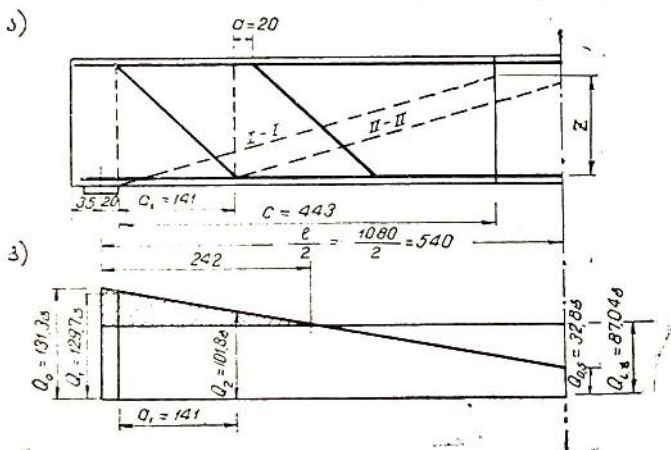
2) კვეთის შემოწმება მეოთხედში ($M'_{0,25} = 210,7$ ტ. მ; $M'_{0,25g} = 57,7$ ტ. მ):

მსვლელობა იგივეა, რაც შუამალისათვის.

7. კოჭის გაანგარიშება განივ ძალაზე

კოჭის გაანგარიშებას განივ ძალაზე ($Q_0 = 131,3$ ტ) ვაწარმოებთ საყრდენთან, დახრილ კვეთში (ნახ. 28), (24) ფორმულით. წინასწარ ვამოწმებთ (30) პირობას:

$$\begin{aligned} Q_0 &= 131300 \text{ კგ} < 0,25 R_c b h_0 = 0,25 \cdot 150 \cdot 40 \cdot 145 = 217000 \text{ კგ} \\ \left(h_0 &= h - a_0 = 150 - \left(3,0 + \frac{2,5}{2} \right) \approx 145 \text{ სმ} \right). \end{aligned}$$



(31) ფორმულით ვარკვევთ, საჭიროა თუ არა დახრილი კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცეზე:

$$Q_0 = 131300 \text{ კგ} > R_b \cdot b \cdot h_0 = 9,5 \cdot 40 \cdot 145 = 55200 \text{ კგ},$$

მაშასადამე, საჭიროა სიმტკიცეზე გაანგარიშება და განივი არმატურის დაყენება.

განივი ძალა $Q_{\text{ს.ა}}$, რომელიც შეუძლიათ მიიღონ თავის თავზე მართო საკიდებმა და ბეტონმა, განისაზღვრება (28) ფორმულით.

ავიღოთ $A-I$ კლასის ფოლადისაგან დამზადებული საკიდები; მათი დიამეტრი $d_s = 8$ მმ, განივი კვეთის ფართობი $f_s = 0,503 \text{ სმ}^2$, ბიჯი $U_s = 30$ სმ; საკიდების შტოების რაოდენობა კოჭის ერთ კვეთში $n_s = 4$; საკიდების საანგარიშო წინაღობა $R_s = 1900 \text{ კგ/სმ}^2$, მაშინ საკიდებში წარმოშობილი ზღვრული ძალა კოჭის სიგრძის ერთეულზე უდრის ((27) ფორმულა):

$$q_{\text{ს.ა}} = \frac{m_{\text{ს.ა}} R_s F_s}{U_s} = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 2,01}{30} = 102 \text{ კგ/სმ}$$

$$(F_s = f_s \cdot n_s = 0,503 \cdot 4 = 2,01 \text{ სმ}^2).$$

$$Q_{\text{ს.ბ}} = \sqrt{0,6 R_c b h_0^2 q_{\text{ს.ა}}} - q_{\text{ს.ა}} \cdot U_s = \sqrt{0,6 \cdot 150 \cdot 40 \cdot 145^2 \cdot 102} - 102 \cdot 30 = 90100 - 3060 = 87040 \text{ კგ}.$$

28-ე ნახაზზე მოცემულია განივი ძალების ეპიურა, რომელიც გვარწმუნებს, რომ აღუნული ღეროების მოწყობა საჭიროა მხოლოდ ორ დახრილ სიბრტყეში (ნახაზიდან ჩანს, რომ მესამე აღუნვის სიბრტყე არ არის საჭირო, ვინაიდან აღუნულ ღეროებზე გადაცემული უნდა იყოს განივი ძალების ეპიურის მხოლოდ დაშტრიხული უბანი).

a მანძილს ვიღებთ 20 სმ-ს

$$\left(a \leq U_{\text{max}} = \frac{0,1 \cdot R_c b h_0^2}{Q_1} = \frac{0,1 \cdot 150 \cdot 40 \cdot 145^2}{127000} = 104 \text{ სმ} \right).$$

Q_1 და Q_2 სიდიდეები გამოითვლება 26, ა ნახაზზე მოყვანილი სამკუთხედების მსგავსობიდან.

არახელსაყრელი დახრილი ბზარების ჰორიზონტალური გეგმილი c გამოითვლება ასე ((26) ფორმულა):

$$c = \sqrt{\frac{0,15 R_c b h_0^2}{q_{\text{ს.ა}}}} = \sqrt{\frac{0,15 \cdot 150 \cdot 40 \cdot 145^2}{102}} = 443 \text{ სმ}.$$

დახრილი $I-I$ კვეთი (ნახ. 28, ბ) კრის აღუნვის ორ სიბრტყეს, ხოლო $II-II$ კვეთი აღუნვის ერთ სიბრტყეს.

მეორე აღუნვის სიბრტყეში არმატურის საჭირო კვეთის ფართობი $F_{\text{აღ2}}$ უდრის:

$$F_{\text{აღ2}} = \frac{Q_2 - Q_{\text{ს.ბ}}}{R_s \sin \alpha} = \frac{101800 - 87040}{2400 \cdot 0,707} = 8,7 \text{ სმ}^2;$$

აღუნილი ღეროების რაოდენობა (ერთი ღეროს ფართობი $f = 4,91$ სმ²): $m_{აღ} = \frac{8,7}{4,91} = 1,77$ ცალს; ვლუწავთ 2 ღეროს.

ორივე აღუნიის სიბრტყეში საჭიროა

$$F_{აღ1} + F_{აღ2} = \frac{Q_1 - Q_{ს.ბ}}{R_s \sin \alpha} = \frac{129700 - 87040}{2400 \cdot 0,707} = 25,2 \text{ სმ}^2.$$

აქედან, პირველი აღუნიის სიბრტყეში საჭირო არმატურის ფართობი $F_{აღ1}$ უდრის:

$$F_{აღ1} = 25,2 - F_{აღ2} = 25,2 - 8,7 = 16,6 \text{ სმ}^2.$$

ღეროების რაოდენობა იქნება

$$m_{აღ1} = \frac{16,5}{4,91} = 3,36 \text{ ცალი};$$

ვლუწავთ 4 ღეროს.

ამრიგად, სიმტკიცის პირობიდან კოჭის დახრილი კვეთის გაანგარიშებისათვის (განივ ძალაზე Q_0) საჭიროა აიღუწოს 6 ღერო, განივი კვეთის ფართობით $\Sigma F_{აღ} = 6 \cdot 4,91 = 29,46$ სმ². საკიდების რაოდენობა c მანძილზე უდრის:

$$m = \frac{C}{U_s} = \frac{443}{30} = 14,8 \approx 15 \text{ ცალი},$$

მაშინ $\Sigma F_s = f_s \cdot m \cdot m = 0,503 \cdot 4 \cdot 15 = 30,2$ სმ².

ვამოწმებთ (24) ფორმულას:

$$Q_s = 131300 \text{ კგ} < m_{აღ} \Sigma R_s F_{აღ} \sin \alpha + m_{ს.ბ} \Sigma R_s F_s + Q_s = 0,8 \cdot 2400 \cdot 29,46 \cdot 0,707 + 0,8 \cdot 1900 \cdot 30,2 + 44700 = 140000 \text{ კგ},$$

$$\left(Q_s = \frac{0,15 R_{сб} h_0^2}{c} = \frac{0,15 \cdot 150 \cdot 40 \cdot 145^2}{443} = 44700 \text{ კგ} \right),$$

მაშასადამე, დახრილი კვეთის სიმტკიცის პირობა დაკმაყოფილებულია.

8. კოჭის გაანგარიშება მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე — —ბზარმედუგობაზე

მთავარი გამჭიმავი ძაბვები კოჭის კვეთის ნეიტრალური ღერძის ღონეზე ისაზღვრება (54) ფორმულით, გაანგარიშებისათვის საჭიროა გამოვთვალოთ საყრდენზე და შუამალში კოჭის კვეთის შეკუმშული ზონის სტატიკური მომენტი S ნეიტრალური ღერძის მიმართ და დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი I იგივე ღერძის მიმართ.

კოქის საანგარიშო (სასარგებლო) სიმაღლე h_0 უდრის:

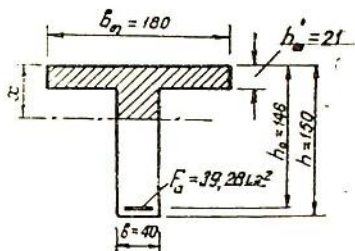
საყრდენზე $h_0 = 145$ სმ (იხ. გვ. 58);

შუამალში $h_0 \approx 140$ სმ.

ა) მთავარი გამჭიმავი ძაბვები საყრდენზე ($Q^5 = 86,60$ ტ; $F_s = 8 \cdot 4,91 = 39,28$ სმ²):

ნეიტრალური ღერძის x მდებარეობას (ნახ. 29) ვსაზღვრავთ (61) ფორმულით, სადაც

$$n_1 = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2100000}{315000} = 6,67 \approx 6,7 \text{ სმ.}$$



ნახ. 29

წინასწარ ვანგარიშობთ A_2 სიდიდეს (63) ფორმულით:

$$A_2 = \frac{n_1 F_s + (b_s - b) h_s}{b} = \frac{6,7 \cdot 39,28 + (180 - 40) \cdot 21}{40} = 75 \text{ სმ;}$$

მაშინ

$$x = -75,0 + \sqrt{75^2 + \frac{21^2 \cdot (180 - 40) + 2 \cdot 6,7 \cdot 39,28 \cdot 145}{40}} = -75,0 + 94,5 = 19,51 \text{ სმ} < h_s = 21 \text{ სმ.}$$

ვინაიდან $x < h_s$, S -ის გამოთვლისათვის ვსარგებლობთ (55) ფორმულით, მხოლოდ $F'_s = 0$ და b -ს ნაცვლად ვიღებთ b_s -ს:

$$S = \frac{b_s \cdot x^2}{2} = \frac{180 \cdot 19,5^2}{2} = 34200 \text{ სმ}^3;$$

I -ს ვსაზღვრავთ (59) ფორმულით, მხოლოდ $F'_s = 0$:

$$I = \frac{b_s x^3}{3} + n_1 (h_0 - x)^2 = \frac{180 \cdot 19,5^3}{3} + 6,7 \cdot 39,28 \cdot (145 - 19,5)^2 = 444000 + 414000 = 858000 \text{ სმ}^4.$$

მთავარი გამჭიმავი ძაბვები საყრდენზე ტოლია:

$$\sigma'_{a,b} = \frac{Q^5 \cdot S}{I \cdot b} = \frac{86600 \cdot 34200}{858000 \cdot 40} = 15,4 \text{ კგ/სმ}^2 < R_{a,b} = 32 \text{ კგ/სმ}^2,$$

ე. ი. პირობა (54) დაკმაყოფილებულია.

ბ) მთავარი გამჭიმავი ძაბვები შუამალში ($Q^5_{0,5} = 16,8$ ტ; $F_s = 117,8$ სმ²; $F'_s = 0$):

$$x = -A_2 + \sqrt{A_2^2 + \frac{h_s^2 (b_s - b) + 2n_1 F_s h_0}{b}} =$$

$$= -88 + \sqrt{88^2 + \frac{21^2 \cdot (180 - 40) + 2 \cdot 6,7 \cdot 117,8 \cdot 140}{40}} =$$

$$= 33 \text{ სმ} > h_0 = 21 \text{ სმ}$$

$$\left(A_2 = \frac{n_1 F_0 + (b_0 - b) h_0}{b} = \frac{6,7 \cdot 117,8 + (180 - 42) 21}{42} = 88 \text{ სმ} \right),$$

ვინაიდან $x > h_0$.

შეკუმშული ზონის სტატიკურ მომენტს ნეიტრალური ღერძის მიმართ ვანგარიშობთ (56) ფორმულით, მხოლოდ $F_0' = 0$:

$$S = (b_0 - b) h_0 \left(x - \frac{h_0}{2} \right) + \frac{bx^2}{2} = (180 - 40) \cdot 21 \cdot \left(33 - \frac{21}{2} \right) +$$

$$+ \frac{40 \cdot 33^2}{2} = 65300 + 22800 = 88100 \text{ სმ}^3;$$

დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ ((58) ფორმულა, მხოლოდ $F_0' = 0$):

$$I = \frac{b_0 x^3}{3} - \frac{(b_0 - b)(x - h_0)^3}{3} + n_1 F_0 (h_0 - x)^2 =$$

$$= \frac{180 \cdot 33^3}{3} - \frac{(180 - 40) \cdot (33 - 21)^3}{3} + 6,7 \cdot 117,8 (140 - 33)^2 =$$

$$= 2160000 - 79500 + 9030000 = 11110000 \text{ სმ}^4.$$

მთავარი გამჭიმავი ძაბვები შუამალში ტოლია:

$$\sigma'_{\text{შ.შ.}} = \frac{Q_{0,5}^5 \cdot S}{I \cdot b} = \frac{16800 \cdot 88100}{11110000 \cdot 40} = 3,2 \text{ კგ/სმ}^2.$$

9. აღუნული არმატურის გაანგარიშება

წინა პუნქტში მიღებული $\sigma'_{\text{შ.შ.}}$ და $\sigma''_{\text{შ.შ.}}$ სიდიდეების მიხედვით 28-ე ნახაზზე აგებულია მთავარი გამჭიმავი ძაბვების ეპიურა, რომლის საშუალებით განისაზღვრება აღუნული ღეროების რაოდენობა. ამ ეპიურის ნაწილი გადაეცემა საკიდებს, დანარჩენი ნაწილი კი — აღუნულ ღეროებს.

მხები მთავარი გამჭიმავი ძაბვების სიდიდე, რომელიც გადაეცემა საკიდებზე, უდრის

$$\sigma_s = \frac{m_{\text{ა.ს.}} \cdot R_{\text{ა.ს.}} \cdot n_s}{b U} = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 4}{40 \cdot 30} = 2,42 \text{ კგ/სმ}^2.$$

($m_{\text{ა.ს.}}$, f_s და n_s იხ. პ. 7).

ამ სიდიდეს (მასშტაბში) გადავზომავთ ეპიურაზე და გავატარებთ ჰორიზონტალურ ხაზს. ამრიგად, დაშტრიხული ფართობი გადაცემულია საკიდებზე, ეპიურის დანარჩენი ფართობი კი გადაცემული უნდა იყოს ალუნულ ღეროებზე.

ალუნული ღეროების საჭირო განივი კვეთის ფართობი:

$$F_{\text{ალ}} = \frac{\sigma'_{\text{ა.ბ}} + \sigma''_{\text{ა.ბ}} - 2\tau_{\text{ს}}}{2R_{\text{ს}}} \cdot \frac{l}{2} \cdot b \cos 45^\circ =$$

$$= \frac{15,4 + 3,2 - 2 \cdot 2,42}{2 \cdot 2400} \cdot \frac{1080}{2} + 40 \cdot 0,707 = 46,0 \text{ სმ}^2.$$

საჭიროა აილუნოს $\frac{46,0}{4,91} = 9,4$ ღერო. მაგრამ კონსტრუქციულად ვლუნავთ $16 \varnothing 25$, ფართობით $F_{\text{ალ}} = 78,5 \text{ სმ}^2$.

თითოეულ ალუნვის სიბრტყეში მოვათავსებთ ორ ან ოთხ ღეროს. ამიტომ ეპიურის ფართობს (დაუშტრიხავს) ვყოფთ 8 თანატოლ ნაწილად და ვსაზღვრავთ გრაფიკულად ღეროების ალუნვის ადგილებს (ნახ. 30, გ). ამისათვის თითოეული ნაწილის სიმძიმის ცენტრიდან გავატარებთ ვერტიკალს კოჭის ღერძის გადაკვეთამდე (კოჭის ღერძი პირობით მოთავსებულია კოჭის სიმაღლის ნახევარზე). გადაკვეთის წერტილზე თუ გავატარებთ 45° -ით დახრილ ხაზს, ეს იქნება ღეროების ალუნვის სიბრტყე.

ალუნვა ძირითადად კეთდება მუშა არმატურის ღეროების ხარჯზე, მაგრამ შეიძლება დაგვეჭირდეს სპეციალური ირიბი ღეროების დაყენება, როდესაც საანგარიშო მომენტების ეპიურა არ გვაძლევს მუშა ღეროების ალუნვის საშუალებას.

ღეროების ალუნვის ადგილები შეთანხმებული უნდა იყოს საანგარიშო მომენტების ეპიურის მოხაზულობასთან: ზღვრული (არმატურის) მომენტების ეპიურა არ უნდა შეიჭრას საანგარიშო მომენტების ეპიურაში (ნახ. 30, ბ). ზღვრულ მომენტების ეპიურის ორდინატა ნებისმიერ კვეთში იმ მლუნავი მომენტის ორდინატაა, რომელიც შეუძლია აიტანოს ამ კვეთმა (არმატურის ღეროების რაოდენობის მიხედვით).

ზღვრული მომენტების ეპიურის უდიდესი ორდინატა განისაზღვრება შეპდგვი ფორმულით:

$$M^0 = R_{\text{ს}} \cdot m \cdot f_{\text{ს}} \cdot \left(h_0 - \frac{h_{\text{ს}}}{2} \right) = 2400 \cdot 24 \cdot 4,91 \cdot \left(140 - \frac{21}{2} \right) = 366,0 \text{ ტ. მ}$$

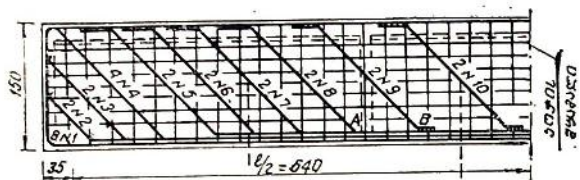
(m არის ღეროების რაოდენობა; $f_{\text{ს}}$ — ღეროს განივი კვეთის ფართობი).

ორდინატა M^0 იყოფა m ნაწილად და თითოეულ წერტილში ტარდება ჰორიზონტალური ხაზები, რომელთა შორის მანძილი

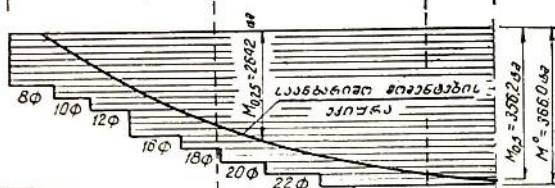
$$\Delta M = \frac{M^0}{m} = \frac{366,0}{24} = 15,45 \text{ ტ. მ.}$$

ΔM მლუნავი მომენტია, რომელიც შეუძლია აიტანოს 'ერთმა ლეროზმა. მაშასადამე, ლეროზების აღუნების ადგილებში წარმოიშვება საფეხური $k \cdot \Delta M$ -ის სიდიდისა, სადაც k არის აღუნული ლეროზების რაოდენობა (განსახილველ სიბრტყეში). ამ საფეხურებმა არ უნდა გადაკვეთოს

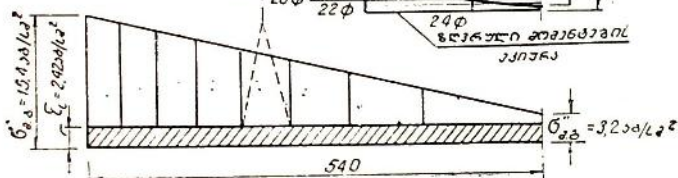
ა)



ბ)



გ)



დ)



9	-	10		-	10		9
5	6	7	8	8	7	6	5
2	3	4	4	4	4	3	2
1	1	1	1	1	1	1	1

ნახ. 30

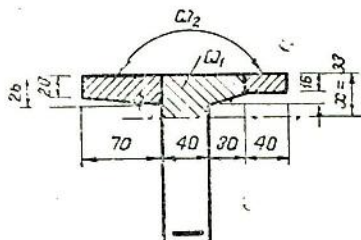
საანგარიშო მომენტების ეპიურა, წინააღმდეგ შემთხვევაში კოჭის ამტანუნარიანობა ნაკლები იქნება საანგარიშოზე. ამ პირობის დაცვისათვის ლეროზების აღუნვის საშუალება მოგვეცა მხოლოდ A წერტილიდან (ნახ. 30, ა) და მის მარცხნივ. ამიტომ B წერტილში მუშა არმატურის აღუნვის ნაცვლად მოვათავსეთ სპეციალურად დამზადებული № 9 ლეროზები, რომლებიც დამაგრებული არიან № 5 ლეროზებზე შედუღებით.

30, ა ნახაზზე ნაჩვენებია არმატურის აღუნვის სქემა, ხოლო 28, დ ნახაზზე — არმატურის ლეროზების განლაგება განივი მიმართულებით ნომრების მიხედვით.

10. მხები ძაბვების შემოწმება ფილისა და წიბოს
შეერთების ადგილას

ლუნვაზე მომუშავე ტესტერ ელემენტებს ანგარიშობენ აგრეთვე მხებ ძაბვებზე, რომლებიც წარმოშობილია ან ფილისა და წიბოს შეერთების ადგილას, ან მასთან ახლოს (ნახ. 31). გაანგარიშებას ვახდენთ (41) ფორმულით:

$$\tau = \frac{0,75\tau_0 b}{h_{\text{თ}} \left(1 + \frac{S_{\omega_1}}{S_{\omega_2}} \right)}$$



ნახ. 31

ჩვენი მაგალითისათვის
 τ_0 არის ამხლეჩი ძაბვა (იხ.
გვ. 61) საყრდენზე:

$$\tau_0 = \sigma'_{\text{ა.გ}} = 15,4 \text{ კგ/სმ}^2;$$

S_{ω_1} და S_{ω_2} — სტატიკური მომენტები ω_1 და ω_2 ფართობებისა (ნახ. 31)
ნეიტრალური ღერძის მიმართ;

$h_{\text{თ}}$ — ფილის სისქე: $h_{\text{თ}} = 16$ სმ.

ნეიტრალური ღერძის მდებარეობა გამოანგარიშებულია 62-ე გვერდზე:

$$x = 33,0 \text{ სმ},$$

მაშინ

$$S_{\omega_1} = 40 \cdot \frac{33,0^2}{2} + 30 \cdot 16 \cdot \left(33,0 - \frac{16}{2} \right) +$$

$$+ 30 \cdot 10 \cdot 0,5 \left(33,0 - 16 - \frac{10}{3} \right) = 35850 \text{ სმ}^3;$$

$$S_{\omega_2} = 70 \cdot 20 \left(33 - \frac{20}{2} \right) + 70 \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot \left(33 - 20 - \frac{6}{3} \right) +$$

$$+ 40 \cdot 16 \cdot \left(33 - \frac{16}{2} \right) = 50510 \text{ სმ}^3.$$

მხები ძაბვების სიდიდე

$$\tau = \frac{0,75 \cdot 15,4 \cdot 40}{16 \left(1 + \frac{35850}{50510} \right)} = 16,9 \text{ კგ/სმ}^2 < R_{\text{ა.გ}} =$$

$$= 32 \text{ კგ/სმ}^2 \text{ (300 მარკის ბეტონისათვის).}$$

11. კოჭის გაანგარიშება მეორე ზღვრულ მდგომარეობაზე (დეფორმაციებზე)

კოჭის დეფორმაციას (ჩალუნვას) ვანგარიშობთ ნორმატიული დროებითი ვერტიკალური მოძრავე დატვირთვისაგან.

ჩალუნვას ვსაზღვრავთ შუამალისათვის (45) ფორმულით, ვინაიდან კოჭის სიგრძე ნაკლებია 18 მ-ზე. ბეტონის E^0 დრეკადობის მოდულს ვიღებთ, თანახმად [2]-ისა (პ. 3.21, 300 მარკის ბეტონისათვის):

$$E^0 = 0,8E_b = 0,8 \cdot 315000 = 252000 = 2,52 \cdot 10^5 \text{ კგ/სმ}^2.$$

კოჭის კვეთის დაყვანილ ინერციის მომენტს I_0 -ს ნეიტრალური ღერძის მიმართ ვანგარიშობთ (58) ფორმულით, მხოლოდ წინასწარ ვსაზღვრავთ ნეიტრალური ღერძის x მდებარეობას ((5) ფორმულა, როდესაც $F''_0 = 0$):

$$x = -A_0 + \sqrt{A_0^2 + \frac{h^2_{\text{თ}}(b_{\text{თ}} - b) + 2n_1 F_0 h_0}{b}} =$$

$$= -92 + \sqrt{92^2 + \frac{21^2(180 - 40) + 2 \cdot 8,33 \cdot 117,8 \cdot 140}{40}} = 36,0 \text{ სმ}.$$

$$\left(A_0 = \frac{n_1 \cdot F_0 + (b_{\text{თ}} - b)h_{\text{თ}}}{b} = \frac{8,33 \cdot 117,8 + (180 - 40) \cdot 21}{40} = 92 \text{ სმ}, \right.$$

$$\left. n_1 = \frac{E_b}{E^0_b} = \frac{2100000}{252000} = 8,33 \right).$$

შეშინ

$$I_0 = \frac{b_{\text{თ}} x^3}{3} - \frac{(b_{\text{თ}} - b)(x - h_{\text{თ}})^3}{3} + n_1 \cdot F_0 (h_0 - x)^2 =$$

$$= \frac{180 \cdot 36,0^3}{3} - \frac{(180 - 40)(36,0 - 21)^3}{3} + 8,33 \cdot 117,8 (140 - 36,0)^2 =$$

$$= 13240000 = 1,324 \cdot 10^7 \text{ სმ}^4.$$

დროებითი ნორმატიული დატვირთვის ინტენსიურობა (იხ. გვ. 52)

$$p^6 = 10,74 \text{ ტ/მ} = 107,4 \text{ კგ/სმ}.$$

უდიდესი ჩალუნვა კოჭის შუამალში უდრის (ფორმ. (45)):

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{p^6 \cdot l^4}{E^0_b \cdot I_0} = \frac{5}{384} \cdot \frac{107,4 \cdot 1080^4}{2,52 \cdot 10^5 \cdot 1,324 \cdot 10^7} =$$

$$= 0,57 \text{ სმ} < |f| = \frac{1}{800} \cdot l = \frac{1}{800} \cdot 1080 = 1,35 \text{ სმ}.$$

შეშისადავ, კოჭს აქვს საკმარისად დიდი სიხისტე.

12. კოქის გაანგარიშება მესამე ზღვრულ მდგომარეობაზე (ბზარმედგობაზე)

ბზარის უდიდესი სიდიდე $a_{\text{ზ}}$ პერიოდული პროფილის არმატურის დროს განისაზღვრება (50) ფორმულით.

σ_a ძაბვას არმატურაში ვსაზღვრავთ (8) ფორმულით, მხოლოდ $M'_{0,5}$ -ის ნაცვლად ვსვათ $M_{0,5}^6$ -ს:

$$M_{0,5}^6 = M_{0,5g}^6 + M_{0,5p}^6 = 77,4 + 157,0 = 234,4 \text{ ტ.მ}$$

(იხ. გვ. 52). მაშინ

$$\sigma_a = n' \cdot \frac{M_{0,5}^6}{I_1} \cdot (h_0 - x_1) = 20 \cdot \frac{23440000}{25130000} (140 - 56) = 1570 \text{ კგ/სმ}^2$$

($x_1 = 56$ სმ, $I_1 = 25130000$ სმ⁴, გვ. 57; $h_0 = 140$ სმ, გვ. 55).

ψ_2 კოეფიციენტი, რომელიც ასახავს ბეტონის გაქიმული ზონის გავლენას გაქიმული არმატურის დეფორმაციაზე, უდრის 0,5-ს (იხ. ცხრილი 3).

არმირების რადიუსი R_r განისაზღვრება (52) ფორმულით, მაგრამ ვინაიდან ღეროების დიამეტრი ერთი და იგივეა ($d = 25$ მმ), ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$R_r = \frac{F_r}{\beta(nd + n_1d_1)} = \frac{1300}{0,85 \cdot (24 \cdot 2,5 + 2 \cdot 1,0)} = 247 \text{ სმ.}$$

$$\text{აქ } F_r = b(a_1 + r) = 42 \cdot (16,0 + 15) = 1300 \text{ სმ}^2 \text{ (ნახ. 32);}$$

მუშა ღეროების რაოდენობა $n = 24$;

გრძივი (დამხმარე) ღეროები $n_1 = 2$;

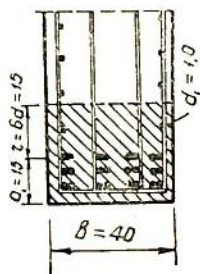
გრძივი ღეროების დიამეტრი $d_1 = 10$ მმ;

β კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მუშა არმატურის განლაგებას: $\beta = 0,85$ (იხ. გვ. 18).

ბზარის უდიდესი სიდიდე:

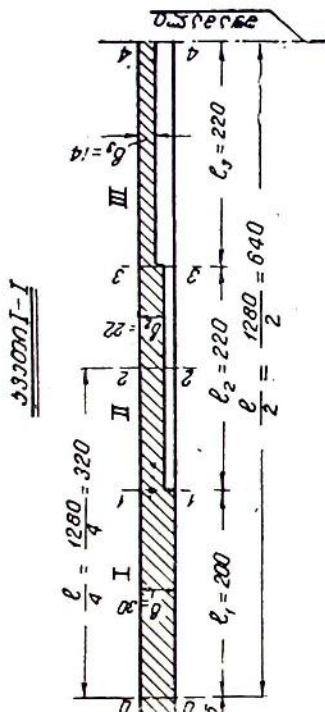
$$a_{\text{ზ}} = 3,0 \cdot \frac{\sigma_a}{E_s} \cdot \psi_2 \cdot \sqrt{R_r} = 3,0 \cdot \frac{1440}{2100000} \cdot 0,5 \cdot \sqrt{24,7} = 0,0052 \text{ სმ} < |a_{\text{ზ}}| = 0,02 \text{ სმ,}$$

მაშასადამე, კოქის კვეთი აკმაყოფილებს ბზარმედგობის პირობებს.

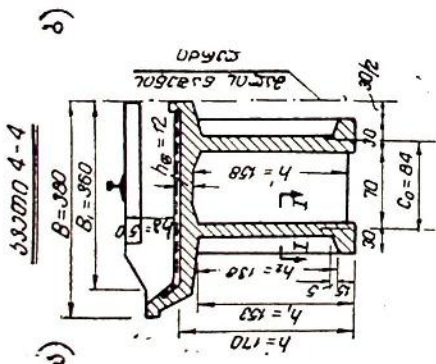


ნახ. 32

§ 12. ასაწყობი მალის ნაშენის კოჭის (ცვალებადი სისქის ფიგურებით) გაანგარიშება



ნახ. 32



თანამედროვე ხილ-
მშენებლობაში დიდი
აღივლი უკავია ხილ-
ბის მშენებლობას ინ-
დუსტრიული მეთოდე-
ბით, მათ შორის, პირ-
ველ რიგში — მცირე
ხილების მალის ნაშე-
ნების აწყობას. კონ-
სტრუქციის წონის მაქ-
სიმალურად შემცირე-
ბის მიზნით მცირე ხი-
ლების მალის ნაშენს
გრძევი მიმართულე-
ბით ყოფენ ორ ბლო-
კად, რომლებსაც რიგ-
რიგობით დგამენ ად-
გილზე, ხიდის ბურ-
ჯებზე. თუ მალის ნა-
გებობა არ მონოლით-
დება აწყობის შემდეგ,
თითოეული ბლოკი
კეთდება ორწიბოვანი
(მდგრადობის გაზრდის
მიზნით მათი ტრან-
სპორტირების დროს
და ექსპლუატაციის
პროცესში). წიბოებს
შორის მანძილი 0,9—
1,0 მ-ია (ნახ. 33, ა).
წიბოები კეთდება ორ-
ტესებრი ფორმის, რაც
ამცირებს ბეტონის მო-
ცულობასა და ბლოკის
საერთო წონას.

იმ მიზნით, რომ
შემცირდეს წიბოს ქვე-

და სარტყლის სიგანე, მუშა არმატურა აქ ლაგდება სამღეროვან კონე-
ბად ან წყვილ-წყვილად.

ორბლოკიანი (ოთხწიბოვანი) მალის ნაგებობა კეთდება 16 მ-მდე
სიგრძის.

კოჭური მალის ნაგებობის (ცვალებადი სისქის წიბოებით) საკუ-
თარი წონის დატვირთვა შეიძლება დაეუშვათ თანაბრად განაწილებული
მთელი მალის სიგრძეზე, თუ საშუალო ფაქტიური უთანაბრობა არ აღე-
მატება 10%-ს. წინააღმდეგ შემთხვევაში M მლუნავი მომენტები და Q
განივი ძალები განისაზღვრება გავლენის ხაზების საშუალებით (საკუთა-
რი წონის დაყვანილ შეყურსულ ძალებს P_i -ს ვამრავლებთ გავლენის ხა-
ზის შესაბამის ორდინატებზე).

მაგალითი 4. გაანგარიშდეს მალის ნაგებობის ბლოკი (ცვალებადი
სისქის წიბოებით), რომლის განივი კვეთი მოცემულია 33-ე ნახაზზე.
საანგარიშო მალი $l=12,8$ მ; დატვირთვის კლასი — $C14$; ბეტონის მარ-
კა — 300; არმატურის ფოლადის კლასი $A-II$; მოცულობითი წონა:
რკინაბეტონისა $\gamma = 2,5$ ტ/მ³, ბალასტისა (ლინდაგის ნაწილებით)
 $\gamma_a = 2,0$ ტ/მ³.

1. ნორმატიული დატვირთვები

ნორმატიულ დატვირთვებს ვსაზღვრავთ: ბალასტისაგან, ფილისა-
გან, წიბოებისაგან, დიაფრაგმებისა და ღროებითი მოძრავი დატვირთ-
ვებისაგან. დატვირთვების სიდიდეს ვთვლით მალის ნაშენის ერთ გრძივ
მეტრზე. ანგარიშის გამარტივების მიზნით ვიღებთ: ბალასტის სიგანეს
 $B_1=3,6$ მ, სისქეს $h_a=0,5$ მ; ფილის საშუალო სისქეს $h'_a=0,14$ მ,
დიაფრაგმების სისქეს $\delta=0,15$ მ.

ნორმატიული დატვირთვების სიდიდეები ტოლია:

ა) ბალასტისაგან

$$g_1^{\text{ნ}} = B_1 h_a \gamma_a = 3,6 \cdot 0,5 \cdot 2,0 = 3,6 \text{ ტ/მ};$$

ბ) სავალი ნაწილის ფილისაგან

$$g_2^{\text{ნ}} = B h'_a \gamma = 3,6 \cdot 0,14 \cdot 2,5 = 1,33 \text{ ტ/მ};$$

გ) წიბოებისაგან (4 ცალი):

I უბანზე (ნახ. 33, ბ)

$$g_1^{\text{ნ}} = 4 h_1 b_1 \gamma = 4 \cdot 1,53 \cdot 0,3 \cdot 2,5 = 4,58 \text{ ტ/მ};$$

II უბანზე

$$g_{II}^{\text{ნ}} = g_1^{\text{ნ}} - 4 h_2 (b_1 - b_2) \gamma = 4,58 - 4 \cdot 1,38 (0,3 - 0,22) \cdot 2,5 = 3,47 \text{ ტ/მ};$$

III უბანზე

$$g_{III}^5 = g_1^5 - 4h_2(b_1 - b_2)\gamma = 4,58 - 4 \cdot 1,38(0,3 - 0,14) \cdot 2,5 = 2,37 \text{ ტ/მ};$$

დ) დიაფრაგმებისაგან (10 ცალი, სისქით $\delta = 15$ სმ)

$$g_5^5 = \frac{10 \cdot h'(\epsilon - b_2)\delta\gamma}{l} = \frac{10 \cdot 1,58(1,0 - 0,22)0,15 \cdot 2,5}{12,8} = 0,36 \text{ ტ/მ.}$$

მაღის ნაგებობის საკუთარი წონის ინტენსიურობა უდრის:
საყრდენზე (უდიდესი)

$$g_{max}^5 = g_2^5 + g_1^5 + g_3^5 = 1,33 + 4,58 + 0,36 = 6,27 \text{ ტ/მ};$$

შუამალში (უმცირესი)

$$g_{min}^5 = g_2^5 + g_{III}^5 + g_3^5 = 1,33 + 2,37 + 0,36 = 4,06 \text{ ტ/მ.}$$

მაღის ნაშენის საკუთარი წონის საშუალო ინტენსიურობა უდრის::

$$g^5 = \frac{(g_2^5 + g_3^5)l + g_1^5 \cdot 2l_1 + g_{III}^5 \cdot 2l_2 + g_{IV}^5 \cdot 2l_3}{l} =$$

$$= \frac{(1,33 + 0,36)12,8 + 4,58 \cdot 2 \cdot 2,0 + 3,47 \cdot 2 \cdot 2,20 + 2,37 \cdot 2 \cdot 2,2}{12,8} =$$

$$= 5,27 \text{ ტ/მ.}$$

საკუთარი წონის უთანაბრო განაწილება:

$$\frac{g_{max}^5 - g^5}{g^5} \cdot 100 = \frac{6,27 - 5,27}{5,27} \cdot 100 = 19\%,$$

რაც მეტია დასაშვებზე (10%). ამიტომ კოჭს ვანგარიშობთ საკუთარი წონის ფაქტიური განაწილების ეპიურის მიხედვით.

ე) დროებითი ვერტიკალური მოძრავი დატვირთვისაგან:

1) M მლუნავი მომენტების გაანგარიშებისათვის: შუამალსა და მეოთხედში ($\lambda = l = 12,8$ მ; $\alpha = 0,5$ ყველა კვეთისათვის, ვინაიდან $l < 25,0$ მ)

$$p^5 = k_\alpha = 20,65 \text{ ტ/მ};$$

2) Q განივი ძალების გაანგარიშებისათვის (ნახ. 35): კვეთ 0-ში (საყრდენზე), ($\lambda = l = 12,8$ მ)

$$p_0^5 = 20,65 \text{ ტ/მ};$$

კვეთ 1-ში ($\lambda = 10,8$ მ)

$$p_1^5 = 21,47 \text{ ტ/მ};$$

კვეთ 3-ში ($\lambda = 8,6$ მ)

$$p_2^5 = 22,54 \text{ ტ/მ};$$

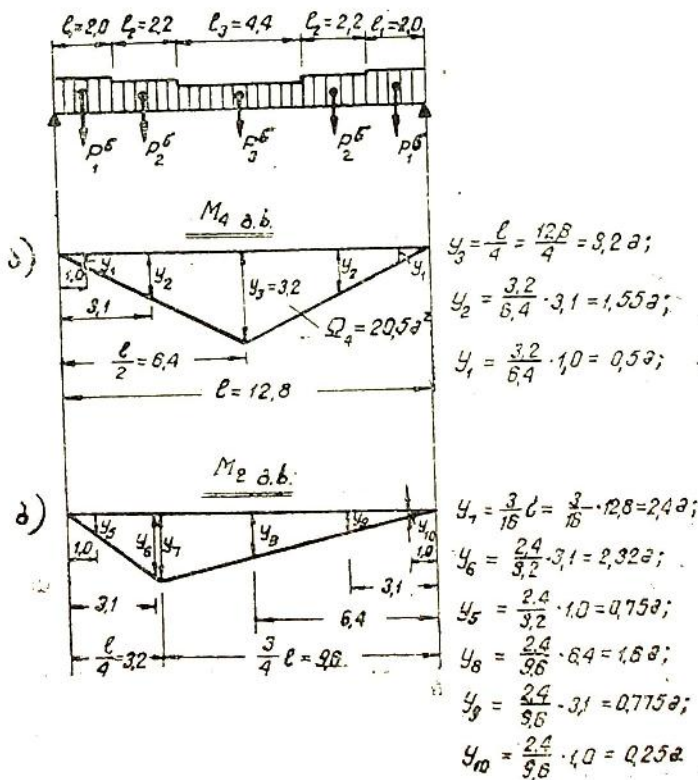
კვეთ 4-ში (შუამალში) ($\lambda = 6,4$ მ)

$$p_1^6 = 24,0 \text{ ტ/მ}$$

(k_x სიდიდეს ვიღებთ ცხრილის იმ სვეტიდან, რომელიც შეესაბამება $\alpha = 0,5$ -ს, იხ. გვ. 29).

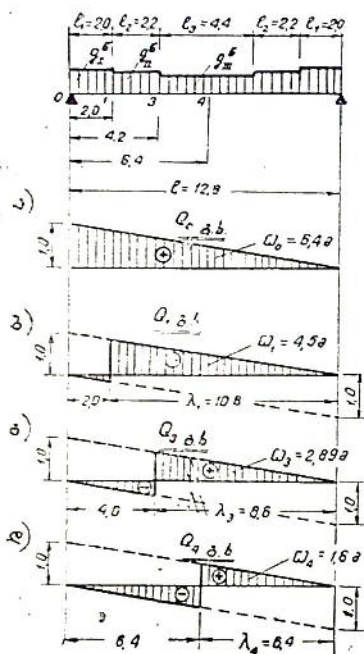
2. გავლენის ხაზები და შეუქრსული ძალები

M მღუნავი მომენტებისა და Q განივი ძალებს განსაზღვრისათვის ვაგებთ გავლენის ხაზებს.



გავლენის ხაზები აგებულია:

ა) მღუნავი მომენტებისათვის (ნახ. 34): 2 და 4 კვეთებში;



ნახ. 35

ბ) განივი ძალებისათვის (ნახ. 35): 0, 1, 3 და 4 კვეთებში.

34-ე და 35-ე ნახაზებზე გამოთვლილია გავლენის ხაზების ფართობები და P_i შეყურსული ძალების შესაბამისი ორდინატები. შეყურსული ძალების ნორმატიული სიდიდე უდრის (ნახ. 34):

l_1 უბანზე

$$P_1^{\text{I}} = g_1^{\text{I}} \cdot l_1 = 4,58 \cdot 2,0 = 9,16 \text{ ტ};$$

l_2 უბანზე

$$P_2^{\text{II}} = g_2^{\text{II}} \cdot l_2 = 3,47 \cdot 2,2 = 7,63 \text{ ტ};$$

l_3 უბანზე

$$P_3^{\text{III}} = g_3^{\text{III}} \cdot l_3 = 2,37 \cdot 4,4 = 10,42 \text{ ტ}.$$

3. ნორმატიული მღუნავი მომენტებისა და განივი ძალების სიდიდეები

ნორმატიული მღუნავი მომენტების სიდიდეები

1) შუამალში:

ა) ბალასტისაგან

$$M_{4y_1}^{\text{I}} = g_1^{\text{I}} \Omega_4 = 3,6 \cdot 20,5 = 73,8 \text{ ტმ};$$

ბ) რკინაბეტონისაგან (ფილა, წიბოები და ღიაფრამები)

$$\begin{aligned} M_{4y_2}^{\text{I}} &= (g_2^{\text{I}} + g_3^{\text{I}}) \Omega_4 + 2P_1^{\text{I}} \cdot y_1 + 2P_2^{\text{I}} \cdot y_2 + P_3^{\text{I}} \cdot y_3 = \\ &= (1,33 + 0,36) \cdot 20,5 + 2 \cdot 9,16 \cdot 0,5 + 2 \cdot 7,63 \cdot 1,55 + \\ &\quad + 10,42 \cdot 3,2 = 133,2 \text{ ტმ}; \end{aligned}$$

გ) მთელი მუდმივი დატვირთვისაგან

$$M_{4y}^{\text{I}} = 73,8 + 133,2 = 207,0 \text{ ტმ};$$

დ) დროებითი დატვირთვისაგან

$$M_{4p}^{\text{I}} = p^{\text{I}} \Omega_4 = 20,65 \cdot 20,5 = 423,0 \text{ ტმ}.$$

2) მალის მეოთხედში

ა) ბალასტისაგან

$$M_{2_1}^6 = g_1^6 \Omega_2 = 3,6 \cdot 15,35 = 55,2 \text{ ტმ} (\Omega_2 = 0,5 y_1 \cdot l \cdot 0,5 \cdot 2,4 \cdot 12,8 = 15,35 \text{ მ}^2);$$

ბ) რკინაბეტონისაგან

$$M_{2_2}^6 = (g_2^6 + g_3^6) \Omega_2 + P_1^6 (y_6 + y_{10}) + P_2^6 (y_6 + y_9) + P_3^6 y_8 = \\ = (1,33 + 0,36) \cdot 15,35 + 9,16 \cdot (0,5 + 0,25) + 7,63 \cdot (2,32 + 0,775) + \\ + 10,42 \cdot 1,60 = 103,4 \text{ ტმ};$$

გ) მთელი მუდმივი დატვირთვისაგან

$$M_{2_3}^6 = 55,2 + 103,4 = 158,6 \text{ ტმ};$$

დ) დროებითი დატვირთვისაგან

$$M_{2_4}^6 = p^6 \Omega_2 = 20,65 \cdot 15,35 = 317,0 \text{ ტმ}.$$

ნორმატიული განივი ძალების სიდიდეები ტოლია:

1) კვეთ 0-ში (საყრდენზე):

ა) ბალასტისაგან

$$Q_{0_{g_1}}^6 = g_1^6 \cdot \omega_0 = 3,6 \cdot 6,4 = 23,0 \text{ ტ};$$

ბ) რკინაბეტონისაგან

$$Q_{0_{g_2}}^6 = (g_2^6 + g_3^6) \omega_0 + P_1^6 + P_2^6 + 0,5 P_3^6 = \\ = (1,33 + 0,36) 6,4 + 9,16 + 7,63 + 0,5 \cdot 10,42 = 46,5 \text{ ტ};$$

გ) დროებითი დატვირთვისაგან

$$Q_{0_p}^6 = p^6 \omega_0 = 20,65 \cdot 6,4 = 132 \text{ ტ}.$$

2) კვეთ 1-ში:

ა) ბალასტისაგან

$$Q_{1_{g_1}}^6 = Q_{0_{g_1}}^6 - g_1^6 l_1 = 23,0 - 3,6 \cdot 2,0 = 15,8 \text{ ტ};$$

ბ) რკინაბეტონისაგან

$$Q_{1_{g_2}}^6 = Q_{0_{g_2}}^6 - (g_1^6 + g_3^6) l_1 - P_1^6 = \\ = 46,5 - (1,33 + 0,36) 2,0 - 9,16 = 29,7 \text{ ტ};$$

გ) დროებითი დატვირთვისაგან

$$Q_{1_p}^6 = p^6 \omega_1 = 21,47 \cdot 4,5 = 98,0 \text{ ტ}.$$

3) კვეთ 3-ში:

ა) ბალასტისაგან

$$Q_{3_{g_1}}^6 = Q_{1_{g_1}}^6 - g_1^6 l_2 = 15,8 - 3,6 \cdot 2,2 = 7,9 \text{ ტ};$$

ბ) რკინაბეტონისაგან

$$Q_{3g_2}^5 = Q_{1g_2}^5 - (g_2^5 + g_3^5) l_2 - P_2^5 = \\ = 29,7 - (1,33 + 0,36) 2,2 - 7,63 = 13,65 \text{ ტ};$$

გ) დროებითი დატვირთვისაგან

$$Q_{3p}^5 = p_3^5 \cdot \omega_3 = 22,54 \cdot 2,89 = 65,1 \text{ ტ.}$$

4) კვეთ 4-ში (შუამალში):

ა) ბალასტისაგან

$$Q_{4g_1}^5 = 0;$$

ბ) რკინაბეტონისაგან

$$Q_{4g_2}^5 = 0;$$

გ) დროებითი დატვირთვისაგან

$$Q_{4p}^5 = p_4^5 \cdot \omega_4 = 24,0 \cdot 1,6 = 38,4 \text{ ტ.}$$

4. საანგარიშო მლუნავი მომენტები და განივი ძალები

საანგარიშო ძალებს (M და Q) ვანგარიშობთ ერთი წიბოსათვის, ამიტომ ნორმატიულ სიდიდეებს ვამცირებთ ოთხჯერ (წიბოების რაოდენობა ოთხია), რაც გათვალისწინებულია ϵ_0 კოეფიციენტით. გარდა ამისა, მხედველობაში ვიღებთ გადატვირთვის კოეფიციენტებს (n), დინამიკურ კოეფიციენტს ($1+\mu$) და ϵ კოეფიციენტს.

მლუნავი მომენტების სიდიდეები ტოლია:

1) შუამალში:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს

$$M_4 = (n_1 M_{4g_1}^5 + n_2 M_{4g_2}^5) \epsilon_0 + n (1+\mu) \epsilon_0 M_{4p}^5 = \\ = (1,3 \cdot 73,8 + 1,1 \cdot 133,2) 0,25 + 1,262 \cdot 1,305 \cdot 0,25 \cdot 423,0 = 230,0 \text{ ტმ}$$

(n_1 არის ბალასტის გადატვირთვის კოეფიციენტი: $n_1 = 1,3$;

n_2 — რკინაბეტონის გადატვირთვის კოეფიციენტი: $n_2 = 1,1$;

$1+\mu$ — დინამიკური კოეფიციენტი:

$$1+\mu = 1 + \frac{10}{20+\lambda} = 1 + \frac{10}{20+I} = 1 + \frac{10}{20+12,8} = 1,305;$$

ϵ_0 — ნორმატიული (ექვივალენტური) დატვირთვების ნაწილი, რომელიც გადაეცემა ერთ წიბოს: $\epsilon_0 = 0,25$;

n — მოძრავი შედგენილობის გადატვირთვის კოეფიციენტი:

$$n = 1,3 - 0,003\lambda = 1,3 - 0,003 \cdot I = 1,3 - 0,003 \cdot 12,8 = 1,262).$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს:

$$M_4' = M_{4g}' + M_{4n}' = \varepsilon_0 M_{4g}^5 + (1 + \mu) \varepsilon_0 \cdot \varepsilon M_{4n}^5 = \\ = 0,25 \cdot 207,0 + 1,305 \cdot 0,25 \cdot 0,85 \cdot 423,0 = 51,8 + 117,5 = 169,3 \text{ ტმ}$$

($\varepsilon = 0,85$, ვინაიდან $\lambda = 12,8$ მ, იხ. გვ. 31).

2) მალის მეოთხედში:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშების დროს

$$M_2 = (n_1 M_{2g_1}^5 + n_2 M_{2g_2}^5) \varepsilon_0 + n(1 + \mu) \varepsilon_0 M_{2p}^5 = \\ = (1,3 \cdot 55,2 + 1,1 \cdot 103,4) \cdot 0,25 + 1,262 \cdot 1,305 \cdot 0,25 \cdot 317,0 = 172,1 \text{ ტმ}$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშების დროს

$$M_2' = M_{2g}' + M_{2p}' = \varepsilon_0 M_{2g}^5 + (1 + \mu) \varepsilon_0 \cdot \varepsilon M_{2p}^5 = \\ = 0,25 \cdot 158,6 + 1,305 \cdot 0,25 \cdot 0,85 \cdot 317,0 = 39,6 + 88,0 = 127,6 \text{ ტმ}$$

განივი ძალების სიდიდეები ტოლია:

1) კვეთ 0 ში (საყრდენზე):

ა) სიმტკიცეზე შემოწმებისათვის

$$Q_0 = (n_1 Q_{0g_1}^5 + n_2 Q_{0g_2}^5) \varepsilon_0 + n(1 + \mu) \varepsilon_0 Q_{0p}^5 = \\ = (1,3 \cdot 23,0 + 1,1 \cdot 46,5) \cdot 0,25 + 1,262 \cdot 1,305 \cdot 0,25 \cdot 132,0 = \\ = 20,2 + 54,4 = 74,6 \text{ ტ};$$

ბ) მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე შემოწმებისათვის:

$$Q_0' = (Q_{0g_1}^5 + Q_{0g_2}^5) \varepsilon_0 + (1 + \mu) \varepsilon_0 Q_{0p}^5 = \\ = (23,0 + 46,5) \cdot 0,25 + 1,262 \cdot 0,25 \cdot 132 = 17,4 + 41,7 = 59,1 \text{ ტ}$$

2) კვეთ 1-ში:

ა) სიმტკიცეზე შემოწმებისათვის

$$Q_1 = (n_1 Q_{1g_1}^5 + n_2 Q_{1g_2}^5) \varepsilon_0 + n(1 + \mu) \varepsilon_0 Q_{1p}^5 = \\ = (1,3 \cdot 15,8 + 1,1 \cdot 29,7) \cdot 0,25 + 1,268 \cdot 1,305 \cdot 0,25 \cdot 98,0 = \\ = 13,3 + 40,5 = 53,8 \text{ ტ}$$

(ვინაიდან $\lambda_1 = 10,8$ მ — ნახ. 33, $n = 1,3 - 0,003 \cdot 10,8 = 1,268$);

ბ) მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე შემოწმებისათვის

$$Q_1^5 = (Q_{1g_1}^5 + Q_{1g_2}^5) \varepsilon_0 + \varepsilon_0 Q_{1p}^5 = (15,8 + 29,7) \cdot 0,25 + 0,25 \cdot 98,0 = \\ = 11,4 + 24,5 = 35,9 \text{ ტ};$$

3) კვეთ 3-ში:

ა) სიმტკიცეზე შემოწმებისათვის

$$Q_3 = (n_1 Q_{3g_1}^5 + n_2 Q_{3g_2}^5) \varepsilon_0 + n(1 + \mu) \varepsilon_0 Q_{3p}^5 =$$

$$= (1,3 \cdot 7,9 + 1,1 \cdot 13,65) \cdot 0,25 + 1,274 \cdot 1,305 \cdot 0,25 \cdot 65,1 = 6,6 + 27,0 = 33,6 \text{ ტ}$$

$\lambda_3 = 8,6$ მ, ამიტომ $n = 1,3 - 0,003 \cdot 8,6 = 1,274$;

ბ) მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე შემოწმებისათვის

$$Q_3^5 = (Q_{3g_1}^5 + Q_{3g_2}^5) \varepsilon_0 + \varepsilon_0 Q_{3p}^5 = \\ = (7,9 + 13,65) \cdot 0,25 + 0,25 \cdot 65,1 = 5,4 + 16,3 = 21,7 \text{ ტ};$$

4) კვეთ 4-ში (შუამალში):

ა) სიმტკიცეზე შემოწმებისათვის ($Q_{4g_1}^5 = 0$; $Q_{4g_2}^5 = 0$)

$$Q_4 = n(1 + \mu) \varepsilon_0 Q_{4p}^5 = 1,281 \cdot 1,305 \cdot 0,25 \cdot 38,4 = 16,1 \text{ ტ}$$

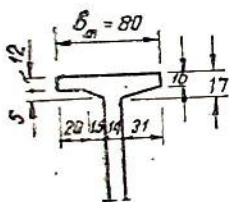
$\lambda_4 = 6,4$ ს, ამიტომ $n = 1,3 - 0,003 \cdot 6,4 = 1,281$;

ბ) მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე შემოწმებისათვის

$$Q_4^5 = \varepsilon_0 Q_4^5 = 0,25 \cdot 38,4 = 9,6 \text{ ტ}.$$

5. ფელის საანგარიშო ზომებისა და კოჭის მუშა არმატურის კვეთის განსაზღვრა

მაღის ნაგებობა შედგება ორი ბლოკისაგან; თითოეული ბლოკი კი წარმოადგენს ორ II-სებრ თხელკედლიან წიბოვან კონსტრუქციას



ნახ. 36

(ნახ. 30). ვინაიდან მუშა რელსი ემთხვევა წიბოებს შორის მანძილის შუა წერტილს, შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ ორივე წიბო იქნება თანაბრად დატვირთული. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ მარჯვენა წიბოს ამტანუნარიანობა უფრო ნაკლები იქნება, ვიდრე მარცხენასი, ვინაიდან მარჯვენა წიბოს (ფილის) თაროს საანგარიშო სიგანე b_m — ნაკლებია მარცხენასაზე. ამიტომ კოჭის საანგარიშო კვეთად ვიღებთ მარჯვენა წიბოს თავისი ფილით, რომლის b_m სიგანე უდრის მანძილს ბლოკის ღერძიდან მარჯვენა კონსოლის კიდემდე, ე. ი.

$$b_m = 35 + 50 + 15 = 80 \text{ სმ (ნახ. 36),}$$

ფილის დაყვანილი (საშუალო) სისქე h'_m უდრის:

$$h'_m = \frac{12 \cdot 20 + 0,5 \cdot (12 + 17) \cdot 15 + 0,5 \cdot (10 + 17) \cdot 31}{80 - 14} \approx 13 \text{ სმ.}$$

დაბოლოს, კოჭის საანგარიშო კვეთი მიიღებს მოხაზულობას, რომელიც ნაჩვენებია 37, ა ნახაზზე.

ამავე დროს a მანძილი არმატურის სიმძიმის ცენტრიდან კოჭის ძირამდე (ნახ. 37, ა და 37 ბ) უდრის (თუ არმატურის ღეროს დიამეტრი $d=20$ მმ):

$$a = \frac{6 \cdot 4 + 3 \cdot 5,7 + 5 \cdot 10,7 + 3 \cdot 12,4 + 2 \cdot 17,4 + 1 \cdot 19,1}{21} \approx 9 \text{ სმ},$$

მაშინ

$$h_0 = h - a = 170 - 9 = 161 \text{ სმ}.$$

არმატურის ფართობის განსაზღვრისათვის (32) ფორმულით შევამოწმოთ კვეთი შუამალში, სადაც მოქმედებს მომენტი $M_k = 230$ ტ. მ:

$$M_k = 23000000 \text{ კგ. სმ} <$$

$$< R_c b_0 h'_0 \left(h_0 - \frac{h'_0}{2} \right) =$$

$$= 150 \cdot 80 \cdot 13 \cdot \left(161 - \frac{13}{2} \right) = 24100000 \text{ კგ. სმ}$$

($R_c = 150$ კგ/სმ² 300 მარკის ბეტონისათვის).

მაშასადამე, ნეიტრალური ღერძი გადის ფილაში.

$$\text{ვინაიდან } \frac{h'_0}{h_0} = \frac{13}{161} = 0,081 < 0,2.$$

არმატურის კვეთის ფართობი შეგვიძლია გამოვიანგარიშოთ (40) ფორმულით:

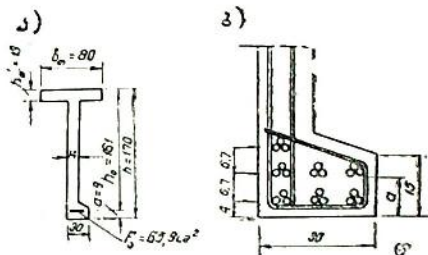
$$F_s = \frac{M}{R_s \left(h_0 - \frac{h'_0}{2} \right)}.$$

არმატურის საჭირო ფართობი უდრის (ფოლადი A-II — კლასისათვის $R_s = 2400$ კგ/სმ²):

ა) შუამალში ($M = M_k = 230$ ტ. მ და $h_0 = 161$ სმ)

$$F_s = \frac{23000000}{2400 \left(161 - \frac{13}{2} \right)} = 62,1 \text{ სმ}^2,$$

ვიღებთ 21 $\varnothing 20$, $F_s = 65,9$ სმ²;



ნახ. 37

3) შალის მეოთხედში ($M=M_2=172,1$ ტ. მ. $h_0 \approx 163$ სმ)

$$F_3 = \frac{17210000}{2400 \left(163 - \frac{13}{2}\right)} = 45,8 \text{ სმ}^2,$$

ვიღებთ $15 \leq 20$, $F_3 = 47,1 \text{ სმ}^2$.

6. კოჭის კვეთების შემოწმება სიმტკიცეზე

კოჭის კვეთის სიმტკიცეზე გამოწმება (1)–(3) ფორმულებით, მხოლოდ b ღონდა შევცვალოთ b_0 -ით.

1) კვეთის შემოწმება შუამალში:

$$x = \frac{R_0 F_3}{R_0 b_0} = \frac{2400 \cdot 65,9}{150 \cdot 80} = 13,1 \text{ სმ}$$

(ვინაიდან x -სა და h_0 -ს შორის ბივილეთ ძალიან მცირე განსხვავება, ამიტომ შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ ნეიტრალური ღერძი არ გამოდის ფილიდან და $x=13,0$ სმ);

მაშინ (1) ფორმულიდან მივიღებთ:

$$R_0 b_0 x (h_0 - 0,5x) = 150 \cdot 80 \cdot 13,0 \cdot (161 - 0,5 \cdot 13,0) = 24100000 \text{ კგ სმ} > M_4 = 23000000 \text{ კგ სმ},$$

მაშასადამე, კვეთის სიმტკიცე საკმარისია.

2) კვეთის შემოწმება შალის მეოთხედში

$$x = \frac{2400 \cdot 47,1}{150 \cdot 80} = 9,4 \text{ სმ},$$

მაშინ

$$R_0 b_0 x (h_0 - 0,5x) = 150 \cdot 80 \cdot 9,4 \cdot (163 - 0,5 \cdot 9,4) = 17800000 \text{ კგ სმ} > M_2 = 17210000 \text{ კგ სმ},$$

მაშასადამე, კვეთის სიმტკიცე საკმარისია.

7. კოჭის კვეთების შემოწმება გამძლეობაზე

კოჭის კვეთებს გამძლეობაზე ვანგარიშობთ (42), (44), (7) და (8) ფორმულებით.

300 ძირკის ბეტონისათვის $n' = 20$ (დანართი 11).

1) კვეთის შემოწმება შუამალში ($M_4 = 169,3$ ტ. მ; $M'_{49} = 51,8$ ტ. მ; $F_3 = 65,9 \text{ სმ}^2$; $h_0 = 161$ სმ):

ძაბვების ციკლის აპლიტუდა

$$\rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{M'_{49}}{M_4} = \frac{51,8}{169,3} = 0,306,$$

რასაც შეესაბამება:

ა) მე-9 დანართიდან $k_p = 1,10$;

ბ) მე-10 დანართიდან $\gamma_s = 1,20$.

საანგარიშო წინალომები გამძლეობაზე:

$$R'_s = 150 \cdot k_p = 115 \cdot 1,10 = 126 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$R'_c = 1700 \cdot \gamma = 1700 \cdot 1,20 = 2040 \text{ კგ/სმ}^2$$

(115 კგ/სმ² და 1700 კგ/სმ² სილიდეებს ვიღებთ 7 და 9 დანართებიდან).
ესაზღვრავთ A სიდიდეს (ფორმ. (43)):

$$A = \frac{n' F_s + (b_{\sigma} - b) h_{\sigma}}{b} = \frac{20 \cdot 65,9 + (80 - 14) 13}{14} = 155 \text{ სმ.}$$

ნეიტრალური ღერძის x_1 მდებარეობა (ფორმ. (42))

$$\begin{aligned} x_1 &= -A + \sqrt{A^2 + \frac{h_{\sigma}^2 (b_{\sigma} - b) + 2n' F_s h_0}{b}} = \\ &= -155 + \sqrt{155^2 + \frac{13^2 (80 - 14) + 2 \cdot 20 \cdot 65,9}{14}} = \\ &= -155 + 235 = 80 \text{ სმ.} \end{aligned}$$

დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ (ფორმ. (44)):

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{b_{\sigma} x_1^3}{3} - \frac{(b_{\sigma} - b) (x_1 - h'_{\sigma})^3}{3} + n' F'_s (h_0 - x_1)^2 = \\ &= \frac{80 \cdot 80^3}{3} - \frac{(80 - 14) (80 - 13)^3}{3} + 20 \cdot 65,9 (161 - 80)^2 = \\ &= 13660000 - 6610000 + 8620000 = 15670000 \text{ სმ}^4. \end{aligned}$$

ძაბვების სიდიდეები:

ა) ბეტონში (ფორმ. (7))

$$\sigma_s = \frac{M'_4}{I_1} x_1 = \frac{16930000}{15670000} \cdot 80 = 86,5 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_c = 126,5 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ბ) არმატურაში (ფორმ. (8))

$$\begin{aligned} \sigma_s &= n' \frac{M'_4}{I_1} (h_0 - x_1) = 20 \cdot \frac{16930000}{15670000} \cdot (161 - 80) = \\ &= 1750 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_s = 2040 \text{ კგ/სმ}^2, \end{aligned}$$

მაშასადამე, კოჭის კვეთი აკმაყოფილებს გამძლეობის პირობებს.

2) კვეთის შემოწმება მალის ზეოთხედში

($M_2' = 127,6$ ტმ; $M_{2g}' = 39,6$ ტმ; $F_s = 47,1$ სმ²; $h_0 = 163$ სმ):

$$\rho = \frac{M_{2g}'}{M_2'} = \frac{39,6}{127,6} = 0,31;$$

$$k_p = 1,105; \gamma = 1,21;$$

$$R'_{\text{ლ}} = 115 \cdot 1,105 = 127 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$R'_s = 1700 \cdot 1,21 = 2060 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$A = \frac{20 \cdot 47,1 + (80 - 14) \cdot 13}{14} = 129 \text{ სმ};$$

$$x_1 = -129 + \sqrt{129^2 + \frac{13^2(80 - 14) + 2 \cdot 20 \cdot 47,1 \cdot 163}{14}} =$$

$$= -129 + 198 = 69 \text{ სმ};$$

$$I_1 = \frac{80 \cdot 69^3}{3} - \frac{(80 - 14)(69 - 13)^3}{3} + 20 \cdot 47,1(163 - 69)^2 =$$

$$= 8770000 - 3860000 + 8320000 = 13230000 \text{ სმ}^4;$$

$$\sigma_s = \frac{12760000}{13230000} \cdot 69 = 66,5 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_{\text{ლ}} = 127 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$\sigma_s = 20 \cdot \frac{12760000}{13230000} (163 - 69) = 1820 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_s = 2060 \text{ კგ/სმ}^2,$$

ე. ი. გამძლეობის პირობები დაკმაყოფილებულია.

8. კოქის გაანგარიშება განივ ძალებზე

კოქის გაანგარიშება განივ ძალებზე დახრილ კვეთებში (საყრდენზე და წიბოს სისქის შეცვლის ადგილებში) ხდება (24) ფორმულით. განივი ძალების საანგარიშო სიდიდეებია:

$$Q_0 = 74,6 \text{ ტ (კვეთ 0-ში); } Q_1 = 53,8 \text{ ტ (კვეთ 1-ში) და}$$

$$Q_3 = 33,6 \text{ ტ (კვეთ 3-ში).}$$

წინასწარ გამოწმება (30) პირობას:

ა) კვეთ 0-ში ($b_1 = 30$ სმ, $h_0 = 165$ სმ)

$$Q_0 = 74600 \text{ კგ} < 0,25 R_{\text{ლ}} b_1 h_0 = 0,25 \cdot 150 \cdot 30 \cdot 165 = 186000 \text{ კგ};$$

ბ) კვეთ 1-ში ($b_2 = 22$ სმ, $h_0 = 163$ სმ)

$$Q_1 = 53800 \text{ კგ} < 0,25 \cdot 150 \cdot 22 \cdot 163 = 134000 \text{ კგ};$$

გ) კვეთ 3-ში ($b_3=14$ სმ; $h_0=161$ სმ)

$$Q_3=33600 \text{ კგ} < 0,25 \cdot 150 \cdot 14 \cdot 161=84500 \text{ კგ},$$

ე. ი. პირობა (30) დაკმაყოფილებულია.

(31) ფორმულით ვარკვევთ, საჭიროა თუ არა დახრილი კვეთების გაანგარიშება სიმტკიცეზე (300 მარკის ბეტონისათვის $R_{bf}=9,5$ კგ/სმ²):

ა) კვეთ 0-ში

$$Q_0=74600 \text{ კგ} > R_{bf} \cdot b_1 \cdot h_0=9,5 \cdot 30 \cdot 165=47300 \text{ კგ};$$

ბ) კვეთ 1-ში

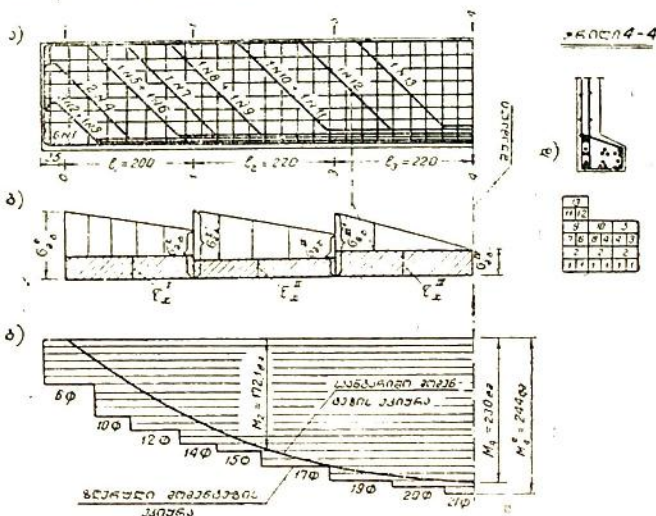
$$Q_1=53800 \text{ კგ} > R_{bf} \cdot b_2 \cdot h_0=9,5 \cdot 22 \cdot 163=34000 \text{ კგ};$$

გ) კვეთ 3-ში

$$Q_3=33600 \text{ კგ} > R_{bf} \cdot b_3 \cdot h_0=9,5 \cdot 14 \cdot 161=21200 \text{ კგ}.$$

მაშასადამე, საკიდები და აღუნული არმატურა საჭიროა.

(28) ფორმულით გამოვთვალოთ განივი ძალა, რომელიც შეუძლია აიტანოს მარტო ბეტონმა და საკიდებმა.



ნახ. 38.

ავილოთ საკიდები, რომელთა დიამეტრია: $d_s=8$ მმ; ფოლადი A-I კლასისა (БМСт. 300), რომლის საანგარიშო წინაღობა უდრის 1900 კგ/სმ²-ს (დანართი 4).

საკიდების ბიჯი U_s ავილოთ (ნახ. 38, ა) შემდეგნაირად: პირველ უბანზე (l_1) $U_s=20$ სმ, მეორე (l_2) და მესამე (l_3) უბნებზე $U_s=15$ სმ.

მაშინ საკიდებზე მოსული $q_{ს.ა}$ ზღვრული ძალა კოჭის სიგრძის ერთეულზე ტოლი იქნება (ფორმ. (27)):

ა) l_1 უბანზე

$$q_{ს.ა} = \frac{m_{ს.ა} \cdot R_{ა} \cdot f_{ს} \cdot n_{ს}}{U_{ა}} = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 4}{20} = 153 \text{ კგ/სმ},$$

სადაც $f_{ს}$ არის საკიდის შტოს კვეთის ფართობი:

$$f_{ს} = \frac{\pi \cdot d_{ს}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} = 0,503 \text{ სმ}^2;$$

$n_{ს}$ — საკიდების შტოების რაოდენობა ერთ განივ კვეთში:

$$n_{ს} = 4;$$

$m_{ს.ა}$ — საკიდების მუშაობის პირობების კოეფიციენტი:

$$m_{ს.ა} = 0,8;$$

ბ) l_2 და l_3 უბნებზე

$$q_{ს.ა} = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 2}{15} = 102 \text{ კგ/სმ}.$$

$Q_{ს.ა}$ სიდიდეები ტოლია (ფორმ. (28)):

ა) l_1 უბანზე ($b_1 = 30$ სმ, $h_0 = 165$ სმ)

$$Q_{ს.ა} = \sqrt{0,6 R_{ლ} b_1 h_0^2 q_{ს.ა}} - q_{ს.ა} \cdot U_{ა} = \sqrt{0,6 \cdot 150 \cdot 30 \cdot 165^2 \cdot 153} - 153 \cdot 20 = 106500 - 3060 = 103440 \text{ კგ};$$

ბ) l_2 უბანზე ($b_2 = 22$ სმ, $h_0 = 163$ სმ)

$$Q_{ს.ა} = \sqrt{0,6 \cdot 150 \cdot 22 \cdot 163^2 \cdot 102} - 102 \cdot 15 = 73200 - 1530 = 71670 \text{ კგ};$$

გ) l_3 უბანზე ($b_3 = 14$ სმ, $h_0 = 161$ სმ)

$$Q_{ს.ა} = \sqrt{0,6 \cdot 150 \cdot 14 \cdot 161^2 \cdot 102} - 1530 = 56170 \text{ კგ}.$$

$Q_{ს.ა}$ და Q სიდიდეების შედარებით დავრწმუნდებით, რომ ყველა უბანზე $Q < Q_{ს.ა}$, მაშასადამე, დახრილი კვეთების სიმტკიცეზე შემოწმების პირობიდან გამომდინარეობს, რომ აღუწერილი არმატურა არ არის საჭირო.

გამოვთვალთ საკიდების ბიჯის სიდიდე იმ ვარაუდით, რომ Q განივი ძალა მთლიანად გადაეცემა საკიდებსა და ბეტონზე.

(28) ფორმულიდან ვსაზღვრავთ $q_{ს.ა}$ -ს (მხოლოდ $Q_{ს.ა}$ -ს ნაცვლად უნდა ჩავსვათ საანგარიშო Q):

ა) l_1 უბანზე ($h_0 = 165$ სმ; $n_{ს} = 4$; $b_1 = 30$ სმ)

$$q_{ს.ა} = \frac{(Q_0 + m_{ს.ა} R_{ა} \cdot f_{ს} \cdot n_{ს})^2}{0,6 R_{ლ} b_1 h_0^2} = \frac{(74600 + 0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 4)^2}{0,6 \cdot 150 \cdot 30 \cdot 165^2} = 81 \text{ კგ/სმ};$$

ბ) l_2 უბანზე ($h_0=163$ სმ, $n_0=2$; $b_2=22$ სმ)

$$q_{\text{ს.ა}} = \frac{(53800 + 0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 2)^2}{0,6 \cdot 150 \cdot 22 \cdot 163^2} = 58,2 \text{ კგ/სმ};$$

გ) l_3 უბანზე ($h_0=161$ სმ; $n_0=2$; $b_3=14$ სმ)

$$q_{\text{ს.ა}} = \frac{(33600 + 0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 2)^2}{0,6 \cdot 150 \cdot 14 \cdot 161^2} = 37,8 \text{ კგ/სმ}.$$

(27) ფორმულიდან ვსაზღვრავთ U_0 საკიდების ბიჯს, რომელიც საჭიროა სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის:

ა) l_1 უბანზე

$$U_0 = \frac{0,8 \cdot R_0 \cdot f_{\text{ს}} \cdot n_0}{q_{\text{ს.ა}}} = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 4}{81} = 37,8 \text{ სმ};$$

ბ) l_2 უბანზე

$$U_0 = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 2}{58,2} = 26,2 \text{ სმ};$$

გ) l_3 უბანზე

$$U_0 = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 2}{37,8} = 40,5 \text{ სმ}.$$

საბოლოოდ საკიდების ბიჯს ვიღებთ (კონსტრუქციულად) შემდეგნაირად:

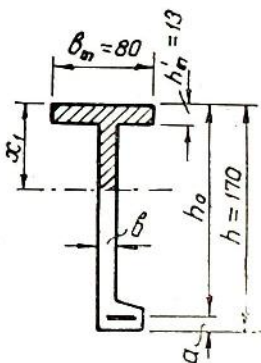
l_1 უბანზე $U_0=30$ სმ;

ხოლო l_2 და l_3 უბანებზე $U_0=25$ სმ.

9. კოჭის გაანგარიშება მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე

მთავარი გამჭიმავი ძაბვები ნეიტრალური ღერძის ღონეზე (ანუ ძხები ძაბვები) ისაზღვრება (54) ფორმულით, რისთვისაც საჭიროა წინასწარ გამოვთვალოთ შეკუმშული ზონის სტატიკური მომენტი S და დაჟვანილი ინერციის მომენტი I კოჭის 0, 1, 3 და 4 კვეთებში (ნახ. 33) (55) — (63) ფორმულებით.

ნეიტრალური ღერძის მდებარეობას (ნახ. 39) ვსაზღვრავთ (61) ფორმულით, მხოლოდ აქ $F_0'=0$.



ნახ. 39

x , S და I სიდიდეები გამოთვლება ასე:

1) კვეთ 0-ში ($b_1=30$ სმ, $h_0=165$ სმ, $F_0=18,84$ სმ² (6×20)):

$$A_0 = \frac{n_1 \cdot F_0 + (b_0 - b_1) h'_0}{b} = \frac{6,67 \cdot 18,84 + (80 - 30) 13}{30} = 25,9 \text{ სმ.}$$

(A —II კლასის ფოლადისათვის (Ст. 500-სათვის). $E_0=2100000$ კგ/სმ² (დან. 6); 300 მარკის ბეტონისათვის $E_b=315000$ კგ/სმ² (დანართი 5), მაშინ

$$n_1 = \frac{E_0}{E_b} = \frac{2100000}{315000} = 6,67;$$

$$\begin{aligned} x &= -A_0 + \sqrt{A_0^2 + \frac{h_0^2(b_0 - b) + 2n_1 F_0 h_0}{b}} = \\ &= -25,9 + \sqrt{25,9^2 + \frac{13^2(80 - 30) + 2 \cdot 6,67 \cdot 18,84 \cdot 165}{30}} = \\ &= -25,9 + 48,3 = 22,4 \text{ სმ.} \end{aligned}$$

ვინაიდან $x > h_0 = 13$ სმ, ვიყენებთ (56) და (58) ფორმულებს:

$$\begin{aligned} S_0 &= (b_0 - b) h'_0 \left(x - \frac{h'_0}{2} \right) + \frac{bx^2}{2} = (80 - 30) \cdot 13 \left(22,4 - \frac{13}{2} \right) + \\ &+ \frac{30 \cdot 22,4^2}{2} = 10320 + 7520 = 17840 \text{ სმ}^3; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{b_0 x^3}{3} - \frac{(b_0 - b)(x - h'_0)^3}{3} + n_1 \cdot F_0 (h_0 - x)^2 = \\ &= \frac{80 \cdot 22,4^3}{3} - \frac{(80 - 30)(22,4 - 13)^3}{3} + 6,67 \cdot 18,84 (165 - 22,4)^2 = \\ &= 300000 - 13850 + 2550000 = 2836150 \text{ სმ}^4. \end{aligned}$$

2) კვეთ 1-ში ($b_2=22$ სმ, $h_0=163$ სმ, $F_0=43,8$ სმ² (14×20)):

$$A_0 = \frac{6,67 \cdot 43,8 + (80 - 22) 13}{22} = 47,6 \text{ სმ;}$$

$$\begin{aligned} x &= -47,6 + \sqrt{47,6^2 + \frac{13^2 \cdot (80 - 22) + 2 \cdot 6,67 \cdot 43,8 \cdot 163}{22}} = \\ &= -47,6 + 83,8 = 36,2 \text{ სმ,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= (80 - 22) \cdot 13 \left(36,2 - \frac{13}{2} \right) + \frac{22 \cdot 36,2^2}{2} = \\ &= 22400 + 14400 = 36800 \text{ სმ}^3; \end{aligned}$$

$$J_1 = \frac{80 \cdot 36,2^3}{3} - \frac{(80-22)(36,2-13)^3}{3} + 6,67 \cdot 43,8(163-36,2)^2 = \\ = 1265000 - 242000 + 4690000 = 5713000 \text{ სმ}^4.$$

3) კვეთ 3-ში ($b_3 = 14 \text{ სმ}$; $h_0 = 162 \text{ სმ}$; $F_3 = 53,4 \text{ სმ}$ ($17 \varnothing 20$)):

$$A_0 = \frac{6,67 \cdot 53,4 + (80-14) \cdot 13}{14} = 86,7 \text{ სმ};$$

$$x = -86,7 + \sqrt{86,7^2 + \frac{13^2(80-14) + 2 \cdot 6,67 \cdot 53,4 \cdot 162}{14}} = \\ = -86,7 + 128,6 = 41,9 \text{ სმ};$$

$$S_3 = (80-14) \cdot 13 \left(41,9 - \frac{13}{2} \right) + \frac{14 \cdot 41,9^2}{2} = 30400 + 12300 = \\ = 42700 \text{ სმ}^2;$$

$$I_3 = \frac{80 \cdot 41,9^3}{3} - \frac{(80-14)(41,9-13)^3}{3} + 6,67 \cdot 53,4(162-41,9)^2 = \\ = 1966000 - 531000 + 5130000 = 6565000 \text{ სმ}^4.$$

4) კვეთ 4-ში ($b_3 = 14 \text{ სმ}$; $h_0 = 161 \text{ სმ}$; $F_4 = 65,9 \text{ სმ}^2$ ($21 \varnothing 20$)):

$$A_0 = \frac{6,67 \cdot 65,9 + (80-14) \cdot 13}{14} = 92,7 \text{ სმ};$$

$$x = -92,7 + \sqrt{92,7^2 + \frac{13^2(80-14) + 2 \cdot 6,67 \cdot 65,9 \cdot 161}{14}} = \\ = -92,7 + 139,6 = 46,9 \text{ სმ};$$

$$S_4 = (80-14) \cdot 13 \left(46,9 - \frac{13}{2} \right) + \frac{14 \cdot 46,9^2}{2} = 34600 + 15400 = 50000 \text{ სმ}^2;$$

$$I_4 = \frac{80 \cdot 46,9^3}{3} - \frac{(80-14)(46,9-13)^3}{3} + 6,67 \cdot 65,9(161-46,9)^2 = \\ = 2750000 - 856000 + 5720000 = 7614000 \text{ სმ}^4.$$

მთავარი გამჭიმავი ძაბვების სიდიდეები უდრის:

1) კვეთ 0-ში ($Q_0^5 = 50,4 \text{ ტ}$)

$$\sigma_{3,3}^0 = \frac{Q_0^5 \cdot S_0}{I_0 \cdot b} = \frac{50400 \cdot 17840}{2836150 \cdot 30} = 10,6 \text{ კგ/სმ}^2 < R_{3,3} = 32 \text{ კგ/სმ}^2;$$

2) კვეთ 1-ში ($Q_1^5 = 35,9 \text{ ტ}$):

მარცხენი ($b_1 = 30 \text{ სმ}$)

$$\sigma_{3,3}^1 = \frac{Q_1^5 \cdot S_0}{I_0 \cdot b_1} = \frac{35900 \cdot 17840}{2836150 \cdot 30} = 7,5 \text{ კგ/სმ}^2;$$

მარჯვნივ ($b_2 = 22$ სმ)

$$\sigma_{\alpha,\beta}^{I'} = \frac{Q_1^5 \cdot S_1}{I_1 \cdot b_2} = \frac{35900 \cdot 36800}{5713000 \cdot 22} = 10,5 \text{ კგ/სმ}^2;$$

3) კვეთ 3-ში ($Q_3^5 = 21,7$ ტ):

მარჯვნივ ($b_2 = 22$ სმ)

$$\sigma_{\alpha,\beta}^{III} = \frac{Q_3^5 \cdot S_1}{I_1 \cdot b_2} = \frac{21700 \cdot 36800}{5713000 \cdot 22} = 6,4 \text{ კგ/სმ}^2;$$

მარჯვნივ ($b_3 = 14$ სმ)

$$\sigma_{\alpha,\beta}^{III'} = \frac{Q_3^5 \cdot S_3}{I_3 \cdot b_3} = \frac{21700 \cdot 42700}{6565000 \cdot 14} = 10,1 \text{ კგ/სმ}^2;$$

4) კვეთ 4-ში ($Q_4^5 = 9,6$ ტ):

$$\sigma_{\alpha,\beta}^{IV} = \frac{Q_4^5 \cdot S_4}{I_4 \cdot b_3} = \frac{9600 \cdot 50000}{7614000 \cdot 14} = 4,5 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ვინაიდან ყველა კვეთში, გარდა კვეთი 4-ისა, $\sigma_{\alpha,\beta} > R_{\alpha,\beta} = 9,5 \text{ კგ/სმ}^2$, საჭიროა მთავარი გამჭიმავი ძაბვები გადაცემული იყოს საკიდებსა და აღუნულ ღეროებზე.

ვაგებთ მთავარი გამჭიმავი ძაბვების ეპიურას (ნახ. 38, ბ). მთავარი გამჭიმავი ძაბვების სიდიდე, რომელიც შეიძლება გადავცეთ საკიდებზე, უდრის:

ა) I_1 უბანზე ($b_1 = 30$ სმ; $U_s = 30$ სმ; $n_s = 4$)

$$\tau_b^I = \frac{m_{a.s.} \cdot R_a \cdot f_b \cdot n_b}{b_1 U_s} = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 4}{30 \cdot 30} = 3,4 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ბ) I_2 უბანზე ($b_2 = 22$ სმ; $U_s = 25$ სმ; $n_b = 2$)

$$\tau_b^{II} = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 2}{22 \cdot 25} = 2,78 \text{ კგ/სმ}^2;$$

გ) I_3 უბანზე ($b_3 = 14$ სმ; $U_s = 25$ სმ; $n_b = 2$)

$$\tau_b^{III} = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 0,503 \cdot 2}{14 \cdot 25} = 4,45 \text{ კგ/სმ}^2.$$

გადავზომოთ τ_b -ის მნიშვნელობები მთავარი გამჭიმავი ძაბვების ეპიურაზე (ნახ. 38, ბ). ეპიურის დანარჩენი (დაუშტრიხავი) ნაწილი გადაცემული უნდა იყოს აღუნულ (ირიბ) ღეროებზე.

აღუნული ღეროების საჭირო ფართობი ($F_{\text{აღ}}$) უდრის:

ა) l_1 უბანზე:

$$F_{\text{აღ}} = \frac{\sigma_{\text{აღ}}^0 + \sigma_{\text{აღ}}^I - 2 \cdot \tau_{\text{აღ}}^I}{2R_{\text{აღ}}} \cdot l_1 b_1 \cos 45^\circ =$$

$$= \frac{10,6 + 7,5 - 2 \cdot 3,4}{2 \cdot 2400} \cdot 200 \cdot 30 \cdot 0,707 = 10,0 \text{ სმ}^2,$$

ვლუწავთ კონსტრუქციულად $5 \text{ } \varnothing 20$, $F_{\text{აღ}} = 15,7 \text{ სმ}^2$;

ბ) l_2 უბანზე

$$F_{\text{აღ}} = \frac{\sigma_{\text{აღ}}^{I'} + \sigma_{\text{აღ}}^{III} - 2 \tau_{\text{აღ}}^{II}}{2R_{\text{აღ}}} \cdot l_2 \cdot b_2 \cos 45^\circ =$$

$$= \frac{10,5 + 6,4 - 2 \cdot 2,78}{2 \cdot 2400} \cdot 220 \cdot 22 \cdot 0,707 = 8,1 \text{ სმ}^2,$$

ვლუწავთ $4 \text{ } \varnothing 20$, $F_{\text{აღ}} = 12,56 \text{ სმ}^2$;

გ) l_3 უბანზე

$$F_{\text{აღ}} = \frac{\sigma_{\text{აღ}}^{III'} + \sigma_{\text{აღ}}^{IV} - 2 \tau_{\text{აღ}}^{IV}}{2R_{\text{აღ}}} \cdot l_3 b_3 \cos 45^\circ =$$

$$= \frac{10,1 + 4,5 - 2 \cdot 4,45}{2 \cdot 2400} \cdot 220 \cdot 14 \cdot 0,707 = 2,6 \text{ სმ}^2,$$

ვლუწავთ $2 \text{ } \varnothing 20$, $F_{\text{აღ}} = 6,28 \text{ სმ}^2$.

შემდეგ ეპიურის თითოეულ უბანს ეყოფთ იმდენ ტოლ ნაწილად, რამდენი ღეროცაა ასაღუნავი ამ უბნიდან (ნახ. 38, ბ) და ვსაზღვრავთ ღეროების აღუნვის სიბრტყეებს ისევე, როგორც მე-3 მაგალითში. 38-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ღეროების აღუნვის სქემა (ნახ. 38, ა), მთავარი გამკიშავი ძაბვების ეპიურა (ნახ. 38, ბ), მომენტების ეპიურა (მასალათა ეპიურა, ნახ. 38, გ), არმატურის განლაგება კოჭის შუამალში ნომრების მიხედვით (ნახ. 38, დ). საჭირო ახსნა-განმარტება განხილულია 62—64 ე გვერდებზე $(M_4^0 = R_{\text{აღ}} \cdot m \cdot f_{\text{აღ}} \left(h_0 - \frac{h_{\text{აღ}}}{2} \right) = 2400 \cdot 21 \cdot 3,14 \times$

$$\times \left(161 - \frac{13}{2} \right) = 244 \text{ ტმ}.$$

დანარჩენი გაანგარიშებანი (ჩაღუნვაზე, ბზარების გახსნაზე და სხვ.) ხდება მე-3 მაგალითის ანალოგიურად.

§ 13. რკინიგზის წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონის მალის ნაშენის კოჭის გაანგარიშება

მაგალითი 5. გავიანგარიშოთ რკინიგზის წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონის ორსეკციანი მალის ნაშენის ბლოკი (კოჭი) შემდეგი მონაცემებით:

ღროებითი მოძრავი ვერტიკალური დატვირთვა — CK ;

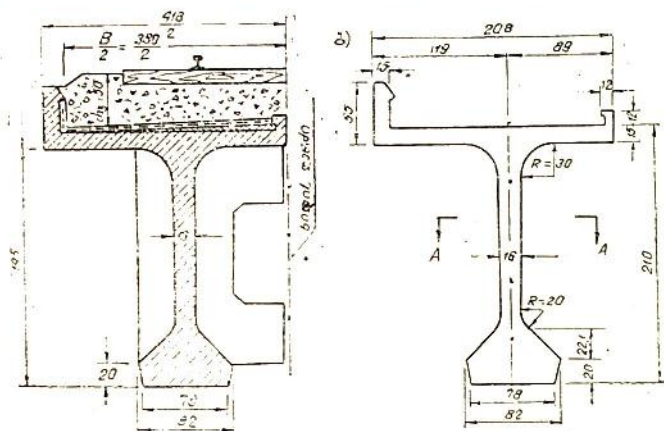
დატვირთვის კლასი $K=14$;

კოჭის სრული სიგრძე (ნახ. 40) $l_k=27$ მ;

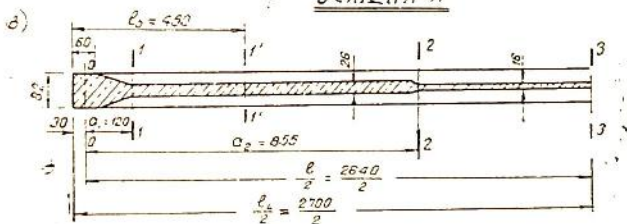
კოჭის საანგარიშო სიგრძე $l=26,4$ მ;

ბეტონის მარკა — 500, A ჯგუფისა;

დაძაბული არმატურა — გლუვი ცივქიმული მაღალი სიმტკიცის ფოლადის მავთული $B-II$ კლასისა, დიამეტრით 5 მმ ($R_s^t=17000$ კგ/სმ²;



გ. სიბრტყის ღერძი



ნახ. 40

$R_{s1}=11000$ კგ/სმ²; $R_{s2}=9800$ კგ/სმ²); დაუძაბავი არმატურა — ფოლადი $A-II$ და $A-I$ კლასებისა.

კოჭზე დაჭიმვის გადაცემამდე და აგრეთვე კოჭის ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის დროს ფილის ზედა სიბრტყეში მას უკეთდება ორი ინვენტარული დაძაბული არმატურის კონა.

კოჭის ზომები მოცემულია 40-ე ნახაზზე.

4. კოჭის ფილის გაანგარიშება

ფილა არმირებულია დაუძაბავი არმატურით. იგი წარმოადგენს კონსოლს (ნახ. 40) და მუშაობს შემდეგ დატვირთვებზე:

ფილის საკუთარი წონა — g_1 ;

ჰიდროიზოლაციისა და

დამცველი შრის წონა — g_2 ;

სავალი ნაწილის ბალასტის წონა — g_3 ;

ტროტუარის დროებითი დატვირთვა (იხ. [1],

პ. 125) — p_1 ;

დროებითი მოძრავი დატვირთვა — p_2 .

41-ე ნახაზზე მოცემულია ფილის საანგარიშო სქემა (გაანგარიშების გამარტივების მიზნით ვუშვებთ, რომ ტროტუარის კონსოლისა და ბორტის კედლის ნაცვლად ფილა გაგრძელებულია მოაჯირის დგარამდე).

დატვირთვების სიდიდეები ტოლია:

ა) ფილის საკუთარი წონისაგან:

ნორმატიული

$$g_1^{\text{ნ}} = h_1 \gamma_1 = 0,15 \cdot 2,5 = 0,375 \text{ ტ/მ}^2;$$

საანგარიშო

$$g_1 = n_1 g_1^{\text{ნ}} = 1,1 \cdot 0,375 = 0,412 \text{ ტ/მ}^2;$$

ბ) ჰიდროიზოლაციისა და დამცველი შრისაგან:

ნორმატიული

$$g_2^{\text{ნ}} = h_2 \gamma_2 = 0,1 \cdot 2,3 = 0,23 \text{ ტ/მ}^2;$$

საანგარიშო

$$g_2 = n_2 g_2^{\text{ნ}} = 1,5 \cdot 0,23 = 0,345 \text{ ტ/მ}^2;$$

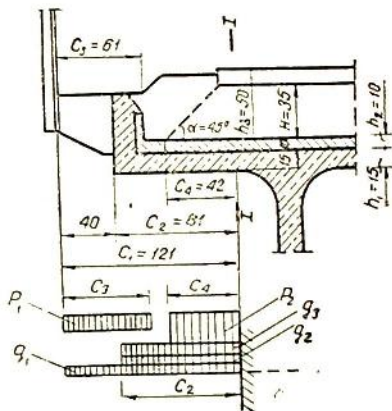
გ) სავალი ნაწილის ბალასტისაგან:

ნორმატიული

$$g_3^{\text{ნ}} = h_3 \gamma_3 = 0,5 \cdot 2,0 = 1,0 \text{ ტ/მ}^2;$$

საანგარიშო

$$g_3 = n_3 g_3^{\text{ნ}} = 1,3 \cdot 1,0 = 1,3 \text{ ტ/მ}^2;$$



ნახ. 41

დ) ტროტუარის დროებითი დატვირთვისაგან:
ნორმატიული

$$p_1^5 = 1,0 \text{ ტ/მ}^2;$$

საანგარიშო

$$p_1 = n_1 p_1^5 = 1,1 \cdot 1,0 = 1,1 \text{ ტ/მ}^2;$$

ე) დროებითი მოძრავი დატვირთვისაგან:
ნორმატიული (ფორმ. (95))

$$p_2^5 = \frac{2K}{2,7 + 2H} = \frac{2 \cdot 14}{2,7 + 2 \cdot 0,35} = 8,25 \text{ ტ/მ}^2;$$

საანგარიშო

$$p_2 = n(1 + \mu) p_2^5 = 1,3 \cdot 1,5 \cdot 8,25 = 16,1 \text{ ტ/მ}^2,$$

სადაც n_1, n_2, n_3 არის გადატვირთვის კოეფიციენტები, ვიღებთ [1]-დან (პ. 115);

n — გადატვირთვის კოეფიციენტი მოძრავი დატვირთვისათვის, ვიღებთ [1]-დან (პ. 127), როდესაც $\lambda = 0$;

$1 + \mu$ — დინამიკური კოეფიციენტი:

$$1 + \mu = 1 + \frac{10}{20 + \lambda} = 1 + \frac{10}{20 + 0} = 1,50.$$

ფილის ყველაზე სახიფათო კვეთი არის I—I (ნახ. 41), რომლის მარჯვნივ მატულობს ფილის სისქე. ამ კვეთისათვის ვსაზღვრავთ ფილის ერთ გრძივ მეტრზე (ხიდის გასწვრივ) მოსულ მლუნავ მომენტსა და გაწევი ძალას.

მლუნავი მომენტების უდიდესი სიდიდეებია:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$\begin{aligned} M &= g_1 \frac{c_1^2}{2} + (g_2 + g_3) \frac{c_2^2}{2} + p_1 c_3 \left(c_1 - \frac{c_3}{2} \right) + p_2 \cdot \frac{c_4^2}{2} = \\ &= 0,412 \cdot \frac{1,21^2}{2} + (0,345 + 1,3) \cdot \frac{0,81^2}{2} + 1,1 \cdot 0,61 \cdot \left(1,21 - \frac{0,61}{2} \right) + \\ &+ 16,1 \cdot \frac{0,42^2}{2} = 0,412 \cdot 0,733 + 1,645 \cdot 0,328 + 1,1 \cdot 0,542 + 16,1 \cdot 0,0883 = \\ &= 2,87 \text{ ტმ}; \end{aligned}$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$\begin{aligned} M' &= M'_{p_1} + M'_{p_2} + M'_{r_1} + M'_{p_3} = g_1^5 \cdot 0,733 + (g_2^5 + g_3^5) \cdot 0,328 + \\ &+ p_1^5 \cdot 0,542 + p_2^5 \cdot (1 + \mu) \cdot 0,0883 = 0,375 \cdot 0,733 + 1,23 \cdot 0,328 + \\ &+ 1,0 \cdot 0,542 + 8,25 \cdot 1,3 \cdot 0,0883 = 0,275 + 0,403 + 0,542 + 0,945 = 2,16 \text{ ტმ}. \end{aligned}$$

[2], პ. 3.27) განივი ძალის უდიდესი მნიშვნელობა (ნორმატიული, თანახმად

$$Q^6 = g_1^6 c_1 + (g_2^6 + g_3^6) c_2 + p_1^6 c_3 + p_2^6 c_4 = 0,375 \cdot 1,21 + \\ + (0,23 + 1,0) \cdot 0,81 + 1,0 \cdot 0,61 + 8,25 \cdot 0,42 = 5,52 \text{ ტ.}$$

ძაბვების ციკლის ამპლიტუდა

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{M_g'}{M'} = \frac{0,678}{2,16} = 0,31,$$

სადაც M_g' არის მომენტი ფილაში მუდმივი დატვირთვებისაგან:

$$M_g' = M'_{g_1} + M'_{g_{1,2}} = 0,275 + 0,403 = 0,678 \text{ ტმ.}$$

ბეტონის წინალობა (500 მარკისა) უდრის:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის (დანართი 3)

$$R_c = 255 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის (დანართები 7 და 8)

$$R'_c = 195 \cdot k_p = 195 \cdot 1,105 = 215 \text{ (კგ/სმ}^2\text{)}.$$

არმატურის წინალობა (Ст. 500 მარკისა) უდრის:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის (დანართი 4)

$$R_s = 2400 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის (დანართები 9 და 10)

$$R'_s = 1700 \cdot \gamma = 1700 \cdot 1,205 = 2040 \text{ (კგ/სმ}^2\text{)}.$$

ფილის სასარგებლო სიმაღლე (ნახ. 42)

$$h_0 = h_1 - a = 15 - 3,0 = 12 \text{ სმ.}$$

ფილის არმირების საჭირო პროცენტი:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის (ფილის სიგანე $b = 100 \text{ სმ}$)

$$\frac{M}{R_c b h_0^2} = \frac{287000}{255 \cdot 100 \cdot 12^2} = 0,078,$$

რასაც 1-ლი ცხრილიდან შეესაბამება (ინტერპოლაციით)

$$\frac{R_s}{R_c} \cdot \mu = 0,081;$$

აქედან

$$\mu = 0,081 \cdot \frac{255}{2400} = 0,0086 = 0,86\%;$$

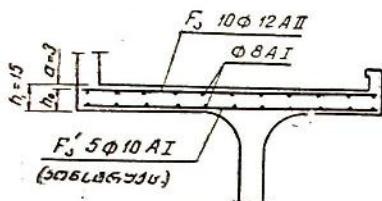
ბ) ბეტონის გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$\frac{M'}{R'_c b h_0^2} = \frac{216000}{215 \cdot 100 \cdot 12^2} = 0,07;$$

რასაც მე-2 ცხრილიდან შეესაბამება ($n' = 10$, იხ. დანართი 11)

$$\mu = 0,15\%$$

გ) არმატურის გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის



ნახ. 42

$$\frac{M' n'}{R'_{\text{с}} b h_0^2} = \frac{216000 \cdot 10}{2040 \cdot 100 \cdot 12^2} = 0,074,$$

რასაც მე-2 ცხრილიდან შეესაბამება

$$\mu = 0,83\%.$$

განგარიშებისათვის ვი-

ღებთ უდიდეს პროცენტს, ე. ი.

$$\mu = 0,86\% = 0,0086.$$

არმატურის საჭირო განივკვეთის ფართობი

$$F_a = \mu b h_0 = 0,0086 \cdot 100 \cdot 12 = 10,3 \text{ სმ}^2.$$

ვიღებთ 10 Ø 12, ფართობი $F_a = 11,31 \text{ სმ}^2$ (ნახ. 42).

1. ფილის შემოწმება სიმტკიცეზე

ნეიტრალური ღერძის მდებარეობა (ფორმ. (3))

$$x = \frac{R_s F_a}{R_{\text{с}} b} = \frac{2400 \cdot 11,31}{255 \cdot 100} = 1,1 \text{ (სმ)}$$

(სიმცილის გამო F_a' არმატურას მხედველობაში არ ვღებულობთ).
ვაშოწმებთ (1) პირობას

$$\begin{aligned} M &= 28700 \text{ კგ.სმ} < R_{\text{с}} b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = \\ &= 255 \cdot 100 \cdot 1,1 \cdot \left(12,0 - \frac{1,1}{2} \right) = 314000 \text{ კგ.სმ.} \end{aligned}$$

მაშასადამე, სიმტკიცის პირობა დაკმაყოფილებულია.

2. ფილის შემოწმება გამძლეობაზე

ნეიტრალური ღერძის x_1 მდებარეობა განისაზღვრება (10) ფორმულით, როდესაც $n' = 10$:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{n' F_a}{b} \left(\sqrt{1 + \frac{2 b h_0}{n' F_a}} - 1 \right) = \\ &= \frac{10 \cdot 11,31}{100} \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 12}{10 \cdot 11,31}} - 1 \right) = 4,2 \text{ სმ;} \end{aligned}$$

დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი I_1 ნეიტრალური ღერძის მიმართ უდრის (ფორმ. (11)):

$$I_1 = \frac{bx_1^3}{3} + n' F_0 (h_0 - x_1)^2 = \frac{100 \cdot 4,2^3}{3} + 10 \cdot 11,31 \cdot (12 - 4,2)^2 = 9340 \text{ სმ}^4.$$

ძაბვების სიდიდეები უდრის:

ა) ბეტონის შეკუმშულ ზონაში (ქვედა კიდეში)

$$\sigma_a = \frac{M'}{I_1} x_1 = \frac{216000}{9340} \cdot 4,2 = 97 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_c = 215 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ბ) გაჭიმულ არმატურაში

$$\sigma_s = n' \frac{M'}{I_1} (h_0 - x_1) = 10 \cdot \frac{216000}{9340} (12 - 4,2) = 1810 \text{ კგ/სმ}^2 < R_s' = 2040 \text{ კგ/სმ}^2.$$

3. ფილის შემოწმება ბზარმედგობაზე (პირობით მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე)

ნეიტრალური ღერძის მდებარეობა ((60) და (62) ფორმულებით, როდესაც $F_0' = 0$):

$$x = -A_1 + \sqrt{A_1^2 + \frac{2n_1 F_0}{b} \cdot h_0}.$$

აქ

$$A_1 = \frac{n_1 F_0}{b} = \frac{5,4 \cdot 11,31}{100} = 0,61 \quad (n_1 = 5,4 \text{ იხ. დანართი 12}),$$

ამიტომ

$$x = -0,61 + \sqrt{0,61^2 + 2 \cdot 0,61 \cdot 12} = 3,26 \text{ სმ} \approx 3,3 \text{ სმ}.$$

შეკუმშული ზონის სტატიკური მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ (ფორმ. (55), $F_0' = 0$):

$$S_1 = \frac{bx^2}{2} = \frac{100 \cdot 3,3^2}{2} = 545 \text{ სმ}^3.$$

დაყვანილი კვეთის ინერციის მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ (ფორმ. (57)):

$$I_1 = \frac{bx^3}{3} + n_1 F_0 (h_0 - x)^2 = \frac{100 \cdot 3,3^3}{3} + 5,4 \cdot 11,31 (12,0 - 3,3)^2 = 5820 \text{ სმ}^4.$$

მთავარი გამჭიმავი ძაბვა ტოლია

$$\sigma_{\text{გ.გ}} = \frac{Q^{\text{გ}} \cdot S_1}{I_1 \cdot b} = \frac{5520 \cdot 545}{5820 \cdot 100} = 5,2 \text{ კგ/სმ}^2 < R_{\text{გ.გ}} = 42 \text{ კგ/სმ}^2.$$

B. კოჟის გაანგარიშება

1. მუდმივი და დროებითი დატვირთვების ინტენსიურობა

ნორმატიული და საანგარიშო დატვირთვების სიდიდეებს ვსაზღვრავთ მე-40 ნახაზზე მოცემული ზომებისა და აგრეთვე ტექნიკური პირობების [1] მიხედვით.

საანგარიშო დატვირთვის მიღებისათვის ნორმატიული დატვირთვა მრავლდება n -ზე ან $n(1+\mu)$ -ზე, სადაც n არის გადატვირთვის კოეფიციენტი, $1+\mu$ — დინამიკური კოეფიციენტი. ეს კოეფიციენტები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

$$n = 1,3 - 0,003\lambda;$$

$$1+\mu = 1 + \frac{10}{20+l} = 1 + \frac{10}{20+26,4} = 1,216,$$

სადაც λ დატვირთვის სიგრძეა.

ნორმატიული დატვირთვების ინტენსიურობა კოჟის 1 გრძივ მეტრზე ტოლია:

1) მუდმივი დატვირთვებისაგან;

ა) კოჟის საკუთარი წონა

$$g_1^{\text{გ}} = \frac{P^{\text{გ}}}{2l_{\text{გ}}} = \frac{157,4}{2 \cdot 27,0} = 2,92 \text{ ტ/მ}$$

($P^{\text{გ}}$ არის მალის ნაგებობის წონა ბალასტის გარეშე, ვიღებთ ცნობარეზიდან);

ბ) ბალასტის წონა ლიანდაგის ნაწილების წონის გათვალისწინებით

$$g_2^{\text{გ}} = 0,5 B h_{\text{გ}} \gamma_{\text{გ}} = 0,5 \cdot 3,8 \cdot 0,5 \cdot 2,0 = 1,9 \text{ ტ/მ};$$

სრული ინტენსიურობა

$$g^{\text{გ}} = g_1^{\text{გ}} + g_2^{\text{გ}} = 2,92 + 1,9 = 4,82 \text{ ტ/მ};$$

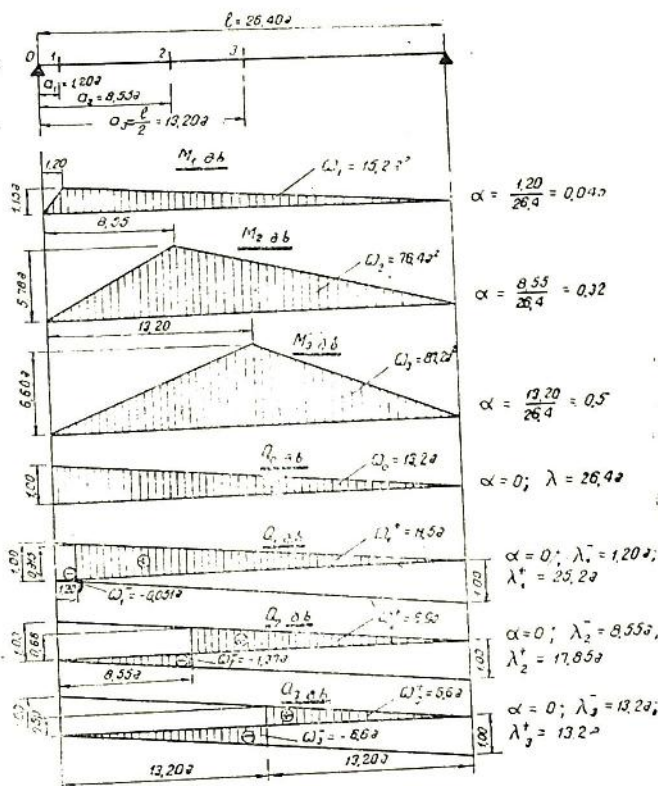
2) დროებითი მოძრავი დატვირთვებისაგან (ნახ. 43):

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის:

შუამალში (კვეთი 3—3, ნახ. 40, გ და 43)

$$p_3^{\text{გ}} = k_{\alpha} \varepsilon_0 = 17,04 \cdot 0,5 = 8,52 \text{ ტ/მ}$$

(k_{α} არის ეკვივალენტური დატვირთვა, როდესაც $\alpha=0,5$ და $\lambda=26,4$ მ;
 ε_0 — ეკვივალენტური დატვირთვის ნაწილი, რომელიც გადაეცემა
ერთ კოქსს);



ნახ. 43

2-2 კვეთში

$$p_2^5 = k_{0,32} \cdot \varepsilon_0 = 17,89 \cdot 0,5 = 8,95 \text{ ტ/მ}$$

$$\left(\alpha = \frac{a_2}{l} = \frac{8,55}{26,4} = 0,32; \lambda = 26,4 \text{ მ} \right);$$

1-1 კვეთში

$$p_1^5 = k_{0,045} \cdot \varepsilon_0 = 19,21 \cdot 0,5 = 9,61 \text{ ტ/მ};$$

$$\left(\alpha = \frac{a_1}{l} = \frac{1,2}{26,4} = 0,045; \lambda = 26,4 \text{ მ} \right);$$

საყრდენზე (0-0 კვეთში) Q -სათვის

$$p_0^E - k_0 \varepsilon_0 = 19,45 \cdot 0,5 = 9,73 \text{ ტ/მ}$$
$$(\alpha = 0; \lambda = 26,4 \text{ მ});$$

2-2 კვეთში (Q -სათვის)

$$p_2^E = k_0 \varepsilon_0 = 21,74 \cdot 0,5 = 10,87 \text{ ტ/მ}$$
$$(\alpha = 0; \lambda = 17,85 \text{ მ});$$

1-1 კვეთში (Q -სათვის)

$$p_1^E = k_0 \varepsilon_0 = 19,72 \cdot 0,5 = 9,86 \text{ ტ/მ}$$
$$(\alpha = 0; \lambda = 25,2 \text{ მ});$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის შუამალში:

$$p_3^E = \varepsilon p_3^E = 0,8508 \cdot 8,52 = 7,24 \text{ ტ/მ}$$

(ე კოეფიციენტი, იხ. [1], პ. 2).

საანგარიშო დატვირთვების ინტენსიურობა ტოლია:

1) კოჭის საკუთარი წონისაგან:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$g_1 = n_1 g_1^E = 1,1 \cdot 2,92 = 3,21 \text{ ტ/მ};$$

ბ) გამძლეობაზე და აგრეთვე მე-2 და მე-3 ზღვრულ მდგომარეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$g_1' = g_1'' = g_1^E = 2,92 \text{ ტ/მ};$$

2) ბალასტის წონისაგან:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის

$$g_2 = n_2 g_2^E = 1,3 \cdot 1,9 = 2,47 \text{ ტ/მ};$$

ბ) გამძლეობაზე და აგრეთვე მე-2 და მე-3 ზღვრულ მდგომარეობაზე გაანგარიშებისათვის

$$g_2' = g_2'' = g_2^E = 1,9 \text{ ტ/მ};$$

3) დროებითი მოძრავი დატვირთვებისაგან:

ა) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის:

შუამალში

$$p_3 = p_3^E n (1 + \mu) = 8,52 \cdot 1,221 \cdot 1,216 = 8,52 \cdot 1,48 = 11,8 \text{ ტ/მ}$$

($\lambda = l = 26,4 \text{ მ}$, ამიტომ $n = 1,3 - 0,003 \cdot 26,4 = 1,221$);

2-2 კვეთში

$$p_2 = p_2^E n (1 + \mu) = 8,95 \cdot 1,48 = 13,2 \text{ ტ/მ};$$

1-1 კვეთში

$$p_1 = p_1^{\text{ფ}} n (1 + \mu) = 9,61 \cdot 1,48 = 14,2 \text{ ტ/მ};$$

საყრდენზე (კვეთში 0-0) Q-სათვის

$$p_{0Q} = p_{0Q}^{\text{ფ}} n (1 + \mu) = 9,73 \cdot 1,48 = 14,2 \text{ ტ/მ} (\lambda = 26,4 \text{ მ})$$

2-2 კვეთში — Q-სათვის

$$p_{2Q} = p_{2Q}^{\text{ფ}} n (1 + \mu) = 10,87 \cdot 1,224 \cdot 1,216 = 16,2 \text{ ტ/მ} (\lambda_2^+ = 17,85 \text{ მ});$$

1-1 კვეთში Q სათვის

$$p_{1Q} = p_{1Q}^{\text{ფ}} n (1 + \mu) = 9,86 \cdot 1,246 \cdot 1,216 = 14,95 \text{ ტ/მ} (\lambda_1^+ = 25,2 \text{ მ}).$$

ბ) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის შუამალში

$$p_3' = p_3^{\text{ფ}} (1 + \mu) = 7,24 \cdot 1,216 = 8,8 \text{ ტ/მ};$$

გ) მე 2 და მე-3 ზღვრულ მდგომარეობაზე გაანგარიშებისათვის: შუამალში

$$p_3'' = p_3^{\text{ფ}} = 8,52 \text{ ტ/მ};$$

2-2 კვეთში

$$p_2'' = p_2^{\text{ფ}} = 8,95 \text{ ტ/მ};$$

1-1 კვეთში

$$p_1'' = p_1^{\text{ფ}} = 9,61 \text{ ტ/მ};$$

საყრდენზე Q-სათვის

$$p_{0Q}'' = p_{0Q}^{\text{ფ}} = 9,73 \text{ ტ/მ};$$

2-2 კვეთში

$$p_{2Q}'' = p_{2Q}^{\text{ფ}} = 9,86 \text{ ტ/მ};$$

1-1 კვეთში

$$p_{1Q}'' = p_{1Q}^{\text{ფ}} = 10,87 \text{ ტ/მ}.$$

2. მლუნავი მომენტები და განივი ძალები საანგარიშო დატვირთვებისაგან

მლუნავი მომენტების სიდიდეები ტოლია:

1) სიმტკიცესა და მთავარ მკუპშავ ძაბვებზე გაანგარიშებისათვის:
ა) შუამალში (3-3 კვეთში)

$$M_3 = (g_1 + g_2 + p_3) \omega_3 = (3,21 + 2,47 + 12,6) \cdot 87,2 = 1590 \text{ ტ/მ};$$

ბ) 2-2 კვეთში

$$M_2 = (g_1 + g_2 + p_2) \omega_2 = (3,21 + 2,47 + 13,2) \cdot 76,4 = 1440 \text{ ტ/მ};$$

ვ) 1-1 კვეთში

$$M_1 = (g_1 + g_2 + p_1) \omega_1 = (3,21 + 2,47 + 14,2) \cdot 15,2 = 302,0 \text{ ტმ};$$

2) გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის შუამალში:

$$\max M_2' = (g_1' + g_2' + p_3') \omega_3 = (2,92 + 1,90 + 8,8) \cdot 87,2 = 1180 \text{ ტმ};$$

$$\min M_2' = (g_1' + g_2') \omega_3 = (2,92 + 1,90) \cdot 87,2 = 420 \text{ ტმ};$$

3) ბზარმედლეობასა და მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე გაანგარიშებისათვის:

ა) შუამალში:

სრული მომენტი

$$M_3'' = (g_1'' + g_2'' + p_3'') \omega_3 = (2,92 + 1,9 + 8,52) \cdot 87,2 = 1160 \text{ ტმ};$$

მომენტი კოქის საკუთარი წონისაგან

$$M_{ს.წ} = g'' \omega_3 = 2,92 \cdot 87,2 = 254 \text{ ტმ};$$

ბ) 2-2 კვეთში

$$M_2'' = (g_1'' + g_2'' + p_2'') \omega_2 = (2,92 + 1,9 + 8,95) \cdot 76,4 = 1050 \text{ ტმ};$$

გ) 1-1 კვეთში

$$M_1 = (g_1'' + g_2'' + p_1'') \omega_1 = (2,92 + 1,9 + 9,61) \cdot 15,2 = 219 \text{ ტმ};$$

განივი ძალების სიდიდეები ტოლია:

1) სიმტკიცესა და მთავარ მკუმშავ ძაბვებზე გაანგარიშებისათვის:

ა) საყრდენზე (0-0 კვეთში)

$$Q = (g_1 + g_2 + p_0) \omega_0 = (3,21 + 2,47 + 14,4) \cdot 13,2 = 265 \text{ ტ};$$

ბ) 1-1 კვეთში

$$Q_1 = (g_1 + g_2) (\omega_1^+ + \omega_1^-) + p_{1Q} \omega_1^+ = (3,21 + 2,47) (11,5 - 0,05) + 14,95 \cdot 11,5 = 65,0 + 172,0 = 237 \text{ ტ};$$

გ) 2-2 კვეთში

$$Q_2 = (g_1 + g_2) (\omega_2^+ + \omega_2^-) + p_{2Q} \omega_2^+ = (3,21 + 2,47) \cdot (6,9 - 1,37) + 16,2 \cdot 6,9 = 31,4 + 111,6 = 143,0 \text{ ტ}.$$

2) ბზარმედლეობასა და მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე გაანგარიშებისათვის:

ა) 1-1 კვეთში

$$Q_1'' = (g_1'' + g_2'') (\omega_1^+ + \omega_1^-) + p_{1Q}'' \omega_1^+ = (2,92 + 1,9) \cdot (11,5 - 0,05) + 10,87 \cdot 11,5 = 55,1 + 125,0 = 180,1 \text{ ტ};$$

ბ) 2-2 კვეთში

$$Q_2'' = (g_1'' + g_2'')(\omega_2^+ + \omega_2^-) + p'' Q \omega_2^+ = (2,92 + 1,9) \cdot (6,9 - 1,37) + 9,86 \cdot 6,9 = 26,6 + 68,0 = 94,6 \text{ ტ.}$$

ჰ. დაძაბული არმატურის განიკვეთის ფართობი

დასაძაბავი არმატურის განიკვეთის ფართობს ვსაზღვრავთ შემდეგი მიახლოებითი ფორმულით:

$$F_{\text{ლ}} = \frac{M_2}{(h_0 - 0,5h_{\text{თ}}) R_{\text{ლ}2}} = \frac{159000000}{(190 - 0,5 \cdot 15) 9800} = 89 \text{ სმ}^2,$$

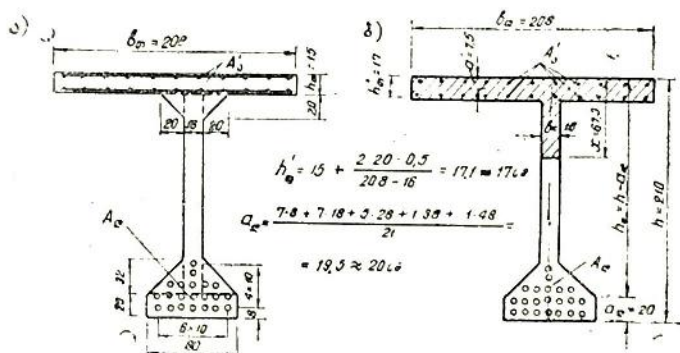
სადაც $F_{\text{ლ}}$ არის დაძაბული $A_{\text{ლ}}$ არმატურის ფართობი ქვედა სარტყელში (ნახ. 44);

h_0 — კოჭის სასარგებლო სიმაღლე ($h_0 \approx 190$ სმ);

$h_{\text{თ}}$ — ფილის სისქე.

მიღებულ ფართობს ვზრდით 10—15%-ით.

ვიღებთ არმატურის 21 კონას; თითოეული კონა შედგება 24 მავთულისაგან, რომლის დიამეტრია 5 მმ, ხოლო განიკვეთი $f_{\text{ლ}} = 24 \cdot 0,196 =$



ნახ. 44

$= 4,7$ სმ²; მაშინ დაძაბული არმატურის საანგარიშო ფართობი შეამალ-
ში იქნება:

$$F_{\text{ლ}} = 21 \cdot 24 \cdot 0,196 = 98,7 \text{ სმ}^2.$$

კოჭის კვეთების გეომეტრიული მახასიათებლები

კოჭის შემოწმებისათვის სიმტკიცეზე, გამძლეობაზე, ბზარმდეგობა-
და აგრეთვე მთავარ მკუმშავ და გამჭიმავ ძაბვებზე, საჭიროა გამოვთვა-

კვით ეს სახე	კვითის ნაწილები	ნაწილების განივკვეთის ფართობები F , სმ ²	განვილი ნაწილების კვეთის სიმაღლის ცენტრიდან კოქს ძირამდე y , სმ	ნაწილის კვითის სტატიკუ- რი მომენტი კოქს ძირის მიმართ S , სმ ³
-----------------	-----------------	--	---	--

კ კ ვ თ ბ

ნახ. 45, ა	ფილა დაუძაბ. არმატ. F_5'	$208 \cdot 15 = 3120$	202,5	632000
		$11 \cdot 06 \cdot 4,4 = 49$	202,5	9900
	ზედა ვეტები	$2 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 0,5 = 400$	188,3	75320
	ქვედა სარტყელი	$80 \cdot 20 = 1600$	10,0	16000
		5,69		
	კედელი	$23 \cdot 175 = 4550$	107,5	733220
	ქვედა ვეტები	$2 \cdot 27 \cdot 27 \cdot 0,5 = 729$	29,0	489000
	დაძაბული არმატუ- რა $F_{\text{ფ}}$, 13 კონა	$13 \cdot 4,7 \cdot 3,8 = 232$	57,0	21150
		10680		13200
				1256570

კ კ ვ თ ბ ბ

ნახ. 45, ბ	ფილა დაუძაბ. არმატ. F_5'	5169		733220
	ზედა ვეტები			
	ქვედა სარტყელი			
	კედელი	$16 \cdot 175 = 2800$	107,5	301000
	ქვედა ვეტები	$2 \cdot 32 \cdot 32 \cdot 0,5 = 1024$	31,7	34400
	დაძაბ. არმატ., 21 კონა	$21 \cdot 4,7 \cdot 3,8 = 375$	20,0	7500
		9368		1074120

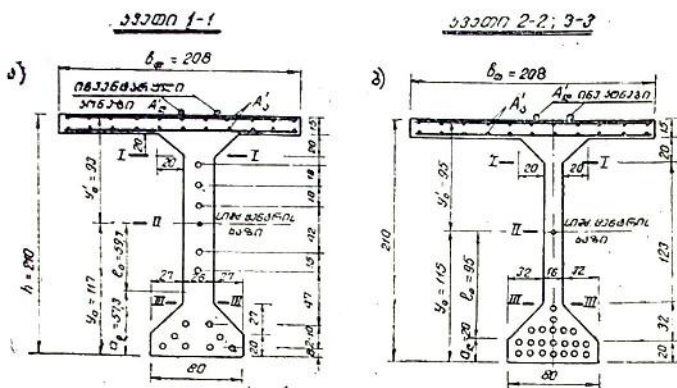
კ კ ვ თ ბ

ნახ. 46, ა	დაძაბ. არმატ. F_6'	$2 \cdot 4,7 \cdot 4,8 = 45$	212	9540
	ფილა	5169		733220
	დაუძაბ. არმატ. F_5'			
	ზედა ვეტები			
	ქვედა სარტყელი			
	კედელი	$26 \cdot 175 = 4550$	107,5	489000
	ქვედა ვეტები	$2 \cdot 27 \cdot 27 \cdot 0,5 = 729$	29,0	21150
	დაძაბ. არმატ., 17 კონა	$17 \cdot 4,7 \cdot 3,8 = 504$	23	8500
		10797		1261410

ჩრდილო მახახვარებლები

კვების ნაწილის ინერციის მომენტი საკუთარი ღერძის მიმართ I_0 , სმ ⁴	კვების ნაწილის ინერციის მომენტი კოჭის ძირის მიმართ $I = F \cdot y^2$, სმ ⁴	მანძილი კოჭის კვების სიმაღლის ცენტრიდან კოჭის ძირამდე ΣS $y_0 = \frac{\Sigma S}{\Sigma F}$, სმ	კოჭის დაყვანილი კვების ინერციის მომენტი ნეიტრალური ღერძის მიმართ $I_0 = \Sigma I_0 + \Sigma I - \Sigma F \cdot y_0^2$, სმ ⁴	წინააღმდეგობის მომენტი, სმ ³	მანძილი კოჭის სიმაღლის ცენტრიდან დაბადული არეგულურობის სიმაღლე $y_0 = y_0 - a_{დ}$, სმ
1—1					
59500 — 8900 53400 120800 11600000 29600 — 11750400	128000000 2010000 14220000 160000 144390000 52600000 613000 753000 19835600	117,0	63900000		59,7
2—2 და 3—3					
128800 7140000 58400 — 7319200	144390000 32400000 1030000 150000 177970000	115,0	61400000	534000 647000	95,0
1'—1'					
— 120800 11600000 29600 — 199861000	2020000 144390000 52600000 613000 238000 199861000	117,0	64100000	548000 689000	

ლოთ გეომეტრიული მახასიათებლები კოჭის შემდეგ კვეთებში: 1—1; 1'—1'; 2—2 და 3—3. გამოთვლას ვაწარმოებთ ცხრილის სახით 44-ე და 45-ე ნახაზების მიხედვით (ცხრილი 4).



ნახ. 45

გამოთვლების გამარტივების მიზნით ვუტების მოხაზულობას (ნახ. 40) ვცვლით სწორი ხაზებით (ნახ. 44, ა).

4. კოჭის გაანგარიშება სიმტკიცეზე შუამალში

კოჭის სიმტკიცეზე ანგარიშობენ ექსპლუატაციის სტადიაში, ამიტომ დაძაბული არმატურის საანგარიშო წინაღობად ვიღებთ

$$R_{\sigma 2} = 9800 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ფილის და ზედა ვუტების დაყვანილი ზომები მოცემულია 43, ბ ნახაზზე.

ვიგულისხმობთ, რომ კოჭის კვეთის ნეიტრალური ღერძი გადის ფილაში. მაშინ ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმაღლე

$$x = \frac{R_{\sigma 2} F_{\sigma} - R_{\sigma} F_{\sigma}'}{R_{\sigma} b_0} = \frac{9800 \cdot 98,7 - 1900 \cdot 11,06}{255 \cdot 208} = 17,8 \text{ სმ} > h'_{\sigma} = 17 \text{ სმ},$$

ამიტომ x -ს ვსაზღვრავთ (66) ფორმულით:

$$x = \frac{R_{\sigma 2} F_{\sigma} - R_{\sigma} F_{\sigma}' - R_{\sigma 3} (b_0 - b) h'_{\sigma}}{R_{\sigma} b} = \frac{9800 \cdot 98,7 - 1900 \cdot 11,06 - 205 \cdot (208 - 16)}{255 \cdot 16} = 67,3 \text{ სმ}.$$

სიმტკიცეს გამოწმებთ (65) პირობაზე:

$$M_3 \leq m_2 R_{\Sigma} b x (h_0 - 0,5x) + R_s \cdot F_s' (h_0 - a_s') + \\ + R_{s0} (b_{s0} - b)(h_0 - 0,5h'_{s0}) h'_{s0},$$

სადაც

$$h_0 = h - a_c = 210 - 20 = 190 \text{ სმ (ნახ. 43, ბ); } a_s' = 7,5 \text{ სმ.}$$

ვინაიდან

$$\xi = \frac{x}{h} = \frac{67,3}{190} = 0,355 > 0,3,$$

თანახმად [2]-ისა (პ. 2.24)

$$m_2 = 1,7 - 0,7 \cdot (0,8\xi + A) = 1,7 - 0,7 \cdot (0,8 \cdot 0,355 + 0,75) = 0,98.$$

მაშინ

$$M_3 = 1590000000 \text{ კგ.სმ} < 0,98 \cdot 255 \cdot 16 \cdot 67,3 \cdot (190 - 0,5 \cdot 67,3) + \\ + 1900 \cdot 11,06 (190 - 7,5) + 205 \cdot (208 - 16) (190 - 0,5 \cdot 17) \cdot 17 = \\ = 1670000000 \text{ კგ.სმ,}$$

მაშასადამე, სიმტკიცის პირობა დაკმაყოფილებულია.

5. წინასწარ დაძაბვის დანაკარგების ნორმატიული სიდიდეები

სტენდური წესით დამზადებულ წინასწარ დაძაბულ კოჭებში აღ-
ჯილი აქვს არმატურის დაძაბულობის დანაკარგებს, რომლებიც გამო-
წვეულია:

ბეტონის შეკლებისაგან — σ_1 ;

ბეტონის ცოცვადობისაგან — σ_2 ;

არმატურის ძაბვების რელაქსაციისაგან — σ_3 ;

ანკერების ჩამაგრებისა და მათ ქვეშ ბეტონის დეფორმაციებისა-
გან — σ_4 ;

არმატურისა და სტენდის კამერის ტემპერატურების განსხვავები-
საგან — σ_5 .

დანაკარგებს ვანგარიშობთ [2]-ის მიხედვით.

დანაკარგები ანკერების ჩამაგრების დეფორმაციების გამო:

$$\sigma_4 = \frac{\Delta l}{l_{\text{საშ}}} \cdot E_{\text{საშ}} = \frac{2 \cdot 0,2}{2400} \cdot 1,8 \cdot 10^6 = 300 \text{ კგ/სმ}^2$$

(ანკერების რაოდენობა ორია, თითოეული ანკერის დეფორმაცია — 0,2 სმ;
 $l_{\text{საშ}}$ — არმატურის კონების საშუალო სიგრძე).

დანაკარგები არმატურისა და სტენდის ტემპერატურების სხვაობი-
საგან:

$$\sigma_5 = 20 T_6 = 20 \cdot 30 = 600 \text{ კგ/სმ}^2$$

(T_6 — სანგარიშო ტემპერატურა, რომელიც უდრის 30° -ს, თუ კამერა-
ში ტემპერატურა $\geq 60^\circ$).

დანაკარგები არმატურის რელაქსაციისაგან:

$$\begin{aligned} \sigma_3 &= \left(0,27 \frac{\sigma_{\Sigma}}{R_{\Sigma}^5} - 0,1 \right) \sigma_{\Sigma} = \\ &= \left(0,27 \frac{10100}{17000} - 0,1 \right) \cdot 10100 = 606 \text{ კგ/სმ}^2 \end{aligned}$$

($\sigma_{\Sigma} = R_{\Sigma 1} - \sigma_4 - \sigma_5 = 11000 - 300 - 600 = 10100 \text{ კგ/სმ}^2$; $R_{\Sigma}^5 = 17000 \text{ კგ/სმ}^2$).

დანაკარგები ჯდომისა და ცოცვადობისაგან შუამალში განი-
საზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma_1 + \sigma_2 = (\varepsilon_y E_{\Sigma} + \sigma_3 n_1 \varphi_r) \Phi, \quad (A)$$

სადაც

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{y \cdot II} \cdot \xi_3 \cdot \xi_4;$$

$$\varphi_r = C_r E_{\Sigma};$$

$$C_r = C_{II} \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_4;$$

Φ არის ფუნქცია φ_r და $p n_1 \mu$ სიდიდეებისა.

ამ ფორმულებში:

$\varepsilon_{y \cdot II}$ არის ბეტონის შეკლების დეფორმაციის ნორმატიული სი-
დიდე;

C_{II} — ბეტონის ცოცვადობის საწყაფი;

ξ_1, ξ_2, ξ_3 და ξ_4 — კოეფიციენტები, რომლებიც ითვალისწინებენ კონ-
სტრუქციის მუშაობის ფაქტობრივ პირობებს;

n_1 — დაძაბული არმატურისა და ბეტონის დრეკადობის
მოდულების ფარდობა;

σ_3 — დაძაბული არმატურის სიმძიმის ცენტრის დონეზე
წარმოშობილი ძაბვა ბეტონში კოჭის საკუთარი წო-
ნისაგან და დაძაბული არმატურის ძალებისაგან (σ_3 ,
 σ_4 და σ_5 -ის გათვალისწინებით).

C_{II} , $\varepsilon_{y \cdot II}$, ξ_1 , ξ_2 , ξ_3 , ξ_4 და Φ -ს მნიშვნელობებს ვიღებთ [2]-დან (დანარ-
თი 3):

$$C_{II} = \frac{\sigma}{10^3}; \quad \varepsilon_{y \cdot II} = \frac{330}{10^6}; \quad \xi_1 = 1,0; \quad \xi_2 = 0,9; \quad \xi_3 = 0,71$$

$$\left(\text{ვინაიდან კოჭის ღია ხვედრითი ზედაპირი } \frac{S'}{F} \approx \frac{800}{9368} \approx 0,085 \text{ სმ}^{-1} \right);$$

$\xi_4 = 1,15$ (60%-იანი ტენიანობისათვის).

მაშინ:

$$C_t = \frac{6}{10^6} \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,71 \cdot 1,15 = \frac{4,41}{10^6};$$

$$\varphi_t = \frac{4,41}{10^6} \cdot 380000 = 1,68;$$

$$\varepsilon_y = \frac{330}{10^6} \cdot 0,71 \cdot 1,15 = \frac{269}{10^6};$$

$$\mu_{\text{ლ}} = \frac{F_{\text{ლ}}}{F} = \frac{98,7}{9368} = 0,0105;$$

$$r^2 = \frac{l_0}{F} = \frac{61400000}{9368} = 6560 \text{ სმ}^2;$$

$$\rho = 1 + \frac{(\epsilon_0^0)^2}{r^2} = 1 + \frac{77,0^2}{6560} = 1,92 \quad (\epsilon_0^0 \text{ იხ. გვ. 106});$$

$$\rho n_1 \mu_{\text{ლ}} = 1,92 \cdot 4,8 \cdot 0,0105 = 0,0965;$$

$$\Phi = 0,854 \quad ([2], \text{ ცხრილი 35}).$$

ბეტონში მოსულ ძაბვას ვსაზღვრავთ შემდეგნაირად: იმ მიზნით, რომ ბეტონზე დაჭიმვის გადაცემის დროს კოჭის ზედა ბოჭკოებში არ წარმოიშვას ბზარები, კოჭს ზევიდან უყენებენ ორ ინვენტარულ არმატურის კონას (ნახ. 45), რომლებიც მოიხსნება კოჭების ბურჯებზე დადგმის შემდეგ. ეს არმატურა დაიძაბება მხოლოდ ბეტონზე დაჭიმვის გადაცემის წინ.

ამრიგად, ძაბვების დანაკარგები ტოლია:

ა) ქვედა არმატურაში ($F_{\text{ლ}} = 98,7 \text{ სმ}^2$)

$$\sigma_{\text{ლან}} = \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_6 = 606 + 300 + 600 = 1506 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ბ) ზედა არმატურაში ($F'_{\text{ლ}} = 2 \cdot 4,7 = 9,4 \text{ სმ}^2$)

$$\sigma'_{\text{ლან}} = 0,5\sigma_3 + \sigma_4 = 0,5 \cdot 606 + 300 = 603 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ძაბვების სიდიდე ტოლია:

ა) ქვედა არმატურაში

$$\sigma_{\text{ლ}} = \sigma_{\text{ლკ}} - \sigma_{\text{ლან}} = 11000 - 1506 = 9494 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ბ) ზედა არმატურაში

$$\sigma'_{\text{ლ}} = \sigma_{\text{ლკ}} - \sigma'_{\text{ლან}} = 11000 - 603 = 10397 \text{ კგ/სმ}^2 \\ (\sigma_{\text{ლკ}} = R_{\text{ლ1}} = 11000 \text{ კგ/სმ}^2).$$

ძალეების სიდიდე ტოლია:

ა) ქვედა არმატურაში

$$N_{\text{ფ}} = \sigma_{\text{ფ}} \cdot F_{\text{ფ}} = 9494 \cdot 98,7 = 938000 \text{ კგ};$$

ბ) ზედა არმატურაში

$$N'_{\text{ფ}} = \sigma'_{\text{ფ}} \cdot F_{\text{ფ}} = 10397 \cdot 9,4 = 97700 \text{ კგ};$$

ტოლქმელი

$$N_{\text{ფ}}^0 = N_{\text{ფ}} + N'_{\text{ფ}} = 938000 + 97700 = 1035700 \text{ კგ};$$

მანძილი კოჭის ძირიდან N^0 -მდე

$$y^0 = \frac{N_{\text{ფ}} \cdot a_{\text{ფ}} + N'_{\text{ფ}} \cdot h'}{N_{\text{ფ}}^0} = \frac{938000 \cdot 20 + 97700 \cdot 212}{1035700} = 38,0 \text{ სმ.}$$

$N^0_{\text{ფ}}$ ძალის ექსცენტრისიტეტი

$$e_0^0 = y - y^0 = 115 - 38 = 77 \text{ სმ.}$$

ძაბვები ბეტონში დაკიმვისა და საკუთარი წონისაგან (F , W_3 და $W_{\text{ფ}}$ ვიღებთ მე-4 ცხრილიდან, ნახ. 45, ბ):

ა) ქვედა ბოქვოებში

$$\begin{aligned} \sigma_3^0 &= \frac{N_{\text{ფ}}^0}{F} + \frac{N_{\text{ფ}}^0 \cdot e_0^0}{W_3} - \frac{M_{\text{ს.ფ}}}{W_3} = \frac{1035800}{9368} + \\ &+ \frac{1035800 \cdot 77}{534000} - \frac{28000000}{534000} = 110 + 149 - 52,4 = 206,6 \text{ კგ/სმ}^2; \end{aligned}$$

ბ) ზედა ბოქვოებში

$$\begin{aligned} \sigma_3^0 &= \frac{N_{\text{ფ}}^0}{F} - \frac{N_{\text{ფ}}^0 \cdot e_0^0}{W_3} + \frac{M_{\text{ს.ფ}}}{W_3} = 110 - \frac{1035800 \cdot 77}{647000} + \\ &+ \frac{28000000}{647000} = 110 - 123 + 43,3 = 30,3 \text{ კგ/სმ}^2 \end{aligned}$$

($M_{\text{ს.ფ}}$ — მღუნავი მომენტი კოჭის საკუთარი წონისაგან:

$$M_{\text{ს.ფ}} = g_1 \omega_3 = 3,21 \cdot 87,2 = 280 \text{ ტმ}).$$

$$\begin{aligned} \sigma_6 &= \sigma_3^0 + \frac{\sigma_3^0 - \sigma_3^0}{h} \cdot (h - y^0) = 30,3 + \frac{206,6 - 30,3}{210} \cdot (210 - 38) = \\ &= 175 \text{ კგ/სმ}^2; \end{aligned}$$

მაშასადამე, საბოლოოდ (ფორმულით (A)):

$$\begin{aligned} \sigma_1 + \sigma_2 &= \left(\frac{269}{10^6} \cdot 1,8 \cdot 10^6 + 175 \cdot 4,8 \cdot 1,68 \right) \cdot 0,854 = \\ &= (484 + 1410) \cdot 0,854 = 413 + 1205 \approx 1620 \text{ კგ/სმ}^2. \end{aligned}$$

6. კოჭის გაანგარიშება ბზარმედგეობაზე (შუამალში) ექსპლუატაციის სტადიაში

კოჭის კვეთში ბზარების გაჩენის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა დაკმაყოფილებული იყოს შემდეგი პირობა:

$$M_3'' \leq \sigma_{\beta 1} \cdot W_3,$$

სადაც $\sigma_{\beta 1}$ არის კოჭის კვეთის ბეტონის ქვედა ბოჭკოებში ექსპლუატაციის დროს წარმოშობილი ძაბვები წინასწარი დაჭიმვისაგან ყველა დანაკარგის გათვალისწინებით;

W_3 — კოჭის კვეთის ქვედა წახნაგის წინაღობის მომენტი.

მლუნავი მომენტი M_3'' იწვევს კოჭის ქვედა ბოჭკოებში გამჭიმავ ძაბვას

$$\sigma_3'' = - \frac{M_3''}{W_3} = - \frac{116000000}{534000} = -218 \text{ კგ/სმ}^2.$$

მაშასადამე, $\sigma_{\beta 1}$ სიდიდე არანაკლები უნდა იყოს σ_3'' -ზე.

ამიტომ წინასწარ დაძაბულ არმატურაში დაძაბულობის სიდიდე (ყველა დანაკარგის ჩათვლით) უნდა უდრიდეს:

$$\sigma_{\beta 1} = \frac{\sigma_3'' \cdot F}{F_{\phi} \left(1 + y_0 \cdot \frac{e_0}{r^2} \right)} = \frac{218 \cdot 9368}{98,7 \cdot \left(1 + 115 \cdot \frac{95}{6560} \right)} = 7760 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ყველა დანაკარგის ჩათვლით არმატურაში წინასწარი დაძაბულობის საანგარიშო სიდიდე (საკონტროლო ძაბვა)

$$\begin{aligned} \sigma_{\phi 3} &= \sigma_{\beta 1} + (\sigma_1 + \sigma_2) + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5 = 7760 + 1620 + 606 + 300 + 600 = \\ &= 10886 \text{ კგ/სმ}^2 < R_{\phi 1} = 11000 \text{ კგ/სმ}^2. \end{aligned}$$

7. კოჭის შემოწმება ბზარმედგეობაზე დაჭიმვის გადაცემის დროს

თუ კოჭს გადაეცემა დაჭიმვა, მის განივკვეთებში წარმოიშობა ნორმალური ძაბვები: ქვედა ზონაში მკუმშავი, ზედა ზონაში — გამჭიმავი. კოჭის საკუთარი წონისაგან კი ქვედა ბოჭკოები განიცდიან გაჭიმვას, ზედა — კუმშვას. შესაძლებელია, რომ ზოგიერთ კვეთში ჯამური ძაბვები ზედა ბოჭკოებში მივიღოთ უარყოფითი (გაჭიმული), არადასაშვები სიდიდისა. ამიტომ დაჭიმვის გადაცემისას და კოჭის ტრანსპორტირების დროს ფილას ზევიდან უკეთდება ორი ინვენტარული დაძაბული არმატურის კონა.

შევაშოწმით კვეთი 2-2 (ნახ. 45, ბ), სადაც კედლის სისქე მცირეა და თანაც ქვედა ზონა დაძაბულია ყველა 21 კონით.

დაძაბულობის დანაკარგები ტოლია:

ქვედა არმატურაში

$$\sigma_{\text{ლან}} = \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_6 = 606 + 300 + 600 = 1506 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ზედა არმატურაში (ინვენტარულ კონებში)

$$\sigma'_{\text{ლან}} = 0,5\sigma_3 + \sigma_4 = 0,5 \cdot 606 + 300 = 603 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ძაბვების სიდიდე ტოლია:

ქვედა არმატურაში

$$\sigma_{\text{ლ}} = R_{\text{ლ1}} - \sigma_{\text{ლან}} = 11000 - 1506 = 9494 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ზედა არმატურაში

$$\sigma'_{\text{ლ}} = R_{\text{ლ1}} - \sigma'_{\text{ლან}} = 11000 - 603 = 10397 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ძაბვების სიდიდე უდრის:

ქვედა არმატურაში

$$N_{\text{ლ}} = \sigma_{\text{ლ}} \cdot F_{\text{ლ}} = 9494 \cdot 98,7 = 936000 \text{ კგ};$$

ზედა არმატურაში

$$N'_{\text{ლ}} = \sigma'_{\text{ლ}} \cdot F'_{\text{ლ}} = 10397 \cdot 9,4 = 97700 \text{ კგ};$$

ჯამური

$$N_{\text{ლ}}^0 = 936000 + 97700 = 1033700 \text{ კგ}.$$

მანძილი კოჭის ძირიდან $N_{\text{ლ}}^0$ -მდე

$$y^0 = \frac{N_{\text{ლ}} \cdot a_2 + N'_{\text{ლ}} \cdot h'}{N_{\text{ლ}}^0} = \frac{936000 \cdot 20 + 97700 \cdot 212}{1033700} = 38,2 \text{ სმ}.$$

$N_{\text{ლ}}^0$ ძალის ექსცენტრისიტეტი

$$e_0^0 = y - y^0 = 115 - 38,2 = 76,8 \text{ სმ}.$$

მღუნავი მოპენტი კოჭის საკუთარი წონისაგან 2-2 კვეთში, როგორც დაშორებულია საყრდენიდან $a_2 = 8,55$ მ-ით (ნახ. 43), ტოლია

$$M''_{\text{ს.ფ}} = g_1'' \cdot a_2 = 2,92 \cdot 76,4 = 223 \text{ ტმ } (g_1'' - \text{იხ. გვ. 96}).$$

ძაბვები ბეტონში დაჭიმვისა და კოჭის საკუთარი წონისაგან ტოლია:

ქვედა მოჭკოებში

$$\sigma_3 = \frac{N_{\text{ლ}}^0}{F} + \frac{N_{\text{ლ}}^0 \cdot e_0^0}{W_3} - \frac{M''_{\text{ს.ფ}}}{W_3} = \frac{1033700}{9368} + \frac{1033700 \cdot 75}{534000} - \frac{22300000}{534000} = 110,5 + 145 - 41,8 = 213,7 \text{ კგ/სმ}^2 < R_{\text{ლ}}^{\text{ბ}} = 310 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ზედა ბოჭკოებში

$$\sigma_b^* = \frac{N_{\text{ფ}}^0}{F} - \frac{N_{\text{ფ}}^0 \cdot \varepsilon_0^0}{W_b} + \frac{M_{\text{ბ.ფ}}''}{W_b} = 110,5 - \frac{1033700 \cdot 75}{647000} + \frac{22300000}{647000} = 110,5 - 120 + 34,5 = 25,0 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ანალოგიურ შემოწმებას ვაწარმოებთ 1—1 კვეთში.

8. კოქის შემოწმება ბზარმედგობაზე ამწით აწევის (მონტაჟის) დროს

კოქის აწევის (მონტაჟის) დროს კონსოლის სიგრძე (მანძილი ჩამოკიდების ადგილიდან კოქის ბოლომდე) l_3 არ უნდა აღემატებოდეს 4,5 მ-ს (ნახ. 40, გ). კონსოლში წარმოშობილი უარყოფითი მომენტი, რომელიც შეჯამდება წინასწარ დაქიმვისაგან გამოწვეულ მომენტთან, კვეთის ზედა ზონაში ქმნის მნიშვნელოვანი სიდიდის გამჭიმავ ძაბვებს. მათი შემცირების მიზნით კოქს ზევიდან უკეთდება დროებითი ორი ინვენტარული არმატურის კონა, რომელიც წინასწარ დაქიმულია ბეტონზე. მაქსიმალური მღუნავი მომენტი (კონსოლის ძირში) კოქის საკუთარი წონისაგან უდრის (კვეთში 1'—1'):

$$M_{1'} = g_1'' \frac{l_3^2}{2} (1 + \mu) n = 2,92 \cdot \frac{4,5^2}{2} \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 35,8 \text{ ტმ}$$

($1 + \mu$ არის დინამიკური კოეფიციენტი. უდრის 1,1-ს თანახმად [1], პ. 135, " — გაღატვირთვის კოეფიციენტი).

დაეუშვათ, რომ კოქის აწევა ხდება კოქის დაქიმიდან ათი დღის შემდეგ. მაშინ, თანახმად [2]-ისა (დანართი 4), დანაკარგების სიდიდეები უდრის:

ქვედა არმატურაში

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{დან}} &= 0,2(\sigma_1 + \sigma_2) + 0,64\sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_6 = \\ &= 0,2 \cdot 1620 + 0,64 \cdot 606 + 300 + 600 = 1612 \text{ კგ/სმ}^2; \end{aligned}$$

ზედა (ინვენტარული) არმატურაში

$$\sigma'_{\text{დან}} = 0,2\sigma_1 + 0,64\sigma_3 + \sigma_4 = 0,2 \cdot 413 + 0,64 \cdot 606 + 300 = 771 \text{ კგ/სმ}^2$$

(ზედა არმატურაში დანაკარგს ცოცვადობისაგან არ ვღებულობთ მხედველობაში, ვინაიდან ბეტონის ზედა ბოჭკოებში მკუნეავი ძაბვების სიდიდეები უმნიშვნელოა).

ძაბვების სიდიდეები ტოლია:

ქვედა არმატურაში

$$\sigma_{\text{ფ}} = R_{\text{ფ1}} - \sigma_{\text{დან}} = 11000 - 1612 = 9388 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ზედა არმატურაში

$$\sigma'_{\text{ლ}} = R_{\text{ლ1}} - \sigma'_{\text{ლან}} = 11000 - 771 = 10229 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ქვედა (მუშა) არმატურაში წარმოშობილი ძალვა (იხ. ნახ. 46, ბ)

$$N_{\text{ლ}} = \sigma_{\text{ლ}} (m_1 f_{\text{ლ}} + f_{\text{ლ. ალ}} \Sigma \cos \alpha_i) = 9388 \cdot [18 \cdot 4,7 + 4,7 \cdot (0,979 + 0,983 + 0,987)] = 9388 \cdot (84,6 + 13,85) = 922000 \text{ კგ.}$$

(m_1 — მარის პორიზონტალური კონების რაოდენობა; $f_{\text{ლ}} = f_{\text{ლ. ალ}} -$ კონის განივეკვების თართობი).

ზედა არმატურაში ძალვა

$$N'_{\text{ლ}} = \sigma'_{\text{ლ}} \cdot F'_{\text{ლ}} = 10229 \cdot 2 \cdot 4,7 = 96000 \text{ კგ.}$$

ჯამური ძალვა

$$N^0_{\text{ლ}} = N_{\text{ლ}} + N'_{\text{ლ}} = 922000 + 96000 = 1018000 \text{ კგ.}$$

მანძილი ქვედა დაძაბული არმატურის სიმძიმის ცენტრიდან კოჭის ძირამდე უდრის (ნახ. 46, ბ):

$$a_{\text{ლ}} = \frac{\sigma_{\text{ლ}} f_{\text{ლ}} (\Sigma y_i + \Sigma y_i \cos \alpha_i)}{N_{\text{ლ}}} =$$

$$= \frac{9388 \cdot 4,7 \cdot (7 \cdot 8 + 7 \cdot 18 + 4,28 + 1 \cdot 80 \cdot 0,985 + 1,94 \cdot 0,983)}{922000} +$$

$$+ \frac{1 \cdot 108 \cdot 0,980}{922000} = 25,0 \text{ სმ.}$$

$N_{\text{ლ}}$ და $N'_{\text{ლ}}$ ძალების ტოლქმედი $N^0_{\text{ლ}}$ დაშორებულია კოჭის დაყვანილი განივეკვების სიმძიმის ცენტრიდან მანძილით (ნახ. 46, ა)

$$a^0_{\text{ლ}} = \frac{N_{\text{ლ}} \cdot a_{\text{ლ}} + N'_{\text{ლ}} \cdot h'}{N^0_{\text{ლ}}} = \frac{922000 \cdot 25 + 96000 \cdot 212}{1018000} = 42,7 \text{ სმ.}$$

$$e^0_{\text{ლ}} = y_0 - a^0_{\text{ლ}} = 117 - 42,7 = 74,3 \text{ სმ.}$$

ძაბვები ბეტონში დაჭიმვისაგან და კოჭის საკუთარი წონისაგან ტოლია:

ა) ქვედა წახნაგში

$$\sigma^0_{\text{ბ}} = \frac{N^0_{\text{ლ}}}{F} \left(1 + \frac{e^0_{\text{ლ}} \cdot y_0}{r^2} \right) + \frac{M_{1, \text{ლ}}}{W_{\text{ბ}}} =$$

$$= \frac{1018000}{10797} \cdot \left(1 + \frac{74,3 \cdot 117}{5930} \right) + \frac{3580000}{548000} =$$

$$= 94,5 (1 + 1,47) + 6,5 = 240 \text{ კგ/სმ}^2 < R^{\text{ბზ}}_{\text{ლ}} = 310 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ბ) ზედა წახნაგში

$$\begin{aligned}\sigma_b^0 &= \frac{N_{\text{ფ}}^0}{F} \left(1 - \frac{\epsilon_0^0 \cdot y_0'}{r^2} \right) - \frac{M_{1'}}{W_{\text{ფ}}} = \\ &= 94,5 \cdot \left(1 - \frac{74,3 \cdot 93}{5930} \right) - \frac{3580000}{689000} = 94,5 \cdot (1 - 1,17) - 5,2 = \\ &= -21,3 \text{ კგ/სმ}^2 > R_{\text{ბ.ფ}} = -18 \text{ კგ/სმ}^2 \quad 18,3\% \text{-ით, რაც არ დაიშვება.} \\ \text{ამიტომ ინვენტარული კონკრეტის საკონტროლო დაძაბულობას ვიღებთ:} \\ \sigma'_{\text{ფ.კ}} &= 1,1 \cdot R_{\text{ფ.1}} = 1,1 \cdot 11000 = 12100 \text{ კგ (თანხმად [1] ისა, პ. 267)} \\ \text{მაშინ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_{\text{ფ}} &= 12100 - 771 = 11329 \text{ კგ/სმ}^2; \\ N'_{\text{ფ}} &= 11329 \cdot 2 \cdot 4,7 = 106500 \text{ კგ}; \\ N_{\text{ფ}}^0 &= 922000 + 106500 = 1028500 \text{ კგ}; \\ a_{\text{ფ}}^0 &= \frac{922000 \cdot 25 + 106500 \cdot 212}{1028500} = 44,5 \text{ სმ}; \\ \epsilon_0^0 &= y - a_{\text{ფ}}^0 = 117 - 44,5 = 72,5 \text{ სმ}.\end{aligned}$$

ძაბვა ბეტონის ზედა წახნაგში

$$\begin{aligned}\sigma_b^0 &= \frac{1028500}{10797} \cdot \left(1 - \frac{72,5 \cdot 93}{5930} \right) - 5,2 = 95,3 (1 - 1,14) - 5,2 = \\ &= -13,3 - 5,2 = -18,5 \text{ კგ/სმ}^2 > R_{\text{ბ.ფ}} = -18 \text{ კგ/სმ}^2 \quad 2,8\% \text{-ით,} \\ &\text{რაც დასაშვებია.}\end{aligned}$$

9. კოჭის გაანგარიშება გამძლეობაზე შუამალში (პ—პ კვეთში)

გამძლეობაზე ვამოწმებთ შუამალის კვეთის ბეტონსა და არმატურას ექსპლუატაციის პირობებში (ინვენტარული კონკრეტის მოხსნილია). ამ სტადიაში დაძაბულ არმატურაში ყველა დანაკარგი სავსებით გამოვლინებულია და ამიტომ მასში დაძაბულობის სიდიდე

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ფ.1}} &= R_{\text{ფ.1}} - \Sigma \sigma_{\text{დ.ფ}} - \sigma_{\text{დ.გ}} = R_{\text{ფ.1}} - (\sigma_1 + \sigma_2) - \sigma_3 - \sigma_4 - \sigma_5 - \sigma_{\text{დ.გ}} = \\ &= 11000 - 1620 - 606 - 300 - 600 - 1280 = 6594 \text{ კგ/სმ}^2.\end{aligned}$$

აქ $\sigma_{\text{დ.გ}}$ არის დაძაბულ არმატურაში დაძაბულობის შემცირება ბეტონის დრეკადი მოქიმვის შედეგად; იგი განისაზღვრება (25) ფორმულით:

$$\sigma_{\text{დ.გ}} = n_1 \sigma_{\text{ბ.}}.$$

სიდიდე (ძაბვა ბეტონში დაძაბული არმატურის სიმძიმის ცენტრის ღონეზე) გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma_0 = \frac{N_{\text{ფ}}}{F} + \frac{N_{\text{ფ}} \cdot e_0}{W_{\text{J}}} = \frac{936000}{9368} + \frac{936000 \cdot 95}{534000} = 100 + 167 = 267 \text{ კგ/სმ}^2$$

($N_{\text{ფ}}$ — იხ. გვ. 108; F , W_{J} და e_0 — იხ. ცხრილი 4).

სიდიდე $n_1 = \frac{E_{\text{ა}}}{E_{\text{ბ}}} = 4,8$ (500 მარკის ბეტონისათვის იხ. [2], პ. 1.27

ან დანართი 12),

მაშინ

$$\sigma_{\text{დ.გ}} = 4,8 \cdot 267 = 1280 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ძაბვა ბეტონში წინასწარი დაჭიმვისაგან ტოლია:

ქვედა წახნაგში

$$\sigma_{\text{ბ1}}^{\text{ფ}} = \frac{\sigma_{\text{ფ}} \cdot F_{\text{ფ}}}{F} \left(1 + \frac{e_0 \cdot y_0}{r^2} \right) = \frac{7874 \cdot 98,7}{9368} \left(1 + \frac{95 \cdot 95}{6560} \right) = 74,5 (1 + 1,67) = 199 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ზედა წახნაგში

$$\sigma_{\text{ბ1}}^{\text{ფ}} = \frac{\sigma_{\text{ფ}} \cdot F_{\text{ფ}}}{F} \left(1 - \frac{e_0 \cdot y_0}{r^2} \right) = 74,5 \left(1 - \frac{95 \cdot 95}{6560} \right) = 74,5 (1 - 1,375) = -28 \text{ კგ/სმ}^2$$

($\sigma_{\text{ბ1}}$ -ის განსაზღვრისას $\sigma_{\text{II}} = \sigma_{\text{HK}} - \sigma_{\text{დან}} = 11000 - 1620 - 606 - 300 - 600 = 7874 \text{ კგ/სმ}^2$).

ძაბვები ბეტონში მუდმივი დატვირთვისაგან ტოლია:

ქვედა წახნაგში

$$\sigma_{\text{ბ.გ}}^{\text{ფ}} = - \frac{\min M_3'}{W_{\text{J}}} = - \frac{42000000}{534000} = -78,7 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ზედა წახნაგში

$$\sigma_{\text{ბ.გ}}^{\text{ფ}} = \frac{\min M_3'}{W_{\text{ბ}}} = \frac{42000000}{647000} = 65 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ძაბვები ბეტონში მუდმივი და დროებითი დატვირთვისაგან ტოლია:

ქვედა წახნაგში

$$\sigma_{\text{ბ.გ}}^{\text{ფ}} + \sigma_{\text{ბ.დ}}^{\text{ფ}} = - \frac{\max M_3'}{W_{\text{J}}} = - \frac{114000000}{534000} = -213 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ზედა წახნაგში

$$\sigma_{\text{ბ.გ}}^{\text{ფ}} + \sigma_{\text{ბ.დ}}^{\text{ფ}} = \frac{\max M_3'}{W_{\text{ბ}}} = \frac{114000000}{647000} = 176 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ჯანური დაბეგები ტოლია:

ა) ქვედა წახნაგში

$$\min \sigma_{\delta}^j = \sigma_{\delta 1}^j + (\sigma_{\delta, \delta}^j + \sigma_{\delta, \lambda}^j) = 199 - 213 = -14 \text{ კგ/სმ}^2 \approx R'_{\delta} = \\ = -13,5 \text{ კგ/სმ}^2 \text{ (იხ. [2], პ. 1.19);}$$

$$\max \sigma_{\delta}^j = \sigma_{\delta 1}^j + \sigma_{\delta, \delta}^j = 199 - 78,7 = 120,3 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_{\delta} = 195 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\left(\rho = \frac{\min \sigma_{\delta}^j}{\max \sigma_{\delta}^j} = \frac{-14}{120,3} = -0,116 < 0,1, \text{ ამიტომ } R'_{\delta} = 195 \text{ კგ/სმ}^2 \right);$$

ბ) ზედა წახნაგში

$$\min \sigma_{\delta}^j = \sigma_{\delta 1}^j + \sigma_{\delta, \delta}^j = -28 + 65 = 37 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$\max \sigma_{\delta}^j = \sigma_{\delta 1}^j + (\sigma_{\delta, \delta}^j + \sigma_{\delta, \lambda}^j) = -28 + 176 = \\ = 148 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_{\delta} = 209 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\left(\text{ვინაიდან } \rho = \frac{37}{148} = 0,25, \quad K_{\rho} = 1,075, \text{ მაშინ } R'_{\delta} = 195 \cdot 1,075 = \\ = 209 \text{ კგ/სმ}^2 \right).$$

დაბეგები არმატურაში ტოლია:

ა) მუდმივი დატვირთვისაგან

$$\sigma_{\delta, \delta}^j = n_1 \sigma_{\delta, \delta}^j \cdot \frac{e_0}{y} = 4,8 \cdot 78,7 \cdot \frac{95}{115} = 312 \text{ კგ/სმ}^2;$$

ბ) მუდმივი და დროებითი დატვირთვისაგან

$$\sigma_{\delta, \delta}^j + \sigma_{\delta, \lambda}^j = n_1 (\sigma_{\delta, \delta}^j + \sigma_{\delta, \lambda}^j) \cdot \frac{e_0}{y} = 4,8 \cdot 213 \cdot \frac{95}{115} = 850 \text{ კგ/სმ}^2$$

($\sigma_{\delta, \delta}^j$ -სა და $\sigma_{\delta, \lambda}^j$ -ს ვლგებულობით დადებითი ნიშნით);

გ) წინასწარი დაძაბვისაგან ბეტონის დრეკადი მოჭიმვის გათვალისწინებით ($\sigma_{\lambda 1} = 6594 \text{ კგ/სმ}^2$ — იხ. ზემოთ):

$$\min \sigma_{\lambda} = \sigma_{\delta, \delta}^j + \sigma_{\lambda 1} = 312 + 6594 = 6906 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$\max \sigma_{\lambda} = (\sigma_{\delta, \delta}^j + \sigma_{\delta, \lambda}^j) + \sigma_{\lambda 1} = 850 + 6594 = 7444 \text{ კგ/სმ}^2 < R'_{\lambda} = \\ = 9800 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\left(\text{ვინაიდან } \rho = \frac{\min \sigma_{\lambda}}{\max \sigma_{\lambda}} = \frac{6906}{7444} = 0,929 > 0,85, \text{ ამიტომ } K_{\rho} = 1,0 \text{ (იხ. [2], პ. 1.24 ან დანართი 13). მაშინ } R'_{\lambda} = K_{\rho} \cdot R_{\lambda} = 1,0 \cdot 9800 = \\ = 9800 \text{ კგ/სმ}^2 \right).$$

10. კოჰის განგარიშება სიმტკიცეზე მთავარი მკუმშავი
ძაბვების მიხედვით

მთავარ მკუმშავ ძაბვებს ვანგარიშობთ საანგარიშო დატვირთვებზე
იმ კვეთებში, სადაც იცვლება კოჰის ვერტიკალური კედლის სისქე, ე. ი.
1-1 და 2-2 კვეთებში (ნახ. 40, გ) ზედა ვუტების ძირის ღონეზე
(1-1), ნეიტრალური ღერძის ღონეზე (II-II) და ქვედა ვუტების სა-
წყისის ღონეზე (III-III, ნახ. 45).

მთავარ მკუმშავ ძაბვებს ვსაზღვრავთ (75) ფორმულით (მხოლოდ
 $\sigma_y = 0$):

$$\sigma_{x,3} = 0,5\sigma_x - 0,5\sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau^2} \leq R_{x,3,5},$$

რისთვისაც საჭირო დაყვანილი კვეთის გეომეტრიული მახასიათებლები
 F' , S' და y გამოთვლილია ცხრილის სახით (ცხრილი 5).

მთავარი მკუმშავი ძაბვების განგარიშებისათვის წინასწარ ვსაზ-
ღვრავთ σ_{x1} და Q_x სიდიდეებს.

ბეტონში დამყარებული ეფექტური წინასწარი დაძაბულობა σ_{x1} გა-
მოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\sigma_{x1} = \frac{N_{\Phi}}{F} \pm \frac{N_{\Phi} \cdot e_0 \cdot y}{I_0},$$

სადაც N_{Φ} არის დაძაბულ არმატურაში მოსული ძალვა;

e_0 — N_{Φ} ძალვის ექსცენტრისიტეტი (იხ. ცხრილი 4);

y — მანძილი კოჰის კვეთის სიმძიმის ცენტრიდან განსახილ-
ველ ღონემდე;

F და I_0 მოცემულია მე-5 ცხრილში.

დაძაბულ არმატურაში მოსული N_{Φ} ძალვა და e_0 ექსცენტრისი-
ტეტი ტოლია:

ა) 1-1 კვეთში:

$$N_{\Phi} = \sigma_{\Phi 1} (8f_{\Phi} + f_{\Phi, \text{ალ}} \sum \cos \alpha_i) = 7874 \cdot (8 \cdot 4,7 + 4,7 (0,980 + \\ + 0,983 + 0,985 + 0,971 + 0,976)) = 7874 \cdot (37,6 + 23,0) = 478000 \text{ კგ}$$

(f_{Φ} არის თარაზული კონის ფართობი; $f_{\Phi, \text{ალ}}$ — ალუნული კონის ფარ-
თობი; $f_{\Phi, \text{ალ}} = f_{\Phi} \cdot \cos \alpha_i$ — იხ. ნახ. 46, გ);

$$e_0 = y_0 - \sigma_{\Phi 1} \cdot f_{\Phi} \left(\frac{\sum m y_i + \sum y_i \cos \alpha_i}{N_{\Phi}} \right) = \\ = 117 - 7874 \cdot 4,7 \left(\frac{4 \cdot 8 + 2 \cdot 18 + 2 \cdot 28}{478000} + \right. \\ \left. + \frac{75 \cdot 0,976 + 90 \cdot 0,971 + 132 \cdot 0,985 + 150 \cdot 0,983 + 168 \cdot 0,980}{478000} \right) = 59,7 \text{ სმ}$$

(m არის თარაზული კონების რაოდენობა თითოეულ მწკრივში; y_i — მანძილი კონებიდან კოჭის ძირამდე, ნახ. 46, გ; $\cos \alpha_i$ — იხ. ნახ. 46, გ);

ბ) 2—2 კვეთში:

$$N_{\Sigma} = \sigma_{\Sigma 1} \cdot F_{\Sigma} = 7844 \cdot 98,7 = 774000 \text{ კგ};$$

$$e_0 = y - a = 115 - 20 = 95 \text{ სმ.}$$

დახრილი არმატურის კონებში მოსული $N_{\Sigma, \text{აღ}}$ ძალის ვერტიკალური მდგენელი Q_{Σ} 1—1 კვეთში უდრის:

$$Q_{\Sigma} = \Sigma N_{\Sigma, \text{აღ}} \sin \alpha_i = \sigma_{\Sigma 1} \cdot f_{\Sigma, \text{აღ}} (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2 + \sin \alpha_3 + \sin \alpha_4 + \sin \alpha_5) = 7874 \cdot 4,7 \cdot (0,1965 + 0,1830 + 0,1708 + 0,2374 + 0,2170) = 37100 \text{ კგ.}$$

ზემოთ მოყვანილი მონაცემების მიხედვით გამოთვლილია მთავარი მკუმშავი ძაბვების სიდიდეები ცხრილის სახით (ცხრილი 6). ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ ახლენისა და მთავარი მკუმშავი ძაბვების სიდიდეები τ და $\sigma_{\Sigma 3}$ არ აღემატება დასაშვებებს — $R_{\Sigma 3}$ -სა და $R_{\Sigma 3, \Sigma}$ -ს.

11. კოჭის გაანგარიშება ბზარმდეგობაზე მთავარი გამჭიმავი ძაბვების მიხედვით

მთავარ გამჭიმავ ძაბვებს ვამოწმებთ იმავე კვეთებში და დონეებზე, რომლებშიაც ხდებოდა მთავარი მკუმშავი ძაბვების შემოწმება (94) ფორმულით, მხოლოდ $\sigma_y = 0$:

$$\sigma_{\Sigma 3} = 0,5\sigma_x - 0,5\sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau^2} \leq 0,8m_{\Sigma}R_{\Sigma 3, \Sigma}.$$

სადაც σ_x და τ განისაზღვრება წინა პუნქტში მოყვანილ ფორმულებში M'' -ისა და Q'' -ის ჩასმით.

m_{Σ} მუშაობის პირობების კოეფიციენტია, რომელსაც ვიღებთ [2]-დან (პ. 1.13); იგი უდრის 0,7-ს, ვინაიდან $\sigma_{\Sigma 3}$ სიდიდეები (იხ. ცხრილი 6) არ აღემატება $0,8R_{\Sigma 3, \Sigma} = 0,8 \cdot 175 = 140 \text{ კგ/სმ}^2$. 0,8 მამრავლი აიღება რკინიგზის ხიდებისათვის.

მთავარ გამჭიმავ ძაბვებს ვითვლით ცხრილის სახით (იხ. ცხრილი 6). ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ 1—1 კვეთის ნეიტრალური ღერძის დონეზე მთავარი გამჭიმავი ძაბვები მეტია დასაშვებზე 13,3%-ით:

$$(0,8m_{\Sigma} \cdot R_{\Sigma 3, \Sigma} = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 27 = 15,1 \text{ კგ/სმ}^2)$$

$$\frac{17,1 - 15,1}{15,1} \cdot 100 = 13,3,$$

რაც არაა დასაშვები. ამიტომ საჭიროა კოჭის საყრდენის უბნებში გავზარდოთ კედლის სისქე 28 სმ-მდე, ან დავაყენოთ დაძაბული ვერტიკალური საკიდები. დანარჩენ წერტილებში გამჭიმავი ძაბვები ან ნაკლებია დასაშვებზე, ან არ აღემატება დასაშვებს 0,6—2,0%-ით.

პანელი საყრდენიდან,	პირიზონ- ტალუარი კვადრები	F, სმ ²	I ₀ , სმ ⁴	S', სმ ³	h ₀ , სმ	y ₀ , სმ	N ₀ , კგ	Q ₀ , კგ	b ₀ , სმ	$\frac{N_0}{F}$, კგ/სმ ²	$\frac{N_0 \cdot e_0}{I_0}$, კგ/სმ ²	$\sigma_{01} = (11) + (12)$, კგ/სმ ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,20 (კვადრები 1-1)	I-I II-II III-III	10650 10680 10630	63900000 63900000 63900000	33436059,7 37961059,7 50520059,7	58 0 70	58 0 60	475000 475000 475000	37100 37100 37100	26 26 26	44,8 44,8 44,8	-25,9 0 31,3	18,9 44,8 76,1
7,20 (კვადრები 2-2)	I-I II-II III-III	936~ 936S 936S	61400000 61400000 61400000	329000 3552-0 331200	95 95 95	60 0 63	77400 77400 77400	- - -	16 16 16	82,7 82,7 82,7	-71,9 0 75,5	10,9 82,7 158,2

პანელიდან

$$\tau \ll R_{0.3} = 65 \text{ კგ/სმ}^2; \sigma_{0.3} \ll R_{0.3} = 175 \text{ კგ/სმ}^2$$

მთავარი მკუმშვები დაბეჭდები

M ₁ , კგ.სმ	Q, კგ	$\sigma_{0.3} = \frac{M}{I_0} \cdot y$, კგ/სმ ²	$\sigma_{0.3} = (13) + (16)$, კგ/სმ ²	$\tau = \frac{Q - Q_0}{I_0 \cdot b}$, კგ/სმ ²	$\sigma_{0.3}^2$, კგ/სმ ²	$4\tau^2$, კგ/სმ ²	$\sigma_{0.3} = 0,5\sigma_{0.3} + 0,5\sqrt{\sigma_{0.3}^2 + 4\tau^2}$, კგ/სმ ²
14	15	16	17	18	19	20	21
37200000 302 0000 30200000	237000 237000 237000	27,4 0 -33,1	46,3 44,8 43,0	40,2 45,7 57,1	2140 2010 1850	6480 8350 5500	69,5 73,4 64,3
14400000 14400 00 14400000	113000 143000 143000	141,0 0 -145,0	151,8 82,7 10,2	47,9 52,2 48,2	23000 6340 104	5170 10400 9280	165,5 107,9 53,5

$$\sigma_{\theta, \delta} = 0.8m \cdot R_{\theta, \delta} = -0.8 \cdot 0.7 \cdot 27.0 = -15.1 \text{ კგ/სმ}^2$$

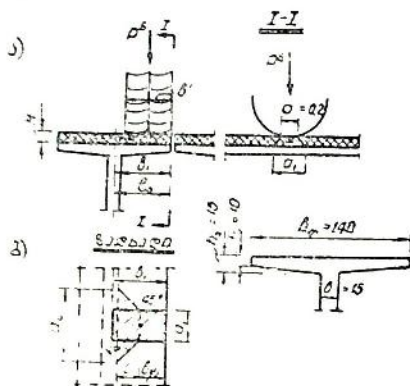
მ თ ა ვ ა რ ი გ ა მ კ ი მ ა ვ ი ძ ა ბ ვ ე ბ ი

M'' კგ.სმ	Q'' კგ	$\sigma_M = \frac{M''}{I_0} \cdot y$ კგ./სმ ²	$\sigma_x = (13) + (24)$ კგ./სმ ²	$\tau = \frac{Q'' - Q_{\text{ვ}}}{I_0 \cdot b}$ კგ./სმ ²	σ_x' კგ./სმ ²	4τ კგ./სმ ²	$\sigma_{\theta, \delta} = 0.5\sigma_x -$ $-0.5\sqrt{\sigma_x'^2 - 4\tau^2}$ კგ./სმ ²
22	23	24	25	26	27	28	29
21900000	187100	19.9	38.8	28.8	1505	3310	-15.2
21900000	180100	0	44.8	32.6	2000	4250	-17.1
21900000	180100	-24.0	52.1	26.5	2710	2810	-11.0
105000000	94600	102.5	113.3	31.7	12540	4020	-8.4
105000000	94600	0	82.7	34.5	6830	4750	-12.4
105000000	94600	-103.0	50.2	31.8	2520	4040	-15.4

ავტოზონის ხიდების მალის ნაშენის ელემენტების განგებარების მაგალითები

§ 14. ავტოზონი მალის ნაშენის კონსოლური ფილის განგებარება

კონსოლურ ფილებს (ნახ. 47) ანგარიშობენ შეყურსულ დატვირთვებზე, რომლებიც წარმოადგენენ ავტომობილის ან ბორბლიანი დატვირთვის წვეილთვალზე მოსულ დაწოლებს.



ნახ. 47

საანგარიშო დატვირთვა განაწილება ფილაზე გრძივი და განივი მიმართულებით სავალი ნაწილის ფენილის მეშვეობით (45° დახრით). თანახმად [1]-ისა (დანართი 10), დატვირთვის განაწილების ფართობის ზომებს ვიღებთ (ნახ. 47):

ხიდის გრძივად

$$a_1 = a_2 + 2H;$$

ხიდის განივად

$$b_1 = b_2 + 2H,$$

სადაც a_2 არის თვლის შეხების სიგრძე სავალ ნაწილთან (მოდრაობის მიმართულებით);

b_2 — წვეილთვლების სიგანე;

H — სავალი ნაწილის ფენილის სისქე.

თანახმად გამოკვლევებისა, ფაქტობრივად ფილა ჩართული იქნება მუშაობაში უფრო მეტ სიგრძეზე, ვიდრე a_1 -ია, ამიტომ ფილის a_0 მუშა სიგანეს (ნახ. 47, ბ) ვიღებთ:

$$a_0 = a_1 + 2c = a_2 + 2H + 2c,$$

სადაც c არის მანძილი $a_1 b_1$ ფართობის სიმძიმის ცენტრიდან კონსოლის ძირამდე $\left(c = l_3 - \frac{b_1}{2}\right)$.

დროებითი მოძრავი ვერტიკალური ნორმატიული დატვირთვის ინტენსიურობა ფილის 1 მ²-ზე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$p'' = \frac{P^5}{2a_1b_1},$$

სადაც P^5 არის ღერძზე მოსული ნორმატიული დაწოლა საავტომობილო (H-30) ან ბორბლიანი (HK-80) დატვირთვებისაგან.

მაგალითი 6. გავიანგარიშოთ კონსოლური ფილა შემდეგი მონაცემების შიხედვით (ნახ. 47): ფილის (თაროს) სიგანე $b_n = 1,4$ მ; $h_1 = 0,1$; $h_2 = 0,15$ მ; $b = 0,15$ მ; დროებითი დატვირთვები H-30 და HK-80; ბეტონის მარკა — 300; არმატურის ფოლადის მარკა ВМСт. 3сII (A—I კლასისა); ფენილის სისქე $H = 0,11$ მ, ხოლო საშუალო მოცულობითი წონა $\gamma_1 = 2,2$ ტ/მ³; ფილის მოცულობითი წონა $\gamma = 2,5$ ტ/მ³; კონსოლის სიგრძე $l_3 = \frac{b_n - b}{2} = \frac{1,4 - 0,15}{2} = 0,625$ მ.

ნორმატიული მუდმივი დატვირთვის ინტენსიურობა (ფილის 1 მ²-ზე) უდრის:

სავალი ნაწილის ფენილის წონისაგან

$$g_1^5 = H \cdot \gamma_1 = 0,11 \cdot 2,2 = 0,242 \text{ ტ/მ}^2;$$

$$\text{ფილის წონისაგან } \left(h_{\text{საშ}} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0,1 + 0,15}{2} = 0,125 \text{ მ} \right)$$

$$g_2^5 = h_{\text{საშ}} \cdot \gamma = 0,125 \cdot 2,5 = 0,312 \text{ ტ/მ}^2.$$

ნორმატიული დროებითი დატვირთვის ინტენსიურობა:

ა) საავტომობილო დატვირთვისაგან (H-30)

$$p_5^5 = \frac{P_5^5}{2a_1b_1} = \frac{12,0}{2 \cdot 0,42 \cdot 0,71} = 20,1 \text{ ტ/მ}^2$$

(მე-15 დანართიდან: $a_2 = 0,2$ მ, $b_2 = 0,6$ მ, ამიტომ $a_1 = a_2 + 2H = 0,2 + 2 \cdot 0,11 = 0,42$ მ; $b_1 = b_2 + H = 0,6 + 0,11 = 0,71$ მ; უკანა ღერძზე დაწოლა $P_5^5 = 12$ ტ);

ბ) ბორბლიანი დატვირთვისაგან (HK-80)

$$P_5^5 = \frac{P_5^5}{2a_1b_1} = \frac{20,0}{2 \cdot 0,42 \cdot 0,91} = 26,2 \text{ ტ/მ}^2$$

(მე-16 დანართიდან: $a_2 = 0,2$ მ; $b_2 = 0,8$ მ, ამიტომ $a_1 = 0,2 + 2 \cdot 0,11 = 0,42$ მ; $b_1 = 0,8 + 0,11 = 0,91$ მ; ბორბლიანი მანქანის ღერძზე დაწოლა $P_5^5 = 20$ ტ).

საანგარიშო მლუნავი მომენტების სიდიდეები კონსოლის ძირში ფილის 1,0 მ სიგანეზე (ხიდის ჯასწვრივ) უდრის:

ა) მუდმივი დატვირთვებისაგან

$$M_p = \frac{(n_1 g_1^5 + n_2 g_2^5) l_3^3}{2} = \frac{(1,5 \cdot 0,242 + 1,1 \cdot 0,312) 0,625^3}{2} = 0,138 \text{ ტ.მ}$$

(n_1 და n_2 გადატვირთვის კოეფიციენტებია);

ბ) საავტომობილო (H-30) დატვირთვისაგან

$$M_s = n(1 + \mu) \cdot \frac{F_s^5 \cdot a_1 l_3^2}{2a_0} = 1,4 \cdot 1,3 \cdot \frac{20,1 \cdot 0,42 \cdot 0,625^2}{2 \cdot 0,96} = 3,13 \text{ ტმ}$$

(გადატვირთვის კოეფიციენტი $n=1,4$ (იხ. [1], პ. 127); $1+\mu=1,3$, ვინაიდან $\lambda=l_3=0,625 \text{ მ} < 5 \text{ მ}$ (იხ. [1], პ. 126); $a_0 = a_1 + 2c = 0,42 + 2\left(l_3 - \frac{b_1}{2}\right) = 0,42 + 2\left(0,625 - \frac{0,71}{2}\right) = 0,96 \text{ მ}$);

გ) ბორბლიანი (HK-80) დატვირთვისაგან

$$M_b = n \cdot \frac{p_b^5 \cdot a_1 l_3}{2a_0} = 1,1 \cdot \frac{26,2 \cdot 0,42 \cdot 0,625^2}{2 \cdot 0,96} = 2,46 \text{ ტმ.}$$

ჯამური საანგარიშო მლუნავი მომენტი

$$M = M_p + M_s = 0,138 + 3,13 = 3,268 \text{ ტმ}$$

(ვინაიდან $M_s > M_b$).

ნორმატიული განივი ძალების სიდიდეები უდრის:

ა) მუდმივი დატვირთვებისაგან

$$Q_p^5 = (g_1^5 + g_2^5) l_3 = (0,242 + 0,312) \cdot 0,625 = 0,346 \text{ ტ};$$

ბ) საავტომობილო დატვირთვებისაგან

$$Q_s^5 = \frac{p_s^5 a_1 l_3}{a_0} = \frac{20,1 \cdot 0,42 \cdot 0,625}{0,96} = 5,5 \text{ ტ};$$

გ) ბორბლიანი დატვირთვებისაგან

$$Q_b^5 = \frac{p_b^5 a_1 l_3}{a_0} = \frac{26,2 \cdot 0,42 \cdot 0,625}{0,96} = 7,27 \text{ ტ};$$

ჯამური საანგარიშო განივი ძალა

$$Q^5 = Q_p^5 + Q_b^5 = 0,346 + 7,27 = 7,616 \text{ ტ.}$$

ფილის შემოწმება სიმტკიცეზე. ავიღოთ არმატურის დე-

როს დიამეტრი $d=12$ მმ. მაშინ, თუ დამცველი შრის სისქეს დავნიშნავთ $a=2,0$ სმ, ფილის საანგარიშო სიმაღლე h_0 იქნება

$$h_0 = h_2 - a - \frac{d}{2} = 15 - 2 - \frac{1,2}{2} = 12,4 \text{ სმ.}$$

საანგარიშო წინაღობები უდრის:

ბეტონისათვის (მარკა 300, იხ. დან. 3)

$$R_{\text{ლ}} = 150 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$R_{\text{ა.გ.წ}} = 32 \text{ კგ/სმ}^2;$$

არმატურისათვის (მარკა БМСТ. 3 сш, დან. 4)

$$R_{\text{ა}} = 1900 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ფილის საანგარიშო სიგანე $b=100$ სმ, მაშინ

$$\frac{M}{R_{\text{ლ}} b h_0^2} = \frac{326800}{150 \cdot 100 \cdot 12,4^2} = 0,142,$$

რასაც 1-ლი ცხრილიდან შეესაბამება (ინტერპოლაციით):

$$\frac{R_{\text{ა}}}{R_{\text{ლ}}} \cdot \mu = 0,1537.$$

აქედან არმირების კოეფიციენტი

$$\mu = 0,1537 \cdot \frac{R_{\text{ლ}}}{R_{\text{ა}}} = 0,1537 \cdot \frac{150}{1900} = 0,0121.$$

არმატურის საჭირო განივკვეთის ფართობი

$$F_{\text{ა}} = \mu b h_0 = 0,0121 \cdot 100 \cdot 12,4 = 15,0 \text{ სმ}^2;$$

ვიღებთ 14 $\varnothing 12$, ფართობით $F_{\text{ა}} = 15,82 \text{ სმ}^2$.

ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმაღლე

$$x = \frac{R_{\text{ა}} F_{\text{ა}}}{R_{\text{ლ}} b} = \frac{1900 \cdot 15,82}{150 \cdot 100} = 2,0 \text{ სმ.}$$

ვამოწმებთ (1) პირობას:

$$\begin{aligned} M &= 326800 \text{ კგ/სმ} < R_{\text{ლ}} b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = \\ &= 150 \cdot 100 \cdot 2,0 \cdot \left(12,4 - \frac{2,0}{2} \right) = 342000 \text{ კგ. სმ,} \end{aligned}$$

მაშასადამე, კვეთი აკმაყოფილებს სიმტკიცის პირობას.

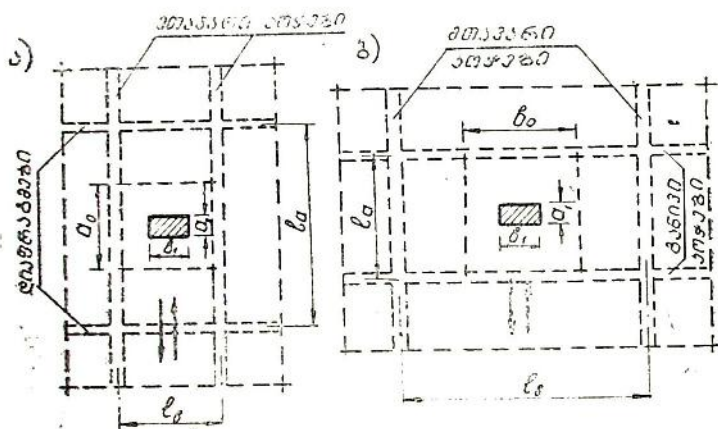
ფილის შემოწმება პირობითს მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე. ეს შემოწმება ხდება (64) ფორმულით:

$$\sigma_{\text{შ.გ.}} = \frac{Q^{\text{ფ}}}{b \cdot \zeta} = \frac{7616}{100 \cdot 11,4} = 6,7 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\left(\zeta = h_0 - \frac{x}{2} = 12,4 - \frac{2,0}{2} = 11,4 \text{ სმ} \right).$$

§ 15. სავალი ნაწილის კოეფიციენტი ფილის გაანგარიშება

ფილას ანგარიშობენ როგორც ორ მხარეზე მდებარე კოჭურ კონსტრუქციას იმ შემთხვევაში, როდესაც $\frac{l_a}{l_b} > 2$ (ნახ. 48, ა), ან როცა $\frac{l_b}{l_a} > 2$ (ნახ. 48, ბ), სადაც l_a არის ფილის სიგრძე მოძრაობის (ხიდის)

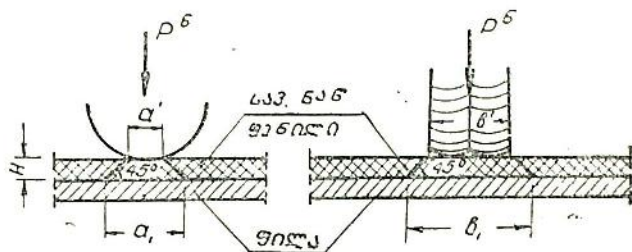


იხილეთ აქვეყნებენ მოძრაობის
მიმართულებას

ნახ. 48

ვასწვრივ; l_a — ფილის სიგრძე მოძრაობის განივად (რომელიც აიღება საანგარიშო მაღად, თუ $\frac{l_a}{l_b} > 2$).

დროებით შეყურსული დაწოლა მანქანის (H-30 და HK-80) ბორბლისაგან გადაცემა ფილას a_1b_1 ფართობზე (ნახ. 49), ვინაიდან სავალი



ნახ. 49

ნაწილის ფენილში ბორბლის დაწოლა ვრცელდება 45° -იანი დახრით. ამრიგად, დაწოლის განაწილების ფართობის ზომები ტოლია:

$$a_1 = a_2 + 2H;$$

$$b_1 = b_2 + 2H,$$

სადაც a_2 , b_2 და H -ის მნიშვნელობები მოცემულია § 14-ში.

მაგრამ, სინამდვილეში, განმანაწილებელი არმატურის გამო P^6 დატვირთვის განაწილების სიგანე — a_0 ან b_0 (ნახ. 50 ან 51) უფრო მეტი იქნება, ვიდრე a_1 და b_1 :

$$a_0 = a_1 + \frac{l_a}{3}, \text{ ამასთან, უნდა შეს-}$$

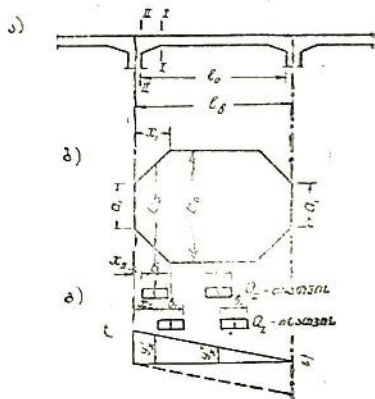
$$\text{რულდეს პირობა: } a_0 \geq \frac{2}{3} l_a,$$

$$b_0 = b_1 + \frac{l_b}{3}, \text{ ამასთან, } b_0 \geq \frac{2}{3} l_b.$$

თუ ტვირთი იმყოფება საყრდენზე (ნახ. 50, ბ). ფილის მუშა სიგანე უდრის a_1 ს ან b_1 -ს; ხოლო, თუ იგი დაშორებულია საყრდენიდან x_1 მანძილზე, მუშა სიგანე ტოლია:

$$a_x = a_2 + 2H + 2x_1 \leq a_0;$$

$$b_x = b_2 + 2H + 2x_1 \leq b_0.$$

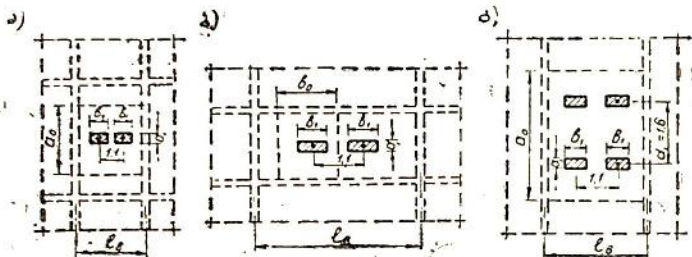


ნახ. 50

თუ ფილის შუა ნაწილზე მოთავსებულია რამდენიმე ტვირთი (როდესაც l_a ან $l_b > 2,2$ მ), მაშინ (ნახ. 51):

ა) 51, ა სქემისათვის

$$a_0 = a_1 + \frac{l_b}{3} \geq \frac{2}{3} l_b;$$



ნახ. 51

ბ) 51, ბ სქემისათვის

$$b_0 = b_1 + \frac{l_a}{3} \leq \frac{1,1 + 1,9}{2} = 1,5 \text{ მ};$$

გ) 51, გ სქემისათვის

$$a_0 = a_1 + d + \frac{l_b}{3}$$

(d არის ავტომობილის მეზობელ ღერძებს შორის მანძილი).

ძალეების (M და Q) განსაზღვრა ფილის კვეთებში

თუ ფილა მონოლითურად არის შეერთებული მალის ნაგებობის კოჭებთან, მაშინ ისინი ღრეკადად ჩაილუნებიან და მოტრიალდებიან, რომელთა სიდიდეებიც დამოკიდებული იქნება კოჭებისა და ფილის სიხისტეებზე. ასეთი კონსტრუქციების ზუსტი გაანგარიშება რთული და შრომატევადია. ამიტომ, ჩვეულებრივ, იყენებენ გაანგარიშების მიახლოებითს მეთოდებს, რომლებიც იძლევიან საკმაო სიზუსტეს.

თანახმად СоюздорНИИ-ს მიერ დამუშავებული მეთოდისა, ფილის კვეთებში წარმოშობილი საანგარიშო მღუნავი მომენტი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$M = M^0 \cdot \xi,$$

სადაც M^0 არის მღუნავი მომენტი შუამალში, გამოანგარიშებული როგორც ორ საყრდენზე მდებარე ქრილი კოჭისათვის;

ξ — პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია n_0 კოეფიციენტზე:

$$n_0 = 0,001 \cdot \frac{D \cdot l_0^3}{G \cdot I_{\delta\delta}};$$

აქ, $D = \frac{E_{\delta} \cdot h_{\text{ფ}}}{12(1-\nu^2)}$ — არის ფილის ცილინდრული სიხისტე, კგ/სმ;

G — კოჭის დრეკადობის მოდული ძერისას

$$\left(G = \frac{E_{\delta}}{2(1+\nu)}; \quad G \approx 0,435 E_{\delta} \right);$$

l_0 — ფილის მალი სინათლეში;

$I_{\delta\delta}$ — კოჭის ინერციის მომენტი გრეხისას, სმ⁴;

E_{δ} — ფილის ბეტონის დრეკადობის მოდული;

$h_{\text{ფ}}$ — ფილის სისქე;

ν — პუასონის კოეფიციენტი ფილის მასალისა ($\nu \approx 0,15$).

$$I_{\delta\delta} = \frac{1}{3} \sum \left(\frac{a}{\delta} - 0,63 \right) \delta^3,$$

სადაც a და δ არის სიგრძე და სისქე მართკუთხედებისა, რომლებსაგანაც შედგება კოჭის კვეთი.

ξ კოეფიციენტის სიდიდეები მოყვანილია მე-7 ცხრილში.

ცხრილი 7

ფილის სისტემა	საანგარიშო კვეთი	ξ სიდიდე, როცა n_0		
		< 30	$30-100$	> 100
უცერი მრავალშაღიანი ფილა	შუალედ კოჭებთან	-0,8 +0,25	-0,8 +0,25	-0,8 +0,25
	განაპირა კოჭებთან	-0,8	-0,65	-0,5
	შუამალში	+0,5 -0,25	+0,6 -0,25	+0,7 -0,25
ერთშაღიანი ფილა	კოჭებთან	-0,8	-0,65	-0,5
	შუამალში	+0,5	+0,6	+0,7

თუ ფილა მუშაობს მოძრაობის განივი მიმართულებით, ე. ი. სანგარიშო მალის l_b და $l_b \leq 2,2 \text{ მ}^2$, მაშინ მომენტებისა და განივი ძალების სიდიდეებს ვსაზღვრავთ შემდეგი ფორმულებით:

$$M^0 = M_{\text{ფილა}}^0 + M_{\text{გრ}}^0 = \frac{(n_1 g_1^6 + n_2 g_2^6) l_b^2}{8} + n(1+\mu) \cdot \frac{p^6 \cdot b_1}{4} \left(l_b - \frac{b_1}{2} \right); \quad (\text{B})$$

$$Q^{(2)} = Q_{\text{ფილა}}^6 + Q_{\text{გრ}}^6 = (g_1^6 + g_2^6) \left(\frac{l_b}{2} - x \right) + 0,5 P^6 \sum \frac{y_i}{a_i}, \quad (\text{C})$$

სადაც l_b არის ფილის სანგარიშო ჰალი;

n_1, n_2 და n — გადატვირთვის კოეფიციენტები ფენილისათვის, ფილისა და დროებითი დატვირთვისათვის;

g_1^6 და g_2^6 — მუდმივი ნორმატიული დატვირთვის ინტენსიურობა სავალი ნაწილის ფენილისა და ფილის წონისაგან;

p^6 — დროებითი ნორმატიული დატვირთვის ინტენსიურობა;

$$p^6 = \frac{P^6}{2a_0 b_1} \text{ ან } p^6 = \frac{P^6}{2a_1 b_0};$$

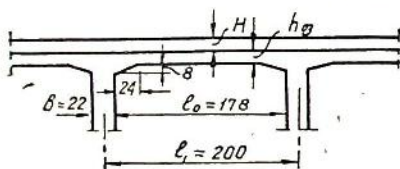
x — მანძილი საყრდენიდან ტვირთის კიდემდე (იხ. ნახ. 50, გ); x_1, x_{11} ;

a_x — ტვირთის განაწილების სიგანე ფილის მალის განივად (იხ. ნახ. 50, ბ);

a_0, b_0, a_1 და b_1 — იხ. ზემოთ.

ტვირთებს ვაყენებთ ისე, რომ h_1 -ის კიდე დაემთხვეს ფილის კვეთს (I—I ან II—II, ნახ. 50, ა).

როცა ფილა მუშაობს მოძრაობის გრძივი მიმართულებით, ე. ი. მალის l_a , M -სა და Q -ს ვსაზღვრავთ [3]-ში მოცემული ფორმულებით.



ნახ. 52

მაგალითი 7. გავიანგარიშოთ მონოლითური მალის ნაშენის სავალი ნაწილის ფილა შემდეგი მოცემებით: დატვირთვა H-30 და HK-80; ბეტონის მარკა 300; არმატურა Ст.5сн

1 როდესაც $l_b \leq 2,2 \text{ მ}$, შეამალში მოთავსებული ერთი ბორბალი იწვევს უფრო მეტ მღუნავ მომენტს ფილაში, ვიდრე ორი ბორბალი.

2 განივი ძალა ფილაში გახსნაზღვრება ისე, როგორც კირილი კოჭების დროს.

მარკისა; ფილის სისქე $h_{ფ}=0,12$ მ (ნახ. 52); წიბოს სისქე $b=0,22$ მ; კოქის სიმაღლე $h=1,5$ მ; სავალი ნაწილის ფენილების სისქე $H=0,12$ მ; მოცულობითი წონა: სავალი ნაწილის ფენილებისა $\gamma_1 \approx 2,2$ ტ/მ³ (საშუალო), ფილისა $\gamma=2,5$ ტ/მ³.

ფილას ვანგარიშობთ როგორც კოქურს, საანგარიშო მალით (ნახ. 52):

$$l_b = l_0 + h_{ფ} = 1,78 + 0,2 = 1,9 \text{ მ.}$$

წყვილთვლების ფენილთან შეხების ზომები ტოლია:

$a_2=0,2$ მ და $b_2=0,6$ მ — H 30-სათვის, $b_1'=0,8$ — HK-80-სათვის.

მ უ დ მ ი ვ ი და დ რ ო ე ბ ი თ ი და ტ ვ ი რ თ ვ ე ბ ი ს
ი ნ ტ ე ნ ს ი უ რ ო ბ ა

ნორმატიული მუდმივი დატვირთვის ინტენსიურობა 1 მ²-ზე უდრის:

ა) სავალი ნაწილების ფენილების წონისაგან

$$g_1^6 = H \cdot \gamma_1 = 0,12 \cdot 2,2 = 0,264 \text{ ტ/მ}^2;$$

ბ) ფილის წონისაგან

$$g_2^6 = h_{ფ} \cdot \gamma_2 = 0,12 \cdot 2,5 = 0,300 \text{ ტ/მ}^2.$$

ნორმატიული დროებითი დატვირთვის ინტენსიურობა უდრის:

ა) H-30 დატვირთვისაგან:

$$p_5^6 = \frac{P_5^6}{2a_0b_1} = \frac{12,0}{2 \cdot 1,27 \cdot 0,84} = 5,41 \text{ ტ/მ}^2$$

(ავტომობილის ღერძზე მოსული ნორმატიული დაწოლა $P_5^6=12,0$ ტ;

$$a_0 = a_2 + 2H + \frac{l_b}{3} = 0,2 + 2 \cdot 0,12 + \frac{1,9}{3} = 1,07 \text{ მ} < \frac{2}{3} l_b = \frac{2}{3} \cdot 1,9 = 1,27 \text{ მ,}$$

$$\text{ამიტომ } a_0 = 1,27 \text{ მ; } b_1 = b_2 + 2H = 0,6 + 2 \cdot 0,12 = 0,84 \text{ მ});$$

ბ) HK-80 დატვირთვისაგან

$$p_5^6 = \frac{P_5^6}{2a_0b_1'} = \frac{20,0}{2 \cdot 1,27 \cdot 1,04} = 7,3 \text{ ტ/მ}^2$$

(ბორბლიანი მანქანის ღერძზე მოსული ნორმატიული დაწოლა $P_5^6=20,0$ ტ;

$$b_1 = b_2' + 2H = 0,8 + 2 \cdot 0,12 = 1,04 \text{ მ}).$$

მლუნავი მომენტები

მლუნავი მომენტების სიდიდე M^0 უდრის (ფორმ. (B)):

ა) მუდმივი და საავტომობილო (H-30) დატვირთვისაგან

$$M_s^0 = \frac{(n_1 g_1^5 + n_2 g_2^5) l_b^2}{8} + n(1+\mu) \cdot \frac{p_s^5 \cdot b_1}{4} \left(l_b - \frac{b_1}{2} \right) =$$

$$= \frac{(1,5 \cdot 0,264 + 1,1 \cdot 0,300) \cdot 1,9^2}{8} +$$

$$+ 1,4 \cdot 1,3 \cdot \frac{5,41 \cdot 0,84}{4} \cdot \left(1,9 - \frac{0,84}{2} \right) = 0,328 + 3,06 = 3,39 \text{ ტმ.}$$

ბ) მუდმივი და ბორბლიანი (HK-80) დატვირთვისაგან

$$M_s^0 = 0,328 + n \cdot \frac{p_s^5 \cdot b_1'}{4} \left(l_b - \frac{b_1'}{2} \right) = 0,328 +$$

$$+ 1,1 \cdot \frac{7,3 \cdot 1,04}{4} \cdot \left(1,9 - \frac{1,04}{2} \right) = 3,21 \text{ ტმ,}$$

სადაც n_1 , n_2 და n არის გადატვირთვის კოეფიციენტები (იხ. [1], პ. 115 და 127); $1+\mu$ — დინამიკური კოეფიციენტი (იხ. [1], პ. 126).

განგარიშებისათვის ვიღებთ $M^0 = M_s^0 = 3,39$ ტმ, როგორც უდიდესს.

ფილის ცილინდრული სიხისტე (როცა $\nu=0,15$) ტოლია

$$D = \frac{E_b \cdot h^3}{12(1-\nu^2)} = \frac{E_b \cdot 12^3}{12(1-0,15^2)} = 147 E_b;$$

ბეტონის დრეკადობის მოდული ძვრაზე

$$G = \frac{E_b}{2(1+\nu)} = \frac{E_b}{2(1+0,15)} = 0,435 E_b;$$

კოქის ინერციის მომენტი გრეხისას (ნახ. 53)

$$I_{\text{ბო}} = \frac{1}{3} \left[\left(\frac{b_{\text{თ}}}{h_1} - 0,63 \right) h_1^4 + \left(\frac{h'}{b} - 0,63 \right) b^4 \right] =$$

$$= \frac{1}{3} \left[\left(\frac{200}{13} - 0,63 \right) \cdot 13^4 + \left(\frac{137}{22} - 0,63 \right) \cdot 22^4 \right] = 577000 \text{ სმ}^4,$$

სადაც h_1 არის ფილის საშუალო სისქე (ნახ. 53, ბ):

$$h_1 = \frac{8 \cdot 24 \cdot 0,5}{200 - 22} + 12 = 13 \text{ სმ;}$$

$b_{\text{თ}}$ — თაროს (ფილის) სიგანე, $b_{\text{თ}} = l_1 = 2,0$ მ (იხ. [1], პ. 180).

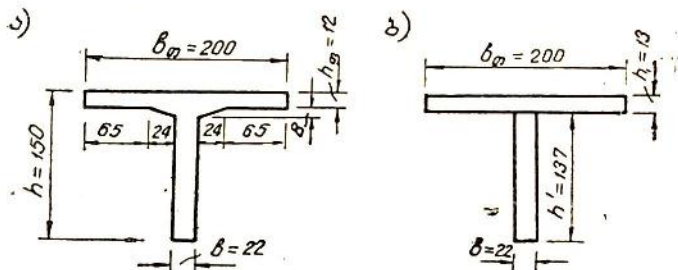
კოეფიციენტი n_0 :

$$n_0 = 0,001 \cdot \frac{D_0^3}{G \cdot I_{\text{გრ}}} = 0,001 \cdot \frac{147 \cdot 178^3}{0,435 \cdot 577000} = 3,31 < 30,$$

ამიტომ, თანახმად მე-7 ცხრილისა, ξ სიდიდეს ვიღებთ:

— 0,8-ს ფილის საყრდენი კვეთისათვის;

+ 0,5-ს ფილის შუამალისათვის.



ნახ. 53

ამრიგად, მღუნავი მომენტების საანგარიშო სიდიდე უდრის:
ფილის შუამალში

$$M_{0,5} = \xi M^0 = 0,5 \cdot 3,39 = 1,695 \text{ ტმ};$$

ფილის საყრდენზე

$$M_0 = \xi M^0 = -0,8 \cdot 3,39 = -2,71 \text{ ტმ}.$$

განივი ძალები

Q_I და Q_{II} განივ ძალებს ვსაზღვრავთ I—I და II—II კვეთებში (ნახ. 54).

განივი ძალები H-30 დატვირთვისაგან. ნათელია, რომ ავტო-
მობილის ორი წყვილთვლები უფრო მეტ განივ ძალას იწვევენ ფილის
საყრდენზე, ვიდრე ერთი. ამიტომ ფილაზე ვათავსებთ მეზობელ, მანქა-
ნების შიგნითა წყვილთვლებს, რომელთა შორის მანძილს გაანგარიშების
დროს იღებენ 1,1 მ-ს.

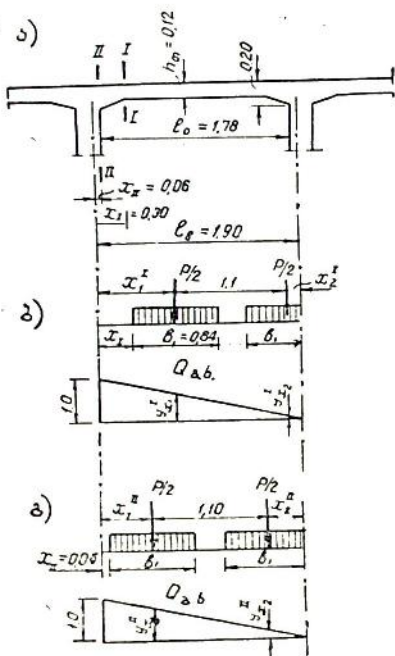
როდესაც ვსაზღვრავთ Q_I განივ ძალას (კვეთში I—I), წყვილ-
თვლებს ფილაზე ვაყენებთ ისე, როგორც ნაჩვენებია 54, ბ ნახაზზე (შე-
ყურსული ტვირთის განაწილების ფართობის მარცხენა კიდე შეთავსე-
ბულია I—I კვეთთან).

ტვირთები $\frac{p^6}{2}$ დაშორებულია მარცხენა და მარჯვენა საყრდენიდან მანძილით:

$$x_1^I = x_I + \frac{b_1}{2} = 0,3 + \frac{0,84}{2} = 0,72 \text{ მ};$$

$$x_2^I = l_b - x_1^I - 1,1 = 1,9 - 0,72 - 1,1 = 0,08 \text{ მ.}$$

ტვირთების შესაბამისი ორდინატები გავლენის ხაზზე (ნახ. 54, ბ):



ნახ. 54

Q_{II}^0 განივ ძალას (კვეთში II—II), წვეილთვლებს ვაყენებთ ისე, როგორც ნაჩვენებია 54, გ ნახაზზე. ამ შემთხვევაში:

$$x_1^{II} = x_{II} + \frac{b_1}{2} = 0,06 + \frac{0,84}{2} = 0,48;$$

$$x_2^{II} = l_b - x_1^{II} - 1,10 = 1,90 - 0,48 - 1,10 = 0,32 \text{ მ};$$

$$y_{x1}^I = \frac{l_b - x_1^I}{l_b} = \frac{1,9 - 0,72}{1,9} = 0,62;$$

$$y_{x2}^I = \frac{x_2^I}{l_b} = \frac{0,08}{1,90} = 0,042.$$

ტვირთის განაწილების ფართობის სივანე მოძრაობის გრძივი მიმართულებით (ნახ. 50, ბ):

$$\begin{aligned} a_{x1}^I &= a_1 + 2x_1 = a_2 + 2H + \\ &+ 2x_1^I = 0,2 + 2 \cdot 0,12 + \\ &+ 2 \cdot 0,72 = 1,88 \text{ მ} > a_0 = \\ &= 1,27 \text{ მ,} \end{aligned}$$

ამიტომ ვიღებთ $a_{x1}^I = 1,27 \text{ მ};$

ანალოგიურად

$$\begin{aligned} a_{x2}^I &= a_2 + 2H + 2x_2^I = \\ &= 0,2 + 2 \cdot 0,12 + 2 \cdot 0,08 = \\ &= 0,60 \text{ მ} < a_0 = 1,27 \text{ მ,} \end{aligned}$$

ამიტომ ვიღებთ $a_{x2}^I = 0,60 \text{ მ.}$

როდესაც ვსაზღვრავთ

$$y_{x_1}^{II} = \frac{l_b - x_1^{II}}{l_b} = \frac{1,90 - 0,48}{1,90} = 0,75;$$

$$y_{x_2}^{II} = \frac{x_2^{II}}{l_b} = \frac{0,32}{1,90} = 0,17;$$

$$a_{x_1}^{II} = a_2 + 2H + 2x_1^{II} = 0,2 + 2 \cdot 0,12 + 2 \cdot 0,48 = 1,40 \text{ მ} > a_0 = 1,27 \text{ მ},$$

ამიტომ ვიღებთ $a_{x_1}^{II} = 1,27 \text{ მ}$;

$$a_{x_2}^{II} = 0,2 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 0,32 = 1,08 \text{ მ} < a_0 = 1,27 \text{ მ},$$

ამიტომ ვიღებთ $a_{x_2}^{II} = 1,08 \text{ მ}$.

განივი ძალების სიდიდე უდრის (ფორმ (C)):

ა) I—I კვეთში

$$\begin{aligned} Q_I^0 &= (g_1^6 + g_2^6) \left(\frac{l_b}{2} - x_I \right) + \frac{P_0^6}{2} \left(\frac{y_{x_1}^I}{a_{x_1}^I} + \frac{y_{x_2}^I}{a_{x_2}^I} \right) = \\ &= (0,264 + 0,300) \cdot \left(\frac{1,90}{2} - 0,30 \right) + \frac{12,0}{2} \cdot \left(\frac{0,62}{1,27} + \frac{0,42}{0,60} \right) = \\ &= 0,37 + 3,35 = 3,72 \text{ ტ}; \end{aligned}$$

ბ) II—II კვეთში

$$\begin{aligned} Q_{II}^0 &= (g_1^6 + g_2^6) \left(\frac{l_b}{2} - x_2 \right) + \frac{P_0^6}{2} \left(\frac{y_{x_1}^{II}}{a_{x_1}^{II}} + \frac{y_{x_2}^{II}}{a_{x_2}^{II}} \right) = \\ &= (0,264 + 0,300) \cdot \left(\frac{1,90}{2} - 0,06 \right) + \frac{12,0}{2} \cdot \left(\frac{0,75}{1,27} + \frac{0,17}{1,08} \right) = \\ &= 0,50 + 4,49 = 4,99 \text{ ტ}. \end{aligned}$$

განივი ძალები HK-80 დატვირთვისაგან. ფილაზე თავსდება მხოლოდ მანქანის ერთი ფერსო, ვინაიდან ფერსოებს შორის მანძილი განივი მიმართულებით უდრის 2,7 მ-ს ($l_b = 1,9 \text{ მ}$).

Q^0 განივ ძალებს ვსაზღვრავთ აგრეთვე I—I და II—II კვეთებში, რისთვისაც ვსარგებლობთ 54-ე ნახაზით, მხოლოდ ტვირთი იქნება ერთი, b_1 -ის ნაცვლად კი ვიღებთ b_1' -ს ($b_1' = 1,04 \text{ მ}$).

ამრიგად:

ა) Q_I^0 განივი ძალის განსაზღვრისათვის (ნახ. 54, ბ):

$$x_1^I = x_1 + \frac{b_1'}{2} = 0,3 + \frac{1,04}{2} = 0,82 \text{ მ};$$

$$y_{x_1}^I = \frac{l_b - x_1^I}{l_b} = \frac{1,90 - 0,82}{1,90} = 0,57;$$

$$a_{x_1}^I = a_2 + 2H + 2x_1^I = 0,2 + 2 \cdot 0,12 + 2 \cdot 0,82 = 2,08 \text{ მ} > a_0 = 1,27 \text{ მ},$$

ამიტომ ვიღებთ $a_{x1}^I = 1,27$ მ;

ბ) Q_{II}^b განივი ძალის განსაზღვრისათვის (ნახ. 54, გ):

$$x_{1II} = x_{II} + \frac{b_1'}{2} = 0,06 + \frac{1,04}{2} = 0,58 \text{ მ};$$

$$y_{x1}^{II} = \frac{l_b - x_{1II}}{l_b} = \frac{1,90 - 0,58}{1,90} = 0,695;$$

$$a_{x1}^{II} = a_2 + 2H + 2x_{1II} = 0,2 + 2 \cdot 0,12 + 2 \cdot 0,58 = 1,60 \text{ მ} > a_0 = 1,27 \text{ მ.}$$

ამიტომ ვიღებთ $a_{x1}^{II} = 1,27$ მ.

განივი ძალების სიდიდე უდრის:

ა) I—I კვეთში

$$\begin{aligned} Q_I^b &= (g_1^6 + g_2^6) \left(\frac{l_b}{2} - x_I \right) + \frac{P_b^6}{2} \cdot \frac{y_{x1}^I}{a_{x1}^I} = \\ &= 0,37 + \frac{20,0}{2} \cdot \frac{0,57}{1,27} = 4,86 \text{ ტ}; \end{aligned}$$

ბ) II—II კვეთში

$$\begin{aligned} Q_{II}^b &= (g_1^6 + g_2^6) \left(\frac{l_b}{2} - x_{II} \right) + \frac{P_b^6}{2} \cdot \frac{y_{x1}^{II}}{a_{x1}^{II}} = \\ &= 0,50 + \frac{20,0}{2} \cdot \frac{0,695}{1,27} = 5,98 \text{ ტ}. \end{aligned}$$

საანგარიშო განივი ძალა უდრის (ვიღებთ უდიდეს მნიშვნელობებს):

I—I კვეთში

$$Q_I = Q_I^b = 4,86 \text{ ტ};$$

II—II კვეთში

$$Q_{II} = Q_{II}^b = 5,98 \text{ ტ}.$$

ფილის შემოწმება სიმტკიცეზე

ავილოთ არმატურის დიამეტრი $d = 12$ მმ, ხოლო ბეტონის დამცეველი შრე $a = 2$ სმ. მაშინ ფილის h_0 საანგარიშო სიმაღლე უდრის:

შუაშალში

$$h_0 = h_{\text{შ}} - a - \frac{d}{2} = 12 - 2 - \frac{1,2}{2} = 9,4 \text{ სმ};$$

საყრდენზე

$$h_0 = 20 - 2 - \frac{1,2}{2} = 17,4 \text{ სმ}.$$

საანგარიშო წინაღობა უდრის:

A ჯგუფის 300 მარკის ბეტონისათვის

$$R_{\text{ლ}} = 150 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$R_{\text{ა.ბ.ჩ}} = 32 \text{ კგ/სმ}^2;$$

Ст. 5сн მარკის არმატურისათვის

$$R_{\text{ა}} = 2400 \text{ კგ/სმ}^2.$$

სიმტკიცის შემოწმება შუამალში. $M_{0,5} = 1,695 \text{ ტმ}$; ფილის საანგარიშო სიგანე $b = 100 \text{ სმ}$, მაშინ

$$\frac{M_{0,5}}{R_{\text{ლ}} b h_0^2} = \frac{169500}{150 \cdot 100 \cdot 9,4^2} = 0,127,$$

რასაც 1-ლი ცხრილიდან შეესაბამება

$$\frac{R_{\text{ა}}}{R_{\text{ლ}}} \cdot \mu = 0,1367.$$

აქედან არშირების კოეფიციენტი

$$\mu = 0,1367 \cdot \frac{R_{\text{ლ}}}{R_{\text{ა}}} = 0,1367 \cdot \frac{150}{2400} = 0,00855.$$

არმატურის საჭირო განივკვეთის ფართობი

$$F_{\text{ა}} = \mu b h_0 = 0,00855 \cdot 100 \cdot 9,4 = 8,03 \text{ სმ}^2;$$

ვიღებთ 8Ø12, ფართობით $F_{\text{ა}} = 9,04 \text{ სმ}^2$.

ბეტონის შეკუმშული ზონის სიმაღლე

$$x = \frac{R_{\text{ა}} F_{\text{ა}}}{R_{\text{ლ}} b} = \frac{2400 \cdot 9,04}{150 \cdot 100} = 1,45 \text{ სმ};$$

$$\alpha = \frac{x}{h_0} = \frac{1,45}{9,4} = 0,154 < 0,55.$$

შევამოწმოთ სიმტკიცის პირობა (1):

$$\begin{aligned} M_{0,5} &= 169500 \text{ კგ.სმ} < R_{\text{ლ}} b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = \\ &= 150 \cdot 100 \cdot 1,45 \cdot \left(9,4 - \frac{1,45}{2} \right) = 189000 \text{ კგ.სმ}, \end{aligned}$$

მაშასადამე, კვეთი აკმაყოფილებს სიმტკიცის პირობას.

სიმტკიცის შემოწმება საყრდენზე. $M_0 = 2,71$ ტმ;
 $h_0 = 17,4$ სმ; $b = 100$ სმ.

$$\frac{M_0}{R_c b h_0^2} = \frac{271000}{150 \cdot 100 \cdot 17,4^2} = 0,0598,$$

რასაც 1-ლი ცხრილიდან შეესაბამება:

$$\frac{R_s}{R_c} \cdot \mu = 0,62; \quad \mu = 0,062 \cdot \frac{150}{2400} = 0,00388;$$

$$F_s = \mu b h_0 = 0,00388 \cdot 100 \cdot 17,4 = 6,75 \text{ სმ}^2;$$

ვიღებთ 7Q12, ფართობით $F_s = 7,91$ სმ².

$$x = \frac{2400 \cdot 7,91}{150 \cdot 100} = 1,26 \text{ სმ};$$

$$M_0 = 271000 \text{ კგ.სმ} < R_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) =$$

$$= 150 \cdot 100 \cdot 1,26 \cdot \left(17,4 - \frac{1,26}{2} \right) = 317000 \text{ კგ სმ},$$

მაშასადამე, სიმტკიცის პირობა დაკმაყოფილებულია.

ფილის შემოწმებას მთავარ გაშქიშვ ძაბვებზე ვაწარმოებთ I—I და II—II კვეთებში ანალოგიურად მე-6 მაგალითისა (იხ. გვ. 124).

§ 16. ახაწყობი მალის ნაშენის კოჭის გაანგარიშება

კოჭური ხიდების მალის ნაშენი შედგება რამდენიმე ანაკრები ან მონოლითური კოჭისაგან, რომლებიც ზევიდან გაერთიანებულია ფილით. განივი მიმართულებით კოჭების წიბოები (კედლები) შეიძლება დაკავშირებული იყოს განივი კოჭებით ან დიაფრაგმებით. ბოლო წლებში აგტოგზის ხიდების მშენებლობაში გამოიყენება უდიაფრაგმო მალის ნაშენები.

ვინაიდან დროებით მოძრავ ვერტიკალურ დატვირთვის სავალი ნაწილის ფარგლებში შეუძლია დაიკავოს ხიდის განივი მიმართულებით ნებისმიერი მდგომარეობა. მალის ნაგებობის ერთი და იგივე კოჭი განიცდის სხვადასხვა სიდიდის დაწოლას. გარდა ამისა, დიაფრაგმებისა და სავალი ნაწილის ფილის გამო, დროებითი დატვირთვა ნაწილდება ყველა კოჭზე და ამიტომ კოჭს, რომელზედაც უშუალოდ მოდებულია დატვირთვა, გადაეცემა მხოლოდ ამ დატვირთვის გარკვეული ნაწილი. დროებითი დატვირთვის განაწილება კოჭებზე დამოკიდებულია მალის ნაგებობის ელემენტების (წიბოების, ფილის, დიაფრაგმების, განივი კოჭე-

ბის) სიხისტეზე და მათი ერთობლივი მუშაობის პირობებზე, ე. ი. მა-
ლის ნაგებობის სივრცული მუშაობის უნარიანობაზე.

დამუშავებულია რამდენიმე ზუსტი მეთოდი მალის ნაშენის გაან-
გარიშებისა, რომლებიც სავეებით ითვალისწინებენ კოჭების სივრცულ
მუშაობას. მაგრამ, ვინაიდან
„ზუსტი“ მეთოდები ძალიან
რთული და შრომატევადია,
ამიტომ, ჩვეულებრივ, ხმა-
რობენ სივრცული გაანგარი-
შების მიახლოებით მეთო-
დებს, რომელთა შორის დი-
დად გავრცელდა ეგრეთწო-
დებული „არაცენტრალური
კუმშვის მეთოდი“ (არათა-
ნაბარი კუმშვის ანალოგიის
წესი).

ამ მეთოდის საშუალე-
ბით ვსაზღვრავთ ეგრეთწო-
დებულ განივი დადგ-
მის კოეფიციენტს,
რომელიც წარმოადგენს
დროებითი დატვირთვისა-
გან გამოწვეული დაწოლის ფარდობას (განსახილველ კოჭზე) ეკვივალენ-
ტურ დატვირთვისთან.

თუ მალის ნაშენის კოჭების ზომები და სიხისტე ერთი და იგივეა,
განივი დადგმის კოეფიციენტი C_i არაცენტრალური კუმშვის მეთოდით
ისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

ა) საავტომობილო დატვირთვისაგან (ნახ. 55, ა)

$$C_i^a = \left(\frac{1}{m} \pm \frac{e_1 \cdot a_i}{2 \sum a^2} \right) m_0;$$

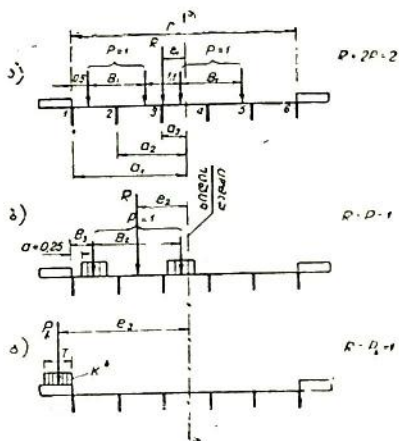
ბ) ბორბლიანი და მუხლუხა დატვირთვებისაგან (ნახ. 55, ბ)

$$C_i^b \text{ ან } C_i^g = \frac{1}{m} \pm \frac{e_2 \cdot a_i}{2 \sum a^2};$$

გ) ხალხისაგან (ტროტუარზე) (ნახ. 55, გ)

$$C_i^g = \frac{1}{m} \pm \frac{e_3 \cdot a_i}{2 \sum a^2},$$

სადაც P არის მანქანის წონა (ნახ. 55, ა);



ნახ. 55

- P_6 — ხალხის წონა (ნახ. 55, გ);
 R — დატვირთვის ტოლქმედი;
 ϵ_i — მანძილი ტოლქმედიდან მალის ნაგებობის $y-y$ ღერძამდე;
 a_i — მანძილი განსახილველი კოჭიდან $y-y$ ღერძამდე;
 Σa^3 — კოჭებიდან $y-y$ ღერძამდე მანძილების კუადრატების ჯამი (ნახ. 55, ა);
 m — კოჭების რაოდენობა მალის ნაგებობაში;
 m_0 — ავტომობილების კოლონების რიცხვი მალის ნაგებობაზე;
 B_1 — წვეილთვლებს შორის მანძილი:

$$B_1 = 1,9 \text{ მ } H-30\text{-ისათვის};$$

$$B_1 = 1,7 \text{ მ } H-10\text{-ისათვის};$$

- B_2 — ბორბლიანი მანქანის წვეილთვლებს შორის ან მუხლუხებს შორის მანძილი:

$$B_2 = 2,7 \text{ მ } HK-80 \text{ ისათვის};$$

$$B_2 = 2,6 \text{ მ } HF-60\text{-ისათვის};$$

- B_3 — მანძილი ბორბლიანი მანქანის წვეილთვლების ღერძიდან ან მუხლუხის ღერძიდან ტროტუარის ბორდიურამდე:

$$B_3 = a + \frac{b_2'}{2} \text{ HK-80-ისათვის};$$

$$B_3 = a + \frac{b_3}{2} \text{ HF-60-ისათვის};$$

- a — თავისუფალი მანძილი ბორბლიდან ან მუხლუხიდან ბორდიურამდე ($a=0,25$);

- b_2' — ბორბლის სიგანე ($b_2'=0,8$ მ);

- b_3 — მუხლუხას სიგანე ($b_3=0,7$ მ).

დროებითი დატვირთვის ინტენსიურობა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

- ა) საავტომობილო დატვირთვებისაგან ($H-30$ და $H-10$)

$$p_i = n(1+\mu) p_n^\epsilon = n(1+\mu) C_i^\epsilon K_\alpha^\epsilon \cdot K_1; \quad (I)$$

- ბ) ბორბლიანი დატვირთვისაგან ($HK-80$)

$$p_i = n p_n^\epsilon = n C_i^\epsilon K_\alpha^\epsilon; \quad (II)$$

- გ) მუხლუხა დატვირთვისაგან ($HF-60$)

$$p_i = n p_n^\epsilon = n C_i^\epsilon K^\epsilon; \quad (III)$$

- დ) ტროტუარზე მყოფი ხალხისაგან

$$p_i = n p_n^\epsilon = n C_i^\epsilon K^\epsilon T; \quad (IV)$$

სადაც n არის გადატვირთვის კოეფიციენტი:

$n=1,4$ H-30 და H-10-ისათვის;

$n=1,1$ HK-80-ისათვის;

$n=1,4$ ხალხისათვის;

$1+\mu$ — დინამიკური კოეფიციენტი (იხ. [1], პ. 126);

K_a^b , K_a^b და K^a — ეკვივალენტური დატვირთვები H-30 (ან H-10),

HK-80 და HF-60-ისათვის (იხ. დანართები 17 და 18);

C_a^b , C_a^b და C_a^a — განსახილველი კოჭის განივი დადგმის კოეფიციენტები H-30 (ან H-10), HK-80 და HF-60-ისაგან;

C_a^b — განსახილველი კოჭის განივი დადგმის კოეფიციენტი ხალხისაგან;

K^b — ნორმატიული დროებითი დატვირთვა ტროტუარებისა: $K^b=0,4$ ტ/მ²;

T — ტროტუარის სიგანე;

K_1 — დროებითი დატვირთვის შემცირების კოეფიციენტი, თუ დატვირთვის სიგრძე აღემატება 25 მ და მოძრაობის ზოლების რაოდენობა ორი ან მეტია:

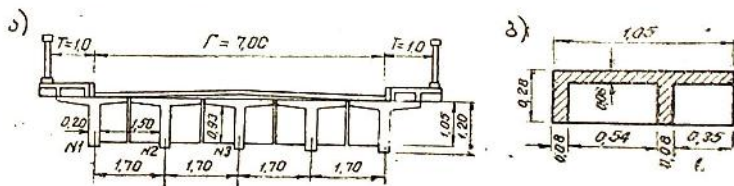
$K_1=0,9$ ორი ზოლის დროს;

$K_1=0,8$ სამი ზოლის დროს;

$K_1=0,7$ ოთხი და მეტი ზოლის დროს;

$K_1=1,0$, როდესაც $\lambda \leq 25,0$ მ.

მაგალითი 8. გავიანგარიშოთ ავტოგზის მაღის ნაშენის განაპირა კოჭი (N1), როგორც ყველაზე უფრო მეტად დატვირთული (ნახ. 56), შემდეგი მონაცემების მიხედვით: საანგარიშო მაღი $l=16,8$ მ; კო-



ნახ. 56

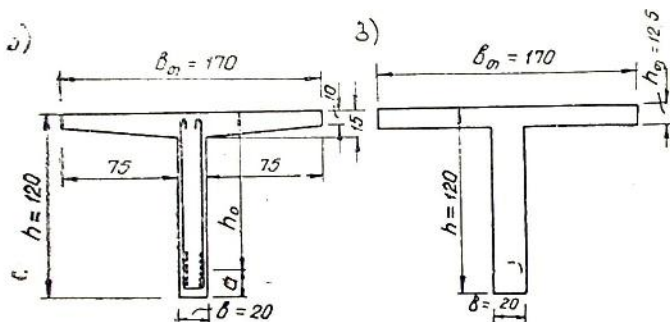
ჭის სიმაღლე $h=1,2$ მ; გაბარიტი $\Gamma=7$, ტროტუარების სიგანე $T=1.0$ მ; დატვირთვები H-30 და HK-80; ბეტონის მარკა 300, არმატურის ფოლადის მარკა Ст. 500; მოცულობითი წონა: რკინაბეტონის 2,5 ტ/მ³, ასფალტბეტონის 2,3 ტ/მ³.

მუდმივი დატვირთვის ინტენსიურობა

56-ე ნახაზიდან ჩანს, რომ მუდმივი დატვირთვა თითქმის თანაბრად არის განაწილებული ყველა 5 კოქზე. ამიტომ ნორმატიული მუდმივი დატვირთვა ერთ კოქზე უდრის:

$$1) \text{ კოქის საკუთარი წონისაგან } \left(\text{ფილის საშუალო სისქე } h_{\text{ფ}} = \frac{0,10+0,15}{2} = 0,125 \text{ მ, ნახ. 57} \right)$$

$$g_1^{\text{ფ}} = [0,125 \cdot 1,70 + 0,20 \cdot (1,2 - 0,125)] \cdot 2,5 = 1,07 \text{ ტ/მ;}$$



ნახ. 57.

2) დიაფრაგმების წონისაგან (დიაფრაგმების სისქე 0,15 მ, ლერძებს შორის მანძილი 3,9 მ)

$$g_2^{\text{ფ}} = \frac{4 \cdot 0,15 \cdot 1,5 \cdot 0,93 \cdot 2,5}{5} \cdot \frac{1}{3,9} = 0,136 \text{ ტ/მ}$$

(5 — კოქების რაოდენობა);

3) ტროტუარის ბლოკების წონისაგან (იხ. ნახ. 56, ბ)

$$g_3^{\text{ფ}} = 2 [0,06 \cdot 1,05 + 2 \cdot 0,08 (0,28 - 0,06)] \cdot 2,5 \cdot \frac{1}{5} = 0,098 \text{ ტ/მ;}$$

4) მოაჯირების წონისაგან

$$g_4^{\text{ფ}} \approx 2 \cdot 0,12 \cdot \frac{1}{5} = 0,048 \text{ ტ/მ;}$$

5) ბორდიურების წონისაგან (ზომით 0,15 · 0,3 მ)

$$g_5^{\text{ფ}} = 2 \cdot 0,15 \cdot 0,3 \cdot 2,5 \cdot \frac{1}{5} = 0,045 \text{ ტ/მ;}$$

6) ასფალტბეტონის წონისაგან (საშუალო სისქით 0,12 მ),

$$g_6^6 = 0,12 \cdot 7,0 \cdot 2,3 \cdot \frac{1}{5} = 0,386 \text{ ტ/მ.}$$

მთელი ნორმატიული მუდმივი დატვირთვის ინტენსიურობა.

$$g^6 = 1,07 + 0,136 + 0,098 + 0,048 + 0,045 + 0,386 = 1,783 \text{ ტ/მ.}$$

საანგარიშო მუდმივი დატვირთვის ინტენსიურობა

$$g = (g_1^6 + g_2^6 + g_3^6 + g_4^6 + g_5^6) n_1 + g_6^6 \cdot n_2 = \\ = (1,07 + 0,136 + 0,098 + 0,048 + 0,045) \cdot 1,1 + 0,386 \cdot 1,5 = 2,12 \text{ ტ/მ.}$$

(n_1 და n_2 გადატვირთვის კოეფიციენტებია, თანახმად [1], პ. 115).

დროებითი მოძრავი ვერტიკალური დატვირთვის
ინტენსიურობა

რკინაბეტონის მალის ნაგებობის კოქებს ვანგარიშობთ შემდეგ, დროებით დატვირთვებზე: საავტომობილო H-30, ბორბლიან HK-80 და ხალხით დატვირთვაზე. ხალხით დატვირთვის ტროტუარზე ვიზილავთ მხოლოდ საავტომობილო დატვირთვისაგან ერთად.

ამ დატვირთვების ინტენსიურობის განსაზღვრისათვის ზემოთ მოყვანილი ფორმულებით ვანგარიშობთ განივი დადგმის კოეფიციენტებს, რისთვისაც დატვირთვებს ვაყენებთ სავალ ნაწილზე ისე, რომ № 1 კოქში მივიღოთ მაქსიმალური დაწოლა.

განივი დადგმის კოეფიციენტი № 1 კოქისათვის უდრის:

1) საავტომობილო (H-30) დატვირთვისაგან (ნახ. 58, ა)

$$C_1^a = \left(\frac{1}{m} + \frac{e_1 \cdot a_1}{2 \Sigma a^2} \right) = \left(\frac{1}{5} + \frac{0,55 \cdot 3,4}{2 \cdot 14,45} \right) = 0,529$$

(58-ე ნახაზიდან: $m=5$; $m_0=2$; $e_1=0,55$ მ; $a_1=3,4$ მ; $a_2=1,7$ მ. $\Sigma a^2 = 3,4^2 + 1,7^2 = 14,45$ მ²);

2) ბორბლიანი (HK-80) დატვირთვისაგან (ნახ. 58, ბ)

$$C_1^b = \frac{1}{m} + \frac{e_2 \cdot a_1}{2 \Sigma a^2} = \frac{1}{5} + \frac{1,5 \cdot 3,4}{2 \cdot 14,45} = 0,377;$$

გ) ხალხისაგან (ტროტუარზე) (ნახ. 58, გ)

$$C_1^g = \frac{1}{m} + \frac{e_3 \cdot a_1}{2 \Sigma a^2} = \frac{1}{5} + \frac{4,0 \cdot 3,4}{2 \cdot 14,45} = 0,67.$$

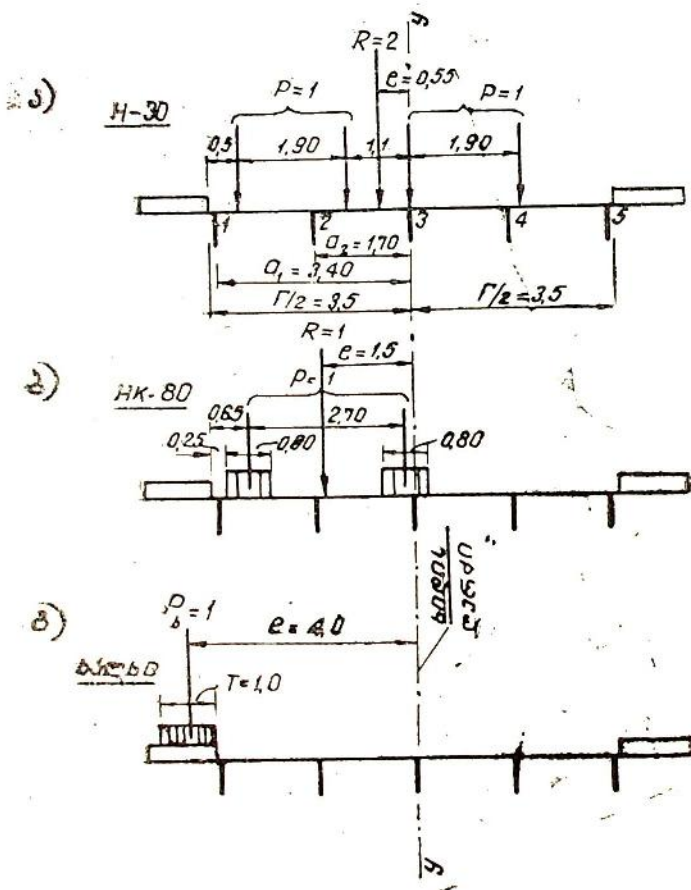
ნორმატიული დროებითი დატვირთვისათვის ინტენსიურობა უდრის:

1) საავტოზობილო (H-30) დატვირთვისაგან:

ა) შეჰაღწე

$$p_{0,5}^N = K_{0,5}^N \cdot K_1 \cdot C_1 = 2,71 \cdot 1,0 \cdot 0,529 = 2,71 \cdot 0,529 = 1,43 \text{ ტ/მ}$$

($K_{0,5}^N = 2,71 \text{ ტ/მ}$ (დანართი 18); $K_1 = 1,0$, ვინაიდან $\lambda < l = 25 \text{ მ}$);



ბ) მალის მეოთხედში

$$p_{0,25}^5 = K_{0,25}^5 \cdot K_1 \cdot C_1^5 = 2,86 \cdot 0,529 = 1,51 \text{ ტ/მ};$$

გ) საყრდენზე

$$p_{\infty 0}^5 = K_0^5 \cdot K_1 \cdot C_1^5 = 3,02 \cdot 0,529 = 1,59 \text{ ტ/მ};$$

2) ბორბლიანი (HR-80) დატვირთვისაგან:

ა) შუამალსა და მეოთხედში

$$p_{0,5}^5 = p_{0,25}^5 = K_{0,5 \div 0,25}^5 \cdot C_1^5 = 8,18 \cdot 0,377 = 3,06 \text{ ტ/მ}$$

$$(K_{0,5}^5 = K_{0,25}^5 = 8,18, \text{ დან. 17});$$

ბ) საყრდენზე

$$p_{\infty 0}^5 = K_0^5 \cdot C_1^5 = 8,40 \cdot 0,377 = 3,16 \text{ ტ/მ};$$

ვ) ხალხისაგან

$$p_{\infty}^5 = K^5 \cdot T \cdot C_1^5 = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 0,67 = 0,268 \text{ ტ/მ}.$$

საავტომობილო და ხალხით დატვირთვის ინტენსიურობათა ჯამის შედარებით ბორბლიანი დატვირთვის ინტენსიურობასთან დავრწმუნდებით, რომ უკანასკნელი მეტია, და ამიტომ ნორმატიულ ძალებზე გაანგარიშებისას ვიღებთ ბორბლიანი დატვირთვის ინტენსიურობას, ე. ი.

$$p_{0,5}^5 = p_{0,25}^5 = p_{\infty 0,5}^5 = p_{\infty 0,25}^5 = 3,06 \text{ ტ/მ};$$

$$p_0^5 = p_{\infty 0}^5 = 3,16 \text{ ტ/მ}.$$

საანგარიშო დროებითი დატვირთვის ინტენსიურობა უდრის:

1) საავტომობილო (H-30) დატვირთვისაგან (ფორმ. I):

ა) შუამალში

$$p_{0,5} = n(1+\mu) p_{0,5}^5 = 1,4 \cdot 1,211 \cdot 1,43 = 1,695 \cdot 1,43 = 2,42 \text{ ტ/მ}$$

$$(1+\mu = 1,3375 - 0,0075l = 1,3375 - 0,0075 \cdot 16,8 = 1,211);$$

ბ) მალის მეოთხედში

$$p_{0,25} = 1,695 \cdot p_{0,25}^5 = 1,695 \cdot 1,51 = 2,56 \text{ ტ/მ};$$

გ) საყრდენზე

$$p_{\infty 0} = 1,695 \cdot p_{\infty 0}^5 = 1,695 \cdot 1,59 = 2,70 \text{ ტ/მ};$$

2) ბორბლიანი (Hh-80) დატვირთვისაგან (ფორმ. II):

ა) შუამალსა და მეოთხედში

$$p_{0,5} = p_{0,25} = n \cdot p_{0,5 \div 0,25}^5 = 1,1 \cdot 3,06 = 3,37 \text{ ტ/მ};$$

ბ) საყრდენზე

$$p_{\infty 0} = n \cdot p_{\infty 0}^5 = 1,1 \cdot 3,16 = 3,47 \text{ ტ/მ};$$

ვ) ხალხისაგან (ფორმ. IV):

$$p_b = n \cdot p_b^* = 1,4 \cdot 0,268 = 0,375 \text{ ტ/მ.}$$

საანგარიშო მლუნავი მომენტები

საავტომობილო და ხალხით დატვირთვის ინტენსიურობათა ჯამითოლია:

ა) შუამალში

$$p_{0,5} + p_b = 2,42 + 0,375 = 2,795 \text{ ტ/მ;}$$

ბ) მეოთხედში

$$p_{0,25} + p_b = 2,56 + 0,375 = 2,935 \text{ ტ/მ;}$$

გ) საყრდენზე

$$p_{0,0} + p_b = 2,70 + 0,375 = 3,075 \text{ ტ/მ.}$$

მიღებული სიდიდეების ბორობლიანი დატვირთვის ინტენსიურობასთან შედარების შემდეგ საანგარიშოდ ვიღებთ მათ შორის უდიდესს.

ამრიგად, საანგარიშო დროებითი დატვირთვის ინტენსიურობა უდრის:

შუამალსა და მეოთხედში

$$p_{0,5} = p_{0,25} = p_{0,5} + p_{0,25} = 3,37 \text{ ტ/მ;}$$

საყრდენზე

$$p_0 = p_{0,0} = 3,47 \text{ ტ/მ}$$

საანგარიშო მლუნავი მომენტი ტოლია:

ა) შუამალში

$$M_{0,5} = (g + p_{0,5}) \frac{l^2}{8} = (2,12 + 3,37) \cdot \frac{16,8^2}{8} = 190,0 \text{ ტმ;}$$

ბ) მალის მეოთხედში

$$M_{0,25} = (g + p_{0,25}) \frac{3}{32} \cdot l^2 = (2,12 + 3,37) \cdot \frac{3}{32} \cdot 16,8^2 = 142 \text{ ტმ.}$$

საანგარიშო განივი ძალები

განივი ძალების (Q) მიხედვით ვამოწმებთ კოჭის კვეთებს სიმტკიცესა და ბზარმედევობაზე (მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე). სიმტკიცეზე განგარიშებისათვის Q სიდიდეს ვიღებთ გადატვირთვისა და დინამიკური კოეფიციენტების ჩათვლით (თანახმად [2], პ. 3.9), ხოლო ბზარმედევობაზე (მთავარ გამჭიმავ ძაბვებზე) განგარიშებისათვის ვიღებთ ნორმა-

ტიულ დატვირთვებს (იხ. [2], პ. 3.27) დინამიკური კოეფიციენტის გარეშე.

განივი ძალების სიდიდეები უდრის:

1) სიმტკიცეზე გაანგარიშებისათვის საყრდენთან

$$Q_0 = (g + p_0) \frac{l}{2} = (2,12 + 3,47) \cdot \frac{16,8}{2} = 47,0 \text{ ტ};$$

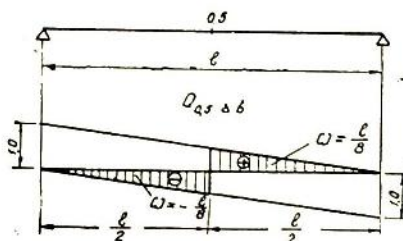
2) ბზარმდეგობაზე გაანგარიშებისათვის:

ა) საყრდენზე

$$Q_0^5 = (g^5 + p_0^5) \frac{l}{2} = (1,783 + 3,16) \cdot \frac{16,8}{2} = 41,4 \text{ ტ};$$

ბ) შუამალში (ნახ. 59)

$$Q_{0,5}^5 = P_{0,5}^5 \cdot \omega = 5,64 \cdot 2,1 = 11,8 \text{ ტ}$$



ნახ. 59

($p_{0,5}^5 = C_1^5 \cdot K_0^5 = 0,377 \cdot 14,99 = 5,64 \text{ ტ/მ}$; K_0^5 არის ბორბლიანი მანქანის ეკვივალენტური დატვირთვა, როცა

$$\lambda = \frac{l}{2} = \frac{16,8}{2} = 8,4 \text{ მ და } \alpha = 0$$

— 58-ე ნახაზის თანახმად; ω არის $Q_{0,5}$ -ს გავლენის ხაზის ფართობი:

$$\omega = \frac{l}{8} = \frac{16,8}{8} = 2,1 \text{ მ}).$$

კოჭის შემოწმება სიმტკიცეზე

კოჭის კვეთის ზომები მოცემულია 57, ა ნახაზზე. გაანგარიშების გამარტივების მიზნით ტრაპეციის სახის თაროს ვცვლით მართკუთხედით (ნახ. 57, ბ), რომლის სისქე

$$h_{\text{თ}} = \frac{(10+15) \cdot 75 + 20 \cdot 15}{170} = 12,8 \text{ სმ.}$$

ჩვეულებრივ, მანძილი a მუშა არმატურის სიმძიმის ცენტრიდან წიბოს ძირამდე უდრის:

შუამალში $a \approx 12-14$ სმ;

მალის მეოთხედში $a \approx 10-12$ სმ.

ვიგულისხმობთ, რომ კოჭის განივკვეთის ნეიტრალური ღერძი გადის ფილაში. მაშინ მუშა არმატურის კვეთის ფართობი შეგვიძლია განვსაზღვროთ მიახლოებითი ფორმულით:

ა) შუამალში

$$F_a = \frac{M_{0,5}}{R_a \left(h - a - \frac{h_{\text{თ}}}{2} \right)} = \frac{19000000}{2400 \left(120 - 14 - \frac{12,8}{2} \right)} = 79,6 \text{ სმ}^2;$$

გავითვალისწინებთ რა [1], პ. 181, ვიღებთ შეტობით 12 $\oslash$ 32, ფართობით

$$F_a = 96,5 \text{ სმ}^2;$$

ბ) მალის მეოთხედში

$$F_a = \frac{M_{0,25}}{R_a \left(h - a - \frac{h_{\text{თ}}}{2} \right)} = \frac{14200000}{2400 \left(120 - 12 - \frac{12,8}{2} \right)} = 58,3 \text{ სმ}^2;$$

ვიღებთ 8 $\oslash$ 32, ფართობით $F_a = 64,34 \text{ სმ}^2$.

ვინაიდან (შუამალში)

$$b_{\text{თ}} \cdot h_{\text{თ}} \cdot R_c = 170 \cdot 12,8 \cdot 150 = 326000 \text{ კგ} > R_a F_a = \\ = 2400 \cdot 96,5 = 231000 \text{ კგ},$$

ნეიტრალური ღერძი გადის ფილაში და, მაშასადამე, ჩვენი დაშვება სამართლიანი იყო.

იმიტომ, რომ ნეიტრალური ღერძი მოთავსებულია თაროში, შეკუმშული ზონის სისქეს ვსაზღვრავთ (3) ფორმულით, ხოლო b -ს ნაცვლად ვსვამთ $b_{\text{თ}}$ -ს:

$$x = \frac{R_a F_a}{R_c b_{\text{თ}}} = \frac{2400 \cdot 96,5}{150 \cdot 170} = 9,1 \text{ სმ}.$$

ვინაიდან მუშა არმატურა განლაგებულია ოთხზე მეტ მწყრივად, თანახმად [1]-ისა (პ. 181), ფორმულების მარჯვენა ნაწილი გამრავლებული უნდა იყოს k -ზე, რომელიც უდრის

$$k = \frac{h_0 - x}{h_0' - x} = \frac{105,8 - 9,1}{115,4 - 9,1} = 0,91$$

(მე-60 ნახაზიდან $h_0 = 105,8$ სმ, $h_0' = 115,4$ სმ).

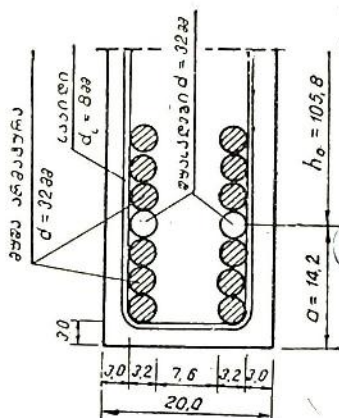
კვეთის შემოწმებას სიმტკიცეზე ვახდენთ (1) ფორმულით, მხოლოდ b -ს ნაცვლად ვიღებთ b_m -ს:

$$M_{0,5} = 19000000 \text{ კგ.სმ} < R_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) k =$$

$$= 150 \cdot 170 \cdot 9,1 \cdot \left(105,8 - \frac{9,1}{2} \right) \cdot 0,91 = 21300000 \text{ კგ.სმ.}$$

მაშასადამე, სიმტკიცის პირობა დაკმაყოფილებულია.
ანალოგიურ შემოწმებას ვახდენთ კოჭის მალის მეოთხედში.

აღუნული ღეროების გაანგარიშება



ნახ. 60

აღუნულ ღეროებს ვანგარიშობთ კოჭის კვეთის ნეიტრალურ ღერძზე წარმომობილი მთავარი გამჭიმავი (ამხლეჩი) ძაბვების ეპიურის მიხედვით. ამ ძაბვებს ვსაზღვრავთ საყრდენისა და შუამალის კვეთებში

(64) ფორმულით.

მთავარი გამჭიმავი ძაბვების სიდიდეები ტოლია:

ა) საყრდენის კვეთში ($Q_0^6 = 41,5$ ტ; $b = 20$ სმ)

$$\sigma_{a,0} = \frac{Q_0^6}{b \cdot x} = \frac{41500}{20 \cdot 114,6} = 18,1 \text{ კგ/სმ}^2 < R_{a,0,8} = 32 \text{ კგ/სმ}^2$$

(საყრდენზე არმატურა განლაგებულია ერთ მწკრივად (2 ღერო), ამიტომ

$$h_0 = h - \left(a_1 + \frac{d}{2} \right) = 120 - \left(3,0 + \frac{3,2}{2} \right) = 115,4 \text{ სმ;}$$

$$x = \frac{R_s F_s}{R_c b} = \frac{2400 \cdot 16,09}{150 \cdot 170} = 1,5 \text{ სმ;}$$

$$\zeta = h_0 - \frac{x}{2} = 115,4 - \frac{1,5}{2} = 114,6 \text{ სმ;}$$

$R_{a,0,8} = 32 \text{ კგ/სმ}^2$ 300 მარკის ბეტონისათვის);

$$Q = 30 + 3 \cdot 3,2 + \frac{3,2}{2} = 42,2 \text{ ტ}$$

ბ) შუამალის კვეთში ($Q_{0,5}^5 = 11,8$ ტ; $b = 20$ სმ)

$$\sigma_{a,3} = \frac{11800}{101,25 \cdot 20} = 5,8 \text{ კგ/სმ}^2$$

$$\left(\tau = h_0 - \frac{x}{2} = 105,8 - \frac{9,1}{2} = 101,25 \text{ სმ; } h_0 \text{ და } x \text{ იხ. ზემოთ} \right).$$

61-ე ნახაზზე აგებულია დაბეგების ეპიურა, რომელიც უნდა იყოს გადაცემული საკიდებსა და აღუნულ ღეროებზე.

ავილოთ საკიდების დიამეტრი $d_s = 8$ მმ, ხოლო მათი ბიჯი $U_s = 20$ სმ. მაშინ დაბეგა, რომელიც შეუძლია აიტანოს ერთ განივ სიბრტყეში მყოფმა ორმა საკიდმა, უდრის

$$\tau_s = \frac{m_{a,3} R_s F_s}{b \cdot U_s} = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 1,004}{20 \cdot 20} = 3,8 \text{ კგ/სმ}^2$$

($m_{a,3} = 0,8$ (იხ. [2], პ. 1.17); $R_s = 1900$ კგ/სმ² $BMCr$. 3ცმ მარკის ფოლადისათვის; F_s — არის საკიდების განივკვეთის ფართობი ერთ განივ სიბრტყეში: $F_s = 2f_s = 2 \cdot 0,785 d_s^2 = 2 \cdot 0,785 \cdot 0,8^2 = 1,004$ სმ², სადაც d_s — საკიდის დიამეტრია (8 მმ); 2 — საკიდის შტოების რაოდენობა).

აღვნიშნოთ ეპიურაზე სიდიდე τ_s და გავატაროთ ჰორიზონტალური ხაზი. ამ ხაზის ზევით მყოფ დაბეგებს გადავცემთ აღუნულ ღეროებს, ძალა γ , რომელიც გადაეცემა აღუნულ არმატურას, უდრის:

$$\gamma = \omega b \cos 45^\circ = 6840 \cdot 20 \cdot 0,707 = 96500 \text{ კგ}$$

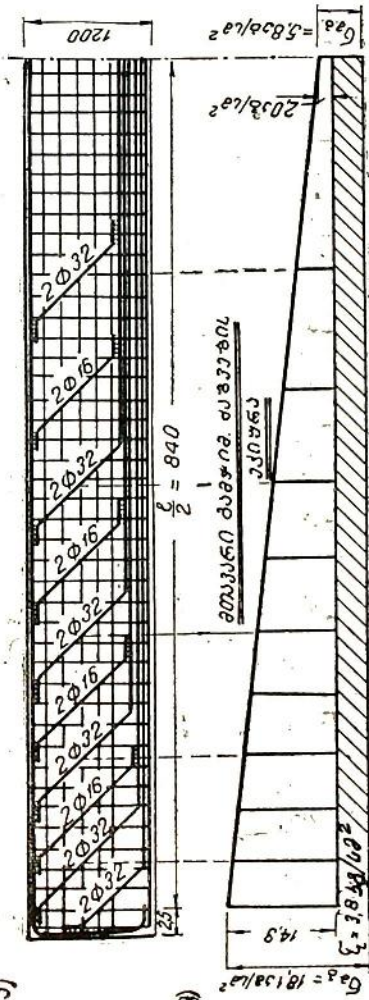
$$\left(\omega = \frac{14,3 + 2,0}{2} \cdot 840 = 6840 \text{ კგ/სმ, იხ. ნახ. 61, ბ} \right).$$

აღუნული ღეროების რიცხვი

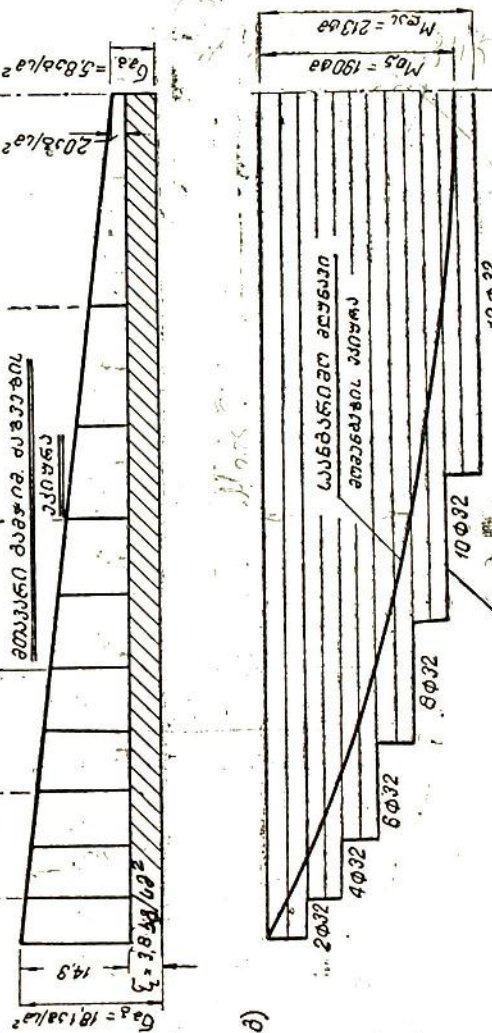
$$m = \frac{\gamma}{m_{a,3} f_{a,3} R_a} = \frac{96500}{0,8 \cdot 8,04 \cdot 2400} = 6,3 \text{ ცალი.}$$

ვლენავთ 10 ღეროს. ამიტომ ეპიურას ვყოფთ 10 ტოლ ნაწილად (იხ. ნახ. 61, ბ). ამ ნაწილების სიმძიმის ცენტრებიდან უნდა გავატაროთ ვერტიკალები კოჭის ღერძის (ხაზი, გატარებული კოჭის სიმაღლის ნახევარზე) გადაკვეთამდე. ამ წერტილებში ვატარებთ 45° -ით დახრილ ხაზებს, რომელთა სიბრტყეში მოთავსებული იქნება აღუნული ღეროები. ძირითადად ვლენავთ მუშა არმატურის ღეროებს, მაგრამ იმ შემთხვევაში, როდესაც მუშა არმატურის აღუნვა იწვევს განსახილველ კვეთში ამტანელობის შემცირებას, აღუნების სიბრტყეში ვდგამთ ცალკე ღეროებს, რომლებიც შედუღებულია: ქვევით — მუშა არმატურაზე, ზევით — სამონტაჟო ღეროზე.

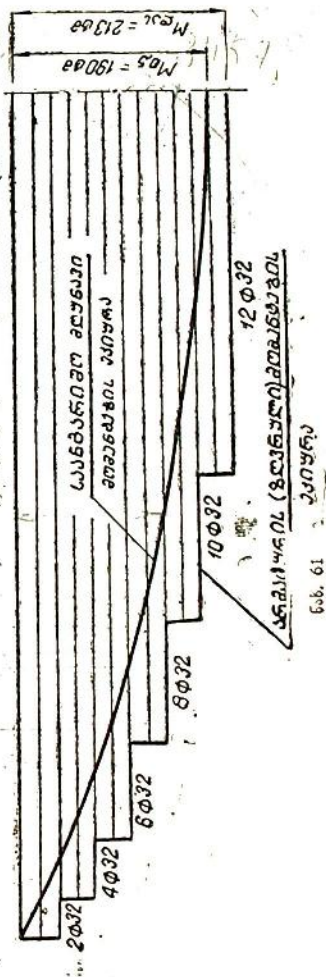
5)



6)



7)



არმატურის აღუნვის ადგილები შეთანხმებული უნდა იყოს ზღვრული (დასაშვები) მომენტების ეპიურასთან; რომელიც არ უნდა კვეთდეს საანგარიშო მომენტების ეპიურას. მისი უდიდესი ორდინატა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$M_{\text{ზღ}} = R_a F_a \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) k = 2400 \cdot 99,5 \cdot \left(105,8 - \frac{9,1}{2} \right) \cdot 0,91 = 21300000 \text{ კგ/სმ} = 213 \text{ ტმ.}$$

შემდეგ ვაგვებთ არმატურის მომენტების ეპიურას (ნახ. 61, გ).

არმატურის აღუნვისა და არმატურის მომენტების ეპიურის (მასალათა ეპიურის) აგების წესები დაწვრილებით განხილულია ზემოთ (იხ. მაგალითი 3).

დახრილი კვეთის გაანგარიშება სიმტკიცეზე განივი ძალის მიხედვით

დახრილ კვეთს ვანგარიშობთ საყრდენთან, ვინაიდან აქ განივი ძალის მნიშვნელობა უდიდესია: $Q_0 = 47,0 \text{ ტ.}$

განგარიშებას ვაწარმოებთ (24) პირობიდან:

$$Q \leq m_{\text{აღ}} \sum R_a F_{\text{აღ}} \sin \alpha + m_{\text{ა.ს}} \sum R_a F_{\text{ს}} + Q_0.$$

განესაზღვროთ არახელსაყრელი კვეთის ჰორიზონტალური პროექცია (26) მიახლოებითი ფორმულით:

$$c = \sqrt{\frac{0,15 R_{\text{ზ}} b h_0^2}{q_{\text{ს.ა}}}} = \sqrt{\frac{0,15 \cdot 150 \cdot 20 \cdot 115,4^2}{76}} = 281 \text{ სმ}$$

(27-ე ფორმულიდან:

$$q_{\text{ს.ა}} = \frac{m_{\text{ა.ს}} R_a F_{\text{ს}}}{U_0} = \frac{0,8 \cdot 1900 \cdot 1,004}{20} = 76 \text{ კგ/სმ,}$$

სადაც $F_{\text{ს}}$ არის საკიდების შტოების განივკვეთის ფართობი ერთ სიბრტყეში: $F_{\text{ს}} = 1,004 \text{ სმ}^2$, იხ. ზემოთ).

მაშინ (25) ფორმულიდან მივიღებთ:

$$Q_0 = \frac{0,15 R_{\text{ზ}} b h_0^2}{c} = \frac{0,15 \cdot 150 \cdot 20 \cdot 115,4^2}{281} = 21400 \text{ კგ.}$$

დახრილ კვეთში მოთავსებულია 10 აღუნული ღერო და 13 საკიდი (ნახ. 62, ა), ამიტომ:

$$\begin{aligned} m_{\text{აღ}} \sum R_a F_{\text{აღ}} \sin \alpha &= m_{\text{აღ}} R_a (F_{\text{აღ1}} + F_{\text{აღ2}} + F_{\text{აღ3}} + F_{\text{აღ1}} + F_{\text{აღ5}}) \sin 45^\circ = \\ &= 0,8 \cdot 2400 (2 \cdot 8,04 + 2 \cdot 2,01 + 2 \cdot 8,04 + 2 \cdot 2,01 + 2 \cdot 8,04) \cdot 0,707 = \\ &= 76200 \text{ კგ;} \end{aligned}$$

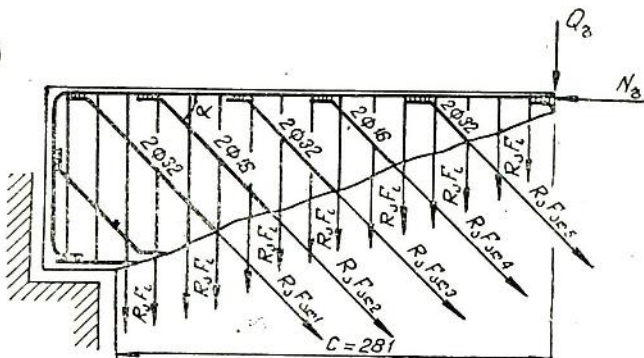
$$m_{a.ს} \Sigma R_s F_s = 0,8 \cdot 1900 \cdot 1,004 \cdot 13 = 19800 \text{ კგ}$$

($m_{a.ლ}$ და $m_{a.ს}$ აღუნილი არმატურისა და საკიდების მუშაობის პირობების კოეფიციენტები).

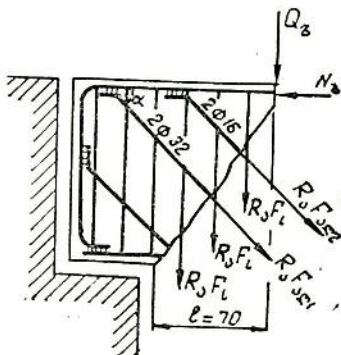
დახრილი კვეთის სიმტკიცის პირობას ვამოწმებთ (24) ფორმულით:

$$Q_0 = 47000 \text{ კგ} < 76200 + 19800 + 21400 = 117400 \text{ კგ},$$

ა)



ბ)



ნახ. 62

მაშასადამე, სიმტკიცის პირობა განივი ძალის მიხედვით დაკმაყოფილებულია.

თანახმად § 1-ისა (პ. 3), დახრილი კვეთი უნდა ავიღოთ უფრო ციცაბო ისე, რომ მასში მოთავსებული იყოს მინიმალური რიცხვის აღუნილი ღეროები (ნახ. 62, ბ), მაშინ (თუ $c = 70$ სმ):

$$Q_0 = \frac{0,15 \cdot 150 \cdot 20 \cdot 115,4^2}{70} = 87500 \text{ კგ}.$$

ვინაიდან კვეთში მოთავსებულია 4 აღუნული ღერო და 3 საკიდი:

$$m_{\text{ა.ლ}} \Sigma R_{\text{ა.ლ}} F_{\text{ა.ლ}} \sin \alpha = m_{\text{ა.ლ}} R_{\text{ა}} (F_{\text{ა.ლ1}} + F_{\text{ა.ლ2}}) \sin 45^\circ = \\ = 0,8 \cdot 2400 \cdot (2 \cdot 8,04 + 2 \cdot 2,01) \cdot 0,707 = 27200 \text{ კგ};$$

$$m_{\text{ა.ს}} \Sigma R_{\text{ა}} F_{\text{ს}} = 0,8 \cdot 1900 \cdot 1,004 \cdot 3 = 4580 \text{ კგ};$$

$$Q_{\text{კ}} = 47000 \text{ კგ} < 87500 + 27200 + 4580 = 119280 \text{ კგ}.$$

მაშასადამე, განივი ძალების მოქმედებისადმი კოპს ყველა დახრილ კვეთში აქვს დიდი ამტანუნარიანობა.

დაწბართქბი

დაწბართი 1

C 14 დატვირთვისაგან გამოწვეული თანაბრად განაწილებული ეკვივალენტური დატვირთვები (ტა ტ/მ) სამკუთხა ფორმის გავლენის ხაზებისათვის

დატვირთვის სიგრძე ლ, მ	გავლენის ხაზის წეროს მდებარეობა α										
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
1,1	67,17	67,08	66,89	66,75	66,61	66,48	66,34	66,2	66,06	65,92	65,78
1,2	64,35	64,07	63,79	63,51	63,23	62,96	62,68	62,40	62,12	61,84	61,56
1,3	61,53	61,11	60,69	60,27	59,85	59,44	59,02	58,60	58,18	57,76	57,34
1,4	58,71	58,15	57,59	57,03	56,47	55,92	55,36	54,80	54,24	53,68	53,12
1,5	55,89	55,19	54,49	53,79	53,09	52,40	51,70	51,00	50,30	49,60	48,90
1,6	52,51	51,85	51,20	50,54	49,89	49,23	48,57	47,92	47,26	46,61	45,95
1,7	49,70	49,03	48,36	47,68	47,22	46,60	45,97	45,35	44,73	44,11	43,49
1,8	47,35	46,76	46,17	45,57	44,98	44,39	43,80	43,21	42,61	42,02	41,43
1,9	45,33	44,76	44,20	43,63	43,07	42,50	41,93	41,37	40,80	40,24	39,67
2	43,61	43,06	42,52	41,98	41,43	40,88	40,34	39,80	39,25	38,70	38,16
2,1	42,13	41,61	41,08	40,55	40,02	39,50	38,97	38,44	37,91	37,39	36,86
2,2	40,82	40,31	39,80	39,20	38,78	38,27	37,76	37,25	36,74	36,23	35,72
2,3	39,69	39,19	38,70	38,20	37,71	37,21	36,71	36,22	35,72	35,23	34,73
2,4	38,68	38,20	37,71	37,23	36,75	36,26	35,78	35,30	34,82	34,33	33,85
2,5	37,79	37,32	36,84	36,37	35,90	35,42	34,95	34,48	34,01	33,53	33,06
2,6	36,99	36,53	36,06	35,60	35,14	34,68	34,21	33,75	33,29	32,82	32,36
2,7	36,27	35,82	35,36	34,91	34,46	34,00	33,55	33,10	32,65	32,19	31,74
2,8	35,63	35,18	34,74	34,30	33,85	33,40	32,96	32,52	32,07	31,62	31,18
2,9	35,04	34,60	34,16	33,73	33,29	32,85	32,41	31,97	31,54	31,10	30,66
3	34,50	34,07	33,64	33,20	32,77	32,34	31,91	31,48	31,04	30,61	30,18
3,1	34,01	33,58	33,16	32,74	32,31	31,88	31,46	31,04	30,61	30,18	29,76
3,2	33,57	33,15	32,73	32,31	31,89	31,47	31,05	30,63	30,21	29,79	29,37
3,3	33,15	32,74	32,32	31,91	31,49	31,08	30,67	30,25	29,84	29,42	29,01
3,4	32,77	32,36	31,95	31,54	31,13	30,72	30,32	29,91	29,50	29,09	28,68
3,5	32,42	32,02	31,61	31,20	30,80	30,40	29,99	29,58	29,18	28,78	28,37
3,6	32,09	31,69	31,29	30,88	30,48	30,07	29,68	29,28	28,87	28,47	28,07
3,7	31,74	31,38	30,99	30,59	30,19	29,80	29,40	29,00	28,60	28,21	27,81
3,8	31,50	31,11	30,71	30,32	29,92	29,53	29,14	28,74	28,35	27,95	27,56
3,9	31,22	30,83	30,44	30,05	29,66	29,27	28,88	28,49	28,10	27,71	27,32
4	30,97	30,58	30,20	29,81	29,42	29,04	28,65	28,26	27,87	27,49	27,10
4,1	30,73	30,35	29,96	29,58	29,19	28,81	28,43	28,04	27,66	27,27	26,89
4,2	30,51	30,13	29,75	29,36	28,98	28,60	28,22	27,84	27,45	27,07	26,69
4,3	30,30	29,92	29,54	29,16	28,78	28,40	28,03	27,65	27,27	26,89	26,51
4,4	30,10	29,72	29,35	28,97	28,60	28,22	27,84	27,47	27,09	26,72	26,34

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4.5	29.90	29.51	29.15	28.75	28.41	28.04	27.66	27.29	26.92	26.54	26.17
4.6	29.72	29.35	28.98	28.61	28.24	27.86	27.49	27.12	26.75	26.38	26.01
4.7	29.55	29.18	28.81	28.44	28.07	27.70	27.34	26.97	26.60	26.23	25.86
4.8	29.39	29.02	28.65	28.29	27.92	27.55	27.18	26.81	26.45	26.08	25.71
4.9	29.23	28.86	28.50	28.13	27.77	27.40	27.03	26.67	26.30	25.94	25.57
5	29.08	28.72	28.35	27.99	27.62	27.26	26.90	26.53	26.17	25.80	25.44
5.2	28.78	28.42	28.06	27.70	27.34	26.98	26.63	26.27	25.91	25.55	25.19
5.4	28.52	28.16	27.81	27.45	27.09	26.74	26.38	26.02	25.66	25.31	24.95
5.6	28.28	27.93	27.57	27.22	26.86	26.51	16.16	25.80	25.45	25.09	24.74
5.8	28.04	27.69	27.34	26.99	26.64	26.29	25.94	25.59	25.24	24.89	24.54
6	27.83	27.48	27.13	26.79	26.44	26.09	25.74	25.39	25.05	24.70	24.35
6.2	27.62	27.28	26.93	26.58	26.24	25.90	25.55	25.20	24.86	24.52	24.17
6.4	27.43	27.09	26.74	26.40	26.06	25.72	25.37	25.03	24.69	24.34	24.00
6.6	27.24	26.90	26.56	26.22	25.88	25.54	25.20	24.86	24.52	24.18	23.84
6.8	27.06	26.72	26.38	26.05	25.71	25.37	25.03	24.69	24.36	24.02	23.68
7	26.89	26.55	26.22	25.88	25.55	25.21	24.87	24.54	24.20	23.87	23.53
7.2	26.74	26.40	26.07	25.74	25.40	25.06	24.73	24.40	24.06	23.72	23.39
7.4	26.59	26.26	25.92	25.59	25.26	24.92	24.59	24.26	23.93	23.59	23.26
7.6	26.44	26.11	25.78	25.45	25.12	24.78	24.45	24.12	23.79	23.46	23.13
7.8	26.29	25.96	25.63	25.30	24.97	24.64	24.32	23.99	23.66	23.33	23.00
8	26.15	25.82	25.50	25.17	24.84	24.52	24.19	23.86	23.53	23.21	22.88
8.5	25.82	25.50	25.17	24.85	24.53	24.20	23.88	23.56	23.24	22.91	22.59
9	25.51	25.19	24.87	24.55	24.23	23.92	23.60	23.28	22.96	22.64	22.32
9.5	25.21	24.90	24.58	24.26	23.95	23.64	23.32	23.00	22.69	22.38	22.06
10	24.93	24.62	24.31	24.00	23.69	23.38	23.06	22.75	22.44	22.13	21.82
10.5	24.65	24.37	24.06	23.76	23.45	23.14	22.83	22.52	22.22	21.91	21.60
11	24.43	24.12	23.82	23.52	23.21	22.90	22.60	22.30	21.99	21.68	21.38
11.5	24.19	23.89	23.59	23.28	22.98	22.68	22.38	22.08	21.77	21.47	21.17
12	23.95	23.65	23.35	23.05	22.75	22.46	22.16	21.86	21.56	21.26	20.96
12.5	23.73	23.43	23.14	22.84	22.54	22.24	21.95	21.65	21.35	21.06	20.76
13	23.52	23.23	22.93	22.64	22.34	22.05	21.76	21.46	21.17	20.87	20.58
13.5	23.31	23.02	22.73	22.44	22.15	21.86	21.56	21.27	20.98	20.69	20.40
14	23.11	22.82	22.53	22.24	21.95	21.66	21.38	21.09	20.80	20.51	20.22
14.5	22.91	22.62	22.33	22.05	21.77	21.48	21.19	20.91	20.62	20.34	20.05
15	22.72	22.44	22.15	21.87	21.58	21.30	21.02	20.73	20.45	20.16	19.88
15.5	22.54	22.26	21.98	21.69	21.41	21.13	20.85	20.57	20.28	20.00	19.72
16	22.36	22.08	21.80	21.52	21.24	20.96	20.68	20.40	20.12	19.84	19.56
16.5	22.19	21.91	21.63	21.36	21.08	20.80	20.52	20.24	19.97	19.69	19.41
17	22.02	21.74	21.47	21.19	20.92	20.64	20.36	20.09	19.81	19.54	19.26
17.5	21.85	21.58	21.31	21.03	20.75	20.48	20.21	19.93	19.66	19.38	19.11
18	21.69	21.42	21.15	20.87	20.60	20.33	20.06	19.79	19.51	19.24	18.97
18.5	21.53	21.26	20.99	20.72	20.45	20.18	19.91	19.64	19.37	19.10	18.83
19	21.37	21.10	20.84	20.57	20.30	20.04	19.77	19.50	19.23	18.97	18.70
19.5	21.22	20.96	20.69	20.42	20.16	19.90	19.63	19.36	19.10	18.84	18.57
20	21.07	20.81	20.54	20.28	20.02	19.76	19.49	19.2	18.97	18.70	18.44
21	20.79	20.53	20.27	20.01	19.75	19.49	19.23	18.97	18.72	18.46	18.21
22	20.51	20.25	20.00	19.74	19.49	19.23	18.97	18.72	18.46	18.21	17.95
23	20.26	20.01	19.75	19.50	19.25	19.00	18.74	18.49	18.24	17.98	17.73
24	20.01	19.76	19.51	19.26	19.01	18.76	18.51	18.26	18.01	17.76	17.51
25	19.77	19.52	19.28	19.03	18.78	18.54	18.29	18.04	17.79	17.55	17.30
26	19.53	19.29	19.04	18.80	18.55	18.31	18.07	17.82	17.58	17.33	17.09
27	19.32	19.08	18.84	18.59	18.35	18.11	17.87	17.63	17.38	17.14	16.90
28	19.11	18.87	18.63	18.39	18.15	17.92	17.68	17.44	17.20	16.96	16.72
29	18.90	18.66	18.43	18.19	17.96	17.72	17.48	17.25	17.01	16.78	16.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30	18,70	18,47	18,23	18,00	17,77	17,54	17,30	17,07	16,84	16,60	16,37
31	18,52	18,29	18,06	17,83	17,60	17,36	17,13	16,90	16,67	16,44	16,21
32	18,34	18,11	17,88	17,65	17,42	17,20	16,97	16,74	16,51	16,28	16,05
33	18,17	17,94	17,72	17,49	17,26	17,04	16,81	16,58	16,35	16,13	15,90
34	18,00	17,78	17,55	17,32	17,10	16,88	16,65	16,42	16,20	15,98	15,75
35	17,85	17,63	17,40	17,18	16,94	16,74	16,51	16,29	16,07	15,84	15,62
36	17,70	17,48	17,26	17,04	16,82	16,60	16,37	16,15	15,93	15,71	15,49
37	17,56	17,34	17,12	16,90	16,68	16,46	16,24	16,02	15,80	15,58	15,36
38	17,42	17,20	16,98	16,77	16,55	16,33	16,11	15,89	15,68	15,46	15,24
39	17,28	17,06	16,85	16,63	16,42	16,20	15,98	15,77	15,55	15,34	15,12
40	17,16	16,94	16,72	16,51	16,29	16,08	15,87	15,65	15,44	15,22	15,01
42	16,91	16,70	16,49	16,28	16,07	15,86	15,64	15,43	15,22	15,01	14,80
44	16,69	16,48	16,27	16,06	15,85	15,64	15,44	15,23	15,02	14,81	14,60
46	16,48	16,27	16,07	15,86	15,66	15,45	15,24	15,04	14,83	14,63	14,43
48	16,28	16,08	15,87	15,67	15,47	15,26	15,06	14,86	14,66	14,45	14,25
50	16,11	15,91	15,71	15,51	15,31	15,10	14,90	14,70	14,50	14,30	14,10
52	15,95	15,76	15,56	15,36	15,17	14,98	14,78	14,58	14,39	14,20	14,00
54	15,80	15,62	15,44	15,26	15,08	14,98	14,72	14,54	14,36	14,18	14,00
56	15,66	15,49	15,33	15, 6	15,00	14,83	14,66	14,50	14,33	14,17	14,00
58	15,53	15,34	15,22	15,07	14,92	14,76	14,61	14,46	14,31	14,15	14,00
60	15,41	15,27	15,13	14,99	14,85	14,70	14,56	14,42	14,28	14,14	14,00
62	15,30	15,17	15,04	14,91	14,78	14,65	14,52	14,39	14,26	14,13	14,00
64	15,20	15,08	14,96	14,84	14,72	14,60	14,48	14,36	14,24	14,12	14,00
66	15,11	15,00	14,89	14,78	14,67	14,56	14,44	14,33	14,22	14,11	14,00
68	15,03	14,93	14,82	14,72	14,62	14,52	14,41	14,31	14,21	14,10	14,00
70	14,95	14,86	14,76	14,66	14,57	14,48	14,38	14,28	14,19	14,10	14,00
75	14,78	—	14,62	—	14,47	—	14,31	—	14,16	—	14,00
80	14,64	—	14,51	—	14,38	—	14,26	—	14,13	—	14,00
85	14,52	—	14,42	—	14,31	—	14,21	—	14,10	—	14,00
90	14,42	—	14,34	—	14,25	—	14,17	—	14,08	—	14,00
100	14,28	—	14,22	—	14,17	—	14,11	—	14,06	—	14,00
110	14,20	—	14,16	—	14,12	—	14,08	—	14,04	—	14,00
120	14,13	—	14,10	—	14,08	—	14,05	—	14,03	—	14,00
130	14,08	—	14,06	—	14,05	—	14,03	—	14,02	—	14,00
140	14,06	—	14,05	—	14,04	—	14,02	—	14,01	—	14,00
150	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00

დანართი 2

დახადაბავი არმატურის ხანგარიშო წინაღობა (გაქიმევაზე) სიმტკიცეზე
განგარიშებიხათვის

არმატურის სახე	ლია- მეტრი, მმ	სანგარიშო წინაღობა გაქიმევაზე, კგ/სმ²	
		წინასწარ დაძაბვის შექმნი- სის, ტრანსპორტირებისა და მონტაჟის დროს $R_{დ1}$	შესაღებულობის სტადია- ში $R_{დ2}$
1	2	3	4
1. მაღალი სიმტკიცის ციფ- კიმული გლუვი მავთული (B-II კლასისა)	3	12400	11000
	4	11700	10400
	5	11400	9800
	6	10400	9200
	7	9800	8600
	8	9100	8000

1	2	3	4
2. მაღალი სიმტკიცის ცივი- მული პერიოდული პრო- ფილის მავთული (B _p -II კლასისა)	3 4 5 6 7	11700 11000 10400 9800 9100	10400 9800 9200 8600 8000
3. შეიღმავთულიანი წნები	6 7,5 9 12 15	11500 11300 10700 10100 9500	10300 10200 9600 9100 8500
4. ცხლად ნავლიანი პერიო- დული პროფილის ფო- ლადი (A-IV კლასისა)	12-18	5100	4600

დანართი 3

ბეტონის საანგარიშო წინაღობები სიმტკიცეზე და ბზარმდეგობაზე
გაანგარიშებისას

№	წინაღობის სახე	პროპორციული წილი	ბეტონის დანა- ბების პროპორციები	ბეტონის საანგარიშო წინაღობა შემდეგი მარკებისათვის, კგ/სმ²							
				150	200	250	300	400	500	600	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

ა) ჩვეულებრივი და წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონისათვის

1	ღერძული კუმშვა	$R_{კრ}$	A B	— —	78 72	100 95	125 115	165 150	205 190	245 225
2	კუმშვა ღუნვისას	$R_{ღ}$	A B	— —	97 90	125 115	150 140	205 190	255 240	305 280

ბ) წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონისათვის

3	ღერძული კუმშვა (გრძი- ვი ბზარების ბზარმდე- გობაზე გაანგარიშები- სათვის)	$R_{პრ}$	A B	— —	— —	— —	135 125	190 175	245 225	295 275
4	კუმშვა ღუნვისას (გრძი- ვი ბზარების ბზარმდე- გობაზე გაანგარიშები- სათვის)	$R_{ღ}$	A B	— —	— —	— —	165 155	235 215	310 285	365 335

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	მთავარი მყუმშავი ძაბვები	$R_{ა,გ,ფ}$	A B	— —	— —	— —	105 100	140 130	175 160	210 190
6	მთავარი გამჭიმავი ძაბვები	$R_{ა,გ,ფ}$	A და B	—	—	—	20	24	27	28,5
7	გაქიმვა	$R_{გ,ფ}$	A და B	—	—	—	13,5	16	18	19
8	ახლეჩა ღუნვისას	$R_{ახ}$	A და B	—	32	38	44	53	65	70

გ) ჩვეულებრივი რკინაბეტონისათვის

9	პირობითი მთავარი გამჭიმავი ძაბვები	$R_{ა,გ,ფ}$	A და B	—	24	28	32	37	42	46
10	ღერძული გაქიმვა	$R_{გ,ფ}$	A და B	—	6,5	8	9,5	11	12,5	13,5

დ) ბეტონის კონსტრუქციებისათვის

11	ღერძული კუმშვა	$R_{კ}$	B	55	65	—	105	135	—	—
12	კუმშვა ღუნვისას	$R_{ღ}$	B	65	80	—	125	170	—	—

დ ა ნ ა რ თ ი 4

დაუძაბავი არმატურის ხაანგარიშო წინაღობები ხიმტკიცეზე
გაანგარიშებისას

№	არმატურის სახე	საანგარიშო წინაღობა გაქიმვაზე $R_{ა}$ და კუმშვაზე $R_{კ}$, კგ/სმ ²
1	კლასი A-I, ცხლად ნაგლინი, გლევი, BM Ct. 3cm მარკის ფოლადი	1900
2	კლასი A-II, ცხლად ნაგლინი, პერიოდული პროფილის მარტენის ფოლადი Ct. 5cm მარკის (დიამეტრი 40 მ-მდე) და 18Г2C მარკისა (დიამეტრით 45—90 მმ)	2400
3	კლასი A-III, ცხლად ნაგლინი, პერიოდული პროფილის ფოლადი 25Г2C და 35ГC მარკების (დიამეტრი 40 მმ-მდე) და 18Г2C მარკისა (დიამეტრი 6—8 მმ)	3000

ბეტონის ღრეკადობის საწყისი მოდულები (E_b) და ძვრის მოდულები (G_b)

ბეტონის მუშაობის სახე	აღნიშვნა	ბეტონის ღრეკადობის საწყისი მოდულები და ძვრის მოდულები კგ/სმ ² -ობით შემდეგი მარკები-სათვის						
		150	200	250	300	400	500	600
კუმშვა	E_b	230000	265000	290000	315000	350000	380000	400000
ძვრა	G_b	92000	105000	115000	125000	140000	150000	160000

შენიშვნა. ბეტონის ღრეკადობის საწყისი მოდული შეესაბამება ძაბვას $\sigma_b \leq 0,2 R_{კმ}$.

არმატურის ღრეკადობის მოდული E_s

№	არმატურის სახე	E_s , კგ/სმ ²
1	ცხლად ნაგლინი არმატურა A-I და A-II კლასების ფოლადისაგან	$2,1 \cdot 10^6$
2	იგივე A-III კლასის ფოლადისაგან	$2,0 \cdot 10^6$
3	იგივე A-IV კლასის ფოლადისაგან	$2,0 \cdot 10^6$
	მაღალი სიმტკიცის გლუვი და პერიოდული პროფილის მავთული, კონკრეტი მაღალი სიმტკიცის მავთულებისაგან, შვიდმავთულიანი წნეხი	$1,8 \cdot 10^6$

ბეტონის საანგარიშო წინაღობები გამძლეობაზე კგ/სმ²-ობით, როდესაც $\rho \leq 0,1$

№	წინაღობის სახე	პირობითი აღნიშვნა	ბეტონის დამზადების პირობები	ბეტონის მარკა					
				200	250	300	400	500	600
1	ღერძული კუმშვა	$R'_{კმ}$	A B	60 55	75 70	90 85	130 120	160 145	190 175
2	კუმშვა ღუნვის დროს	$R'_{ღ}$	A B	75 70	95 85	115 105	160 150	195 180	245 220
3	გაქმევა	$R'_{გ}$	A და B	—	—	10,5	12,5	13,5	14,5

კოეფიციენტი k_p ბეტონის საანგარიშო წინააღმდეგობის განსაზღვრისათვის
გამძლეობაზე გაანგარიშებისას, როდესაც $p > 0,1$

p	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
k_p	0,1	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30

გაქიმული არმატურის საანგარიშო წინააღმდეგობა გამძლეობაზე
 R'_a , როდესაც $p=0$

N:	არმატურის სახე და ფოლადის მარკა	R'_a , კგ/სმ ²
1	გლუვი არმატურა BM Cr. 3cn მარკის ფოლადისაგან	1650
2	პერიოდული პროფილის მარტენის Cr. 5cn მარკის ფოლადისაგან	1700
3	იგივე, 25 $\pm$ 2C მარკის ფოლადისაგან	1800

კოეფიციენტი γ_a დაუძაბავი არმატურის საანგარიშო წინააღმდეგობის განსაზღვრისათვის
გამძლეობაზე გაანგარიშებისას, როდესაც $p \neq 0$

p	-1	-0,5	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
γ_a	0,6	0,75	0,9	0,95	1,05	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

კოეფიციენტი n' გამძლეობაზე გაანგარიშებისათვის

n' -ის მნიშვნელობა, როდესაც ბეტონის მარკა უდრის

200 და 250	300	400	500 და მეტი
25	20	15	10

კოეფიციენტი $n_1 = \frac{E_a}{E_b}$ ძაბვების განსაზღვრისათვის და დაუვანილი კვების
გეომეტრიული მახასიათებლების გამოთვლისათვის

არმატურის სახე	n_1 კოეფიციენტის მნიშვნელობები ბეტონის საპროექტო მარკებისათვის					
	200	250	300	400	500	600
ლეროვანი	7,7	7,1	6,5	5,8	5,4	5,1
მაფთულიანი	6,8	6,2	5,7	5,2	4,8	4,5

კოეფიციენტი k_{ρ} , რომლის საშუალებით ისაზღვრება დაძაბული არმატურის
საანგარიშო წინაღობა გამძლეობაზე — R'_{ρ} ($R'_{\rho} = k_{\rho} \cdot R_{\rho}$)

არმატურის სახე	კ _ρ -ის მნიშვნელობა, როდესაც ρ ტოლია						
	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	1,0
მაღალი სიმტკიცის გლუვი მავთუ- ლი (B-II კლასისა)	—	—	0,55	0,85	1	1	1
მაღალი სიმტკიცის პერიოდული პროფილის მავთული (Bp-II კლა- სისა)	—	—	0,78	0,85	0,9	0,95	1
შეიდმავთულიანი წნები	—	—	0,78	0,85	0,95	1	1
A-IV კლასის ფოლადი, დიამეტ- რით 12—18 მმ (პირაპირების გა- რეშე ან კონტაქტური შედუღების პირაპირებით)	0,70	0,73	0,9	1	1	1	1
იგივე, მხოლოდ შედუღების ადგი- ლები არ არის გაღებულნი	0,4	0,5	0,55	0,6	0,65	0,70	1

მოქნილი არმატურის სარტამენტი

ლეროს დიამეტრი, მმ	1 გრძ. მ. წონა, კგ	მრგვალი ლეროების განივკვეთის ფართობი სმ ² -ით, როდესაც მათი რაოდენობაა								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	0,154	0,196	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77
6	0,222	0,283	0,57	0,85	1,13	1,42	1,70	1,98	2,26	2,55
7	0,302	0,385	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46
8	0,395	0,508	1,01	1,51	2,01	2,52	3,02	3,52	4,02	4,53
9	0,499	0,636	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45	5,09	5,72
10	0,617	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07
12	0,888	1,131	2,36	3,39	4,52	5,65	6,78	7,91	9,04	10,17
14	1,208	1,539	3,08	4,61	6,15	7,69	9,23	10,77	12,30	13,87
16	1,573	2,011	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,97	16,02	18,09
18	1,993	2,545	5,09	7,63	10,17	12,72	15,26	17,80	20,36	22,90
20	2,466	3,142	6,28	9,41	12,56	15,70	18,84	22,00	25,13	28,27
22	2,934	3,801	7,60	11,40	15,20	19,00	22,81	26,61	30,41	34,21

გ ა გ რ ა ქ ე ლ ე ბ ა

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25	3,850	4,909	9,82	14,73	19,64	24,54	29,75	34,86	39,27	44,18
28	4,830	6,153	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42
32	6,310	8,043	16,09	24,18	32,17	40,21	48,26	56,30	64,34	72,38
36	7,990	10,179	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43	91,61
40	9,885	12,561	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10

შ ე ნ ი შ ე ნ ა . არმიტურის ღეროების დიამეტრები იცვლება შემდეგ ფარგლებში:

A-I — კლასისათვის 6—40 მმ;

A-II — " 10—90 მმ;

A-III — " 6—40 მმ;

A-IV — " 10—32 მმ.

დ ა ნ ა რ თ ი 15

ხ ა ე ტ ო მ ო ბ ი ლ ო ნ ო რ მ ა ტ ი უ ლ ი H-30 და H-10 დატვირთვების ძირითადი მაჩვენებლები

№	ძირითადი მაჩვენებლების დასახელება	განზომილების ერთეული	H-30	H-10	
				შემძიმებული ავტომობილი	ნორმალური ავტომობილი
1	დატვირთული ავტომობილის წონა	ტ	30	13	10
2	დაწოლა უკანა ღერძზე	"	2×12	9,5	7
3	დაწოლა წინა ღერძზე	"	6	3,5	3
4	უკანა წყვილი თვლის სიგანე	მ	0,6	0,4	0,3
5	წინა თვლის სიგანე	"	0,3	0,2	0,15
6	თვლის შეხების სიგრძე სავალ ნაწილთან (მოძრაობის გასწვრივ)	"	0,2	0,2	0,2
7	ავტომობილის ბაზა	"	6,0+1,6	4,0	4,0
8	ძარას სიგანე	"	2,9	2,7	2,7
9	ნაკვალევის სიგანე	"	1,9	1,7	1,7

ბორბლიანი (HK-80) და მუხლუხიანი (HF-60) ნორმატიული დატვირთვის
ძირითადი მაჩვენებლები

№	ძირითადი მაჩვენებლების დასახელება	განზომილების ერთეული	HK-80	HF-60
1	მანქანის წონა	ტ	80	60
2	დაწოლა ღერძზე	"	20	—
3	დაწოლა მუხლუხის ერთ გრძივ მეტრზე	"	—	6
4	მუხლუხის დაყრდნობის სიგრძე	მ	—	5
5	მუხლუხის ან თვლის სიგანე	"	0,8	0,7
6	თვლის შეხების სიგრძე სავალ ნაწილთან (მოძრაობის მიმართულებით)	"	0,2	—
7	მანძილი თვლების ღერძებს შორის გრძივი მიმართულებით	"	1,2	—
8	მანძილი მუხლუხებისა და თვლების ღერძებს შორის ვანივი მიმართულებით	"	2,7	2,6

H-30 და H-10 ერთი კოლონის ავტოშობილების ეკვივალენტური დატვირთვები
(ხამკუთხა გავლენის ზაზებისათვის) K_α

დატვირთვის სიგრძე, მ	გავლენის ხაზის წვეროს მდებარეობა α					
	შუაში $\alpha=0,5$		მეოთხედში $\alpha=0,25$		ბოლოში $\alpha=0$	
	H-30	H-10	H-30	H-10	H-30	H-10
1	2	3	4	5	6	7
4	7,20	4,75	8,80	4,75	9,60	4,75
5	6,53	3,80	7,55	3,80	8,06	4,03
6	5,57	3,17	6,58	3,30	6,93	3,56
7	5,29	2,71	5,81	2,95	6,07	3,14
8	4,80	2,35	5,20	2,67	5,47	2,81
9	4,39	2,27	4,70	2,43	5,07	2,65
10	4,03	2,16	4,29	2,23	4,70	2,54
11	3,73	2,05	4,03	2,05	4,38	2,42

1	2	3	4	5	6	7
12	3,47	1,91	3,80	1,99	4,10	2,31
13	3,31	1,85	3,59	1,93	3,85	2,20
14	3,16	1,76	3,40	1,86	3,62	2,08
15	3,02	1,67	3,23	1,79	3,42	2,00
16	2,89	1,59	3,08	1,73	3,24	1,91
17	2,66	1,54	2,80	1,65	2,96	1,78
20	2,45	1,48	2,57	1,57	2,87	1,67
22	2,27	1,41	2,37	1,49	2,82	1,62
24	2,13	1,35	2,22	1,44	2,75	1,57
26	2,03	1,33	2,16	1,38	2,67	1,51
28	1,93	1,30	2,13	1,34	2,60	1,45
30	1,84	1,26	2,09	1,32	2,54	1,41
32	1,76	1,23	1,96	1,29	2,46	1,37
~~36~~	1,76	1,19	1,93	1,22	2,37	1,32
40	1,76	1,15	1,90	1,16	2,29	1,27
50	1,76	1,09	1,79	1,09	2,17	1,19
60	1,76	1,05	1,75	1,05	2,08	1,13
70	1,74	1,01	1,74	1,02	1,92	1,08
80	1,74	0,99	1,74	1,00	2,00	1,05
90	1,74	0,97	1,74	0,97	1,97	1,03

დანართი 15

ბორბლიანი და მუხლუხიანი მანქანების ეკვივალენტური დატვირთვები

 K^b და K^a

დატვირთვის სიგრძე, მ	გავლენის ხაზის უდიდესი ორდინატის მდებარეობა			დატვირთვის სიგრძე, მ	გავლენის ხაზის უდიდესი ორდინატის მდებარეობა		
	HK-80		HF-60		HK-80		HF-60
	შუაში და მეოთხედში $\alpha=0,5-0,25$	ბოლოში $\alpha=0$	ნებისმიერ $\alpha=0,5-0$		შუაში და მეოთხედში $\alpha=0,5-0,25$	ბოლოში $\alpha=0$	ნებისმიერ $\alpha=0,5-0$
1	2	3	4	5	6	7	8
4	18,00	22,00	20,00	20	7,04	7,28	5,25
5	16,64	20,50	12 00	22	6,48	6,67	4,83
6	16,00	18,67	11,67	24	6,00	6,17	4,48
7	15,02	16,97	11,02	26	5,58	5,73	4,17

18-4,5

1	2	3	4	5	6	7	8
8	14,00	15,50	10,31	28	5,22	5,33	3,90
9	13,04	14,22	9,63	30	4,91	5,01	3,67
10	12,15	13,12	9,00	32	4,62	4,71	3,46
11	11,37	12,15	8,43	36	4,15	4,22	3,10
12	10,67	11,33	7,92	40	3,76	3,82	2,81
13	10,03	10,60	7,45	50	3,05	3,08	2,28
14	9,47	9,95	7,04	60	2,56	2,59	1,92
15	8,96	9,38	6,67	70	2,21	2,22	1,65
16	8,50	8,67	6,33	80	1,94	1,95	1,45
18	7,70	8,00	5,74	90	1,73	1,74	1,30

შიჯამება

1. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб (СН 200—62), Москва, 1962.
 2. Указания по проектированию железобетонных и бетонных конструкций железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб (СН 365—67), Москва, 1967.
 3. Справочник инженера-дорожника. Проектирование мостов и труб, Москва, 1964.
 4. Г. К. Евграфов, Н. Б. Лялин. Расчеты мостов по предельным состояниям, Москва, 1962.
-

შინაარსი

I თავი

საანგარიშო ფორმულენი

§ 1. ღუნვაზე მომუშავე მართყთბა კვეთის ელემენტები	3
§ 2. ღუნვაზე მომუშავე ტესებრი კვეთის ელემენტები	12
§ 3. ღუნვაზე მომუშავე ელემენტების გაანგარიშება მეორე ზღვრულ მდგომარეობაზე (დეფორმაციებზე)	15
§ 4. ღუნვაზე მომუშავე ელემენტების გაანგარიშება მესამე ზღვრულ მდგომარეობაზე (ბზარმდეგობაზე)	16
§ 5. წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონის კოჭების გაანგარიშება	20

II თავი

დროებითი მოძრავი ვერტიკალური დატვირთვა CK და მისი გამოყენების წესები

§ 6. ნორმატიული დროებითი მოძრავი ვერტიკალური დატვირთვა	28
§ 7. გავლენის ხაზების დატვირთვის წესები	31
§ 8. გავლენის ხაზის დატვირთვის სიგრძის (λ) განსაზღვრა	35

III თავი

რკინიგზის კოჭური მალის ნაშენის ელემენტების გაანგარიშების მაგალითები

§ 9. რკინიგზის ხიდის სავალი ნაწილის კონსოლის გაანგარიშება	37
§ 10. რკინიგზის ხიდის სავალი ნაწილის ფილის გაანგარიშება	43
§ 11. მონოლითური მალის ნაშენის კოჭის გაანგარიშება	50
§ 12. ასაწყობი მალის ნაშენი კოჭის (ცვალებადი პისქის წიბოებით) გაანგარიშება	52
§ 13. რკინიგზის წინასწარ დაძაბული რკინაბეტონის მალის ნაშენის კოჭის გაანგარიშება	57

IV თავი

ავტოგზის ხიდების მალის ნაშენის ელემენტების გაანგარიშების მაგალითები

§ 14. ასაწყობი მალის ნაშენის კონსოლური ფილის გაანგარიშება	120
§ 15. სავალი ნაწილის კოჭური ფილის გაანგარიშება	124
§ 16. ასაწყობი მალის ნაშენის კოჭის გაანგარიშება	136
დანართები	153
ლიტერატურა	165

რეცენზენტები:

ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი ი. ბიუსი

ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი ზ. ცაგარელი

ნაშრომი რეკომენდებულია პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ხიდებისა და
რკინაბეტონის კონსტრუქციების კათედრის მიერ

რედაქტორი მ. მრჟლაშვილი

მხატვრული რედაქტორი ე. სულთანაშვილი

ტექრედაქტორი გ. ჯოხაძე

კორექტორი პ. დგებუაძე

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 12/VII-71 წ. ქალაქის ზომა 60×90.

ნაბეჭდი თაბახი 10,5. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 9,57

შეკვეთის № 198

უფ 00324

ტირაჟი 1000

შპსი 53 კპპ.

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, კამოს ქ. № 18.

Издательство „Ганатлеба“, Тбилиси, ул. Камо № 18.

1971

სპი-ს სტამბა, ლენინის ქ., 69.

Типография ГПИ, ул. Ленина, 69.

3037 2060

