

UDC 627

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-3-170-181>

ცემენტისფუძიანი კომპოზიტებით აგებული ვერტიკალური პროფილის საპორტო შემომზღუდავი ნაგებობების კონსტრუქცია და ანგარიში

ამირან საყვარელიძე ჰიდროტექნიკისა და სამოქალაქო ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68^ბ
E-mail: a.sakvarelidze@gtu.ge

რეცენზენტები:

- ა. ბაგრატიონ-დავითაშვილი**, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: adavitashvili@gtu.ge
- ზ. ცინაძე**, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი
E-mail: z.tsinadze@gtu.ge

ანოტაცია. ვერტიკალური პროფილის საპორტო შემომზღუდავი ნაგებობების ძირითადი შემადგენელი ნაწილია ვერტიკალური კედელი. ცემენტისფუძიანი კომპოზიტებისგან აგებული ვერტიკალური კედლის წყალქვეშა ნაწილის კონსტრუქციის მიხედვით განასხვავებენ ნაგებობებს. 1. ბეტონის მასივებისგან, 2. მასივი-გიგანტებისგან.

1. შემომზღუდავი საპორტო ნაგებობები ბეტონის მასივებისგან.

პრაქტიკაში გამოიყენება ნაგებობები: ჩვეულებრივი მასივებისგან მასით 100 ტ-მდე და ციკლოპური მასივებისგან მასით 400 ტ-მდე და მეტი. წარმოდგენილ სტატიაში განხილულია ჩვეულებრივი ბეტონისა და ციკლოპური მასივებისგან აგებული ნაგებობების ტექნოლოგიის საკითხები. შემომ-

ზღუდავი ნაგებობის გაანგარიშებისას განისაზღვრება: ძაბვები ფუძის გრუნტში ნაგებობის ქვის ფენილითან კონტაქტის მიხედვით; ნაგებობის დეფორმაციები; ნაგებობების ელემენტების სიმტკიცე; ნაგებობისა და მისი ნაწილების მდგრადობა.

2. შემომზღუდავი ნაგებობები მასივი-გიგანტებისგან.

დამუშავებულია მასივი-გიგანტების ყუთების დამზადების, დაყენების, ადგილზე ტრანსპორტირებისა და დადგმის საკითხები. ყუთის ელემენტების სიმტკიცე ნორმალურ და დახრილ კვეთებში განისაზღვრება საანგარიშო წინააღმდეგობის მიხედვით, გადატვირთვის კოეფიციენტების გათვალისწინებით, რომლებიც შეესაბამება დამზადების, ტრანსპორტირების, ნაგებობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციის სტადიებს.

მოცემულია ფორმულები რომლებითაც მოწმდება ყუთის კედელი ძალურ მოქმედებაზე წყლის წნევისგან (ჰიდროსტატიკური და დინამიკური წნევის ჯამი). მოყვანილია ფორმულები, რომლებითაც განისაზღვრება შეწონილი ნაყარი მასალის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური წნევები.

მასივი-გიგანტის ყუთის ძირი იანგარიშება დატვირთვებზე, რომლებიც მოქმედებს მასზე ერთდროულად მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პერიოდებში. თითოეული ნაკვეთურის საზღვრებში ძირი განიხილება, როგორც ფილა დამაგრებული ოთხივე მხარეს და დატვირთული განივი დატვირთვებით.

საკვანძო სიტყვები: გაანგარიშება; ვერტიკალური პროფილის; კომპოზიტი; კონსტრუქცია; მასივი-გიგანტი; ნაგებობა; საპორტო; ფორმულა; ყუთი; შემომზღუდავი; ჩვეულებრივი; ციკლოპური; წყალქვეშა კედელი.

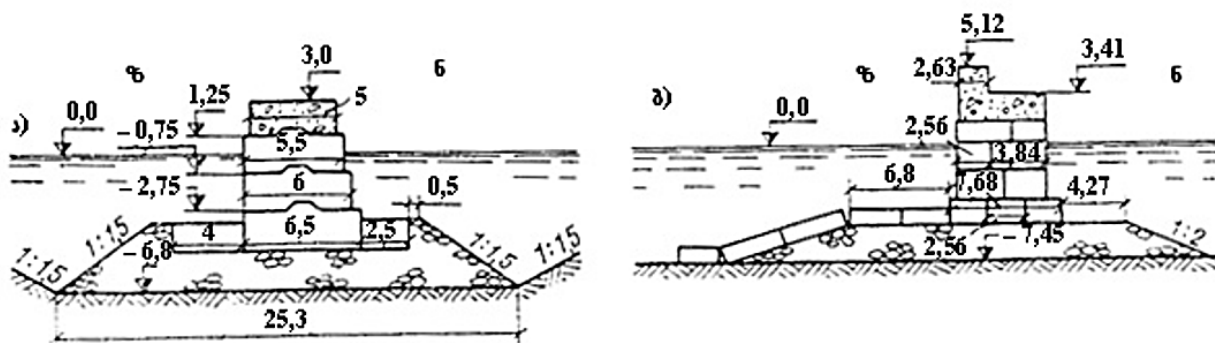
შესავალი

შესწავლილია ცემენტისფუძიანი კომპოზიტებით (სხვადასხვა სახის ბეტონი) აგებული ვერტიკალური პროფილის საპორტო შემომზღუდავი ნაგებობების კონსტრუქციების, სიმკვცევსა და მდგრადობაზე გაანგარიშებების საკითხები. განხილულია შემომზღუდავი ნაგებობების სამი ტიპი: ჩვეულებრივი ბეტონის მასივებისგან; ბეტონის ციკლოპური მასივებისგან და მასივი-გიგანტებისგან.

ძირითადი ნაწილი

1. შემომზღუდავი ნაგებობები ბეტონის მასივებისგან

ნაჩვენებია რომ ნაგებობები ჩვეულებრივი ბეტონის მასივებისგან (მასით 100 ტონამდე) გამოიყენება, როგორც კლდოვან, ისე არაკლდოვან შემჭიდროებად გრუნტზე (სურ.1) [1]



სურ. 1. შემომზღუდავი ნაგებობები ჩვეულებრივი მასივებისგან [1]
ა) ჩრდილოეთის მოლი ფოთში (საქართველო) ; ბ) მოლი ფეოდოსიაში (უკრაინა)

ჩვეულებრივი ბეტონის მასივებით ნაგებობის აგება არ მოითხოვს სპეციალურ ტექნოლოგიურ ნადაგარებს. ამ ნაგებობების ნაკლოვანი მხარეა მა-

ღალი მგრძნობიარობა ფუძის არათანაბარი ჯდომებისადმი. ცალკეულ მასივებს შორის კავშირის არარსებობამ შეიძლება გამოიწვიოს ერთი ნაწილის

მეორის მიმართ ძვრა, შედეგად მასივების გამოვარდნა კედლიდან და ავარია.

გეოლოგიური პირობები ამ ნაგებობის აშენების ტემპის ლიმიტირებას ახდენს. კუმშვადი გრუნტის ფუძეზე მასივების დაყენება ხდება მხოლოდ კურსების მიხედვით. ყოველი ახალი კურსი ეწყობა მას შემდეგ, როცა წყდება წინა კურსის დაჯდომა, ასეთ პირობებში მშენებლობა რამდენიმე წელს გრძელდება. მასივების სიმაღლის მიხედვით დაწყობისას სამუშაოების ფორსირებული ტემპით განხორციელებას (კუმშვადი გრუნტების შემთხვევაში) მიყვარვართ ავარიამდე. ფორსირებული ტემპით მშენებლობა დასაშვებია მხოლოდ კლდოვან ფუძეზე. ბეტონის მასივების ყველაზე მიზანშეწონილი ფორმა პარალელეპიპედაა. გეგმაში მასივის ყველაზე მცირე და დიდი ზომის შეფარდება მის სიმაღლესთან არის $1\div 3$ -მდე წყობისთვის გადაბმული შოვებით და არაუმეტეს 4 -ის როცა წყობა ხორციელდება ვერტიკალურ სვეტებად. არათანაბარი ჯდომის შესამცირებლად ნაგებობას სიგრძის მიხედვით ყოფენ ცალკეულ სექციებად ვერტიკალური შოვებით (სიგანე 5 სმ), რომელთა სიგრძეა $25\div 40$ მ. სიგრძე მატულობს ფუძის გრუნტის სიმტკიცის მიხედვით. შემომზლუდავი ნაგებობების დაწყობისას საჭიროა ყველაზე დიდი წონის მასივები, რომელთა ტრანსპორტირება და დაწყობა შესაძლებელია არსებული სატრანსპორტო ამწე-დანადგარებით. ჩვეულებრივი მასივების ზომები საანგარიშო ტალღის სიმაღლეზე დამოკიდებულებით მოცემულია [1]-ში. წყობის მონოლითურობის გაზრდას აღწევნ წყობის შოვების

გადაბმით. შოვების გადაბმის სიგრძე გადაბმის სახეობისა და მასივების წონის მიხედვით მოყვანილია სამუშაოში [1].

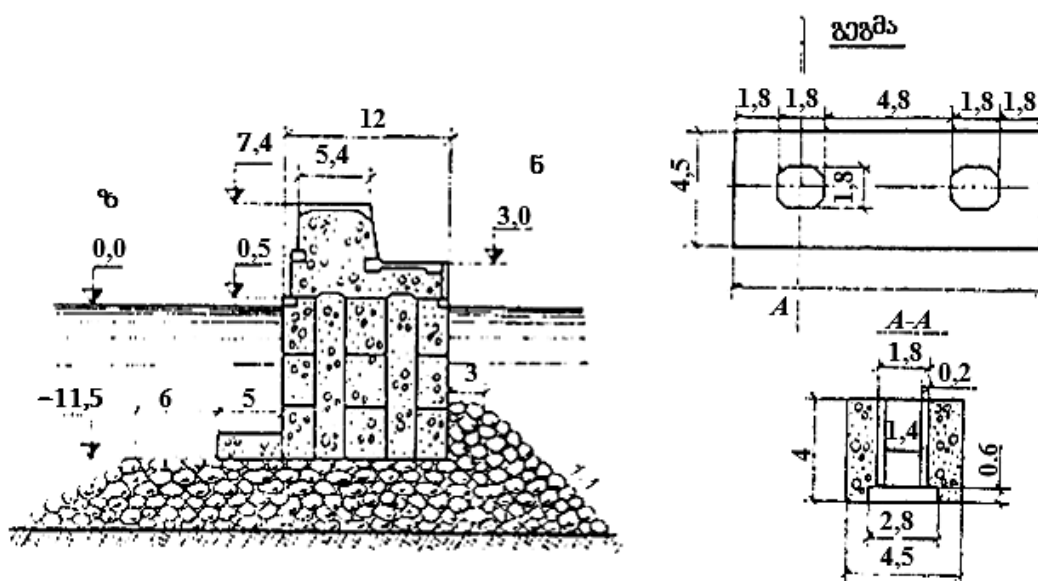
შემომზლუდავი ნაგებობების გაანგარიშებისას განსაზღვრული უნდა იყოს: ძაბვები ფუძის გრუნტში ნაგებობის ქვის ფენილთან კონტაქტის მიხედვით; ნაგებობების დეფორმაციები (დაჯდომა, გადახრა, ჰორიზონტალური გადაადგილება); ნაგებობის ელემენტების სიმტკიცე, ნაგებობისა და მისი ცალკეული ნაწილების მდგრადობა.

შემომზლუდავი ნაგებობებისა და მათი ფუძეების ანგარიში სრულდება საანგარიშო ზღვრული მდგომარეობების მიხედვით [1].

2. ნაგებობები ციკლოპური მასივებისაგან

ციკლოპური მასივები მზადდება ან საერთოდ სიცარიელების გარეშე, ან სიცარიელებით, რომლებიც წარმოადგენენ გეგმაში შედარებით პატარა ზომის ჭებს, რომლებშიც დგამენ ხისტ კარკასებს და შემდეგ ასხამენ ბეტონს – ცალკეული მასივების წონა აღწევს 400 - 450 ტ, რაც მოითხოვს მძლავრ მცურავ ამწეებს მათი აწევისა და ტრანსპორტირებისათვის. ციკლოპური მასივების დაწყობა ხდება სვეტებად შოვების გადაბმის გარეშე [1] (სურ. 2).

ამ ნაგებობების ექსპლუატაციის გამოცდილებამ აჩვენა, რომ მათი საიმედო მუშაობისთვის აუცილებელია გათვალისწინებული იყოს ძლიერი კავშირი მასივებს შორის ვერტიკალის მიხედვით და პაზეზისა და ქიმების მოწყობა გვერდით ზედაპირებზე.



სურ. 2. შემომზღუდავი ნაგებობა ციკლოპური მასივისგან, მოლი ნეაპოლში (იტალია) [1].

ამასთან ერთად მხედველობაში უნდა გვქონდეს, რომ შემომზღუდავი ნაგებობების დაზიანების ან ავარიის შემთხვევაში ერთმანეთთან დაკავშირებული ციკლოპური მასივების გადაწყობა პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამასთან დაკავშირებით განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს: დელვის საანგარიშო პარამეტრების განსაზღვრას; საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შესწავლას; კედლისა და ფენილის განივი კვეთების ზომების დანიშვნას, ფუძის გრუნტის გარეცხვისაგან დაცვის საშუალებების შერჩევას [1].

3. შემომზღუდავი ნაგებობები მასივი-გიგანტებისაგან

მასივი-გიგანტებისგან აგებული შემომზღუდავი ნაგებობები ხასიათდება ყველაზე მაღალი მონოლითურობით და მათი მშენებლობის მინიმალური ხან-

გრძლივობით. მასივი-გიგანტი წარმოადგენს ყუთს, როგორც წესი რკინაბეტონისგან აგებულს, რომელიც შევსებულია ბეტონით, ქვით, ხრეშით ან ქვიშით [1].

მასივი-გიგანტის კონსტრუქცია საშუალებას გვაძლევს, აუცილებლობის შემთხვევაში, მოვაცილოთ ქვის ან ქვიშის შევსება და ნაგებობა გადავადგილოთ სხვა ადგილზე [1].

მასივი-გიგანტის დაზარების და მეზობელ მასივებთან შეხების თავიდან ასაცილებლად, ფუძის არათანაბარი დეფორმაციებისას, მის სიგრძეს ჩვეულებრივ იღებენ 20-25 მ-ის ფარგლებში ან არაუმეტეს სიმაღლის სამჯერადი მნიშვნელობისას. მასივების დამოუკიდებელი ჯდომის უზრუნველსაყოფად, მათ შორის ტოვებენ ღრეჩოს – 20-25 სმ-ს. ღრეჩოს იყენებენ აგრეთვე დაზიანებული მასივის შეცვლისას.

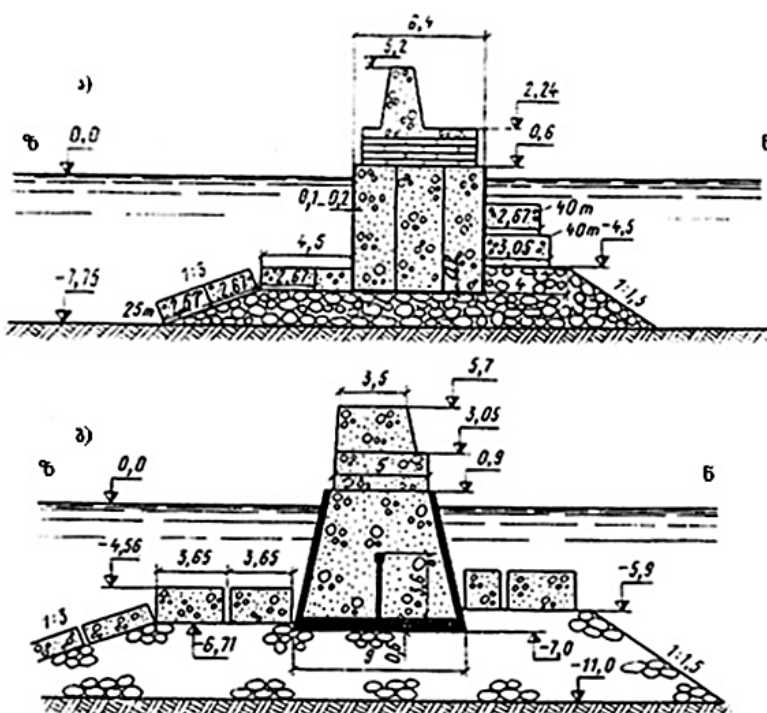
მასივი-გიგანტის ყუთი, სიხისტის გასაზრდე-
ლად, დაყოფილია (შიდა განივი, ხოლო დიდი სი-
განისას გრძივი კედლებით) მასივი-გიგანტის გრძი-
ვი მიმართულებით 3-4 და განივი მიმართულებით
4-5 მ ზომის უჯრედებად.

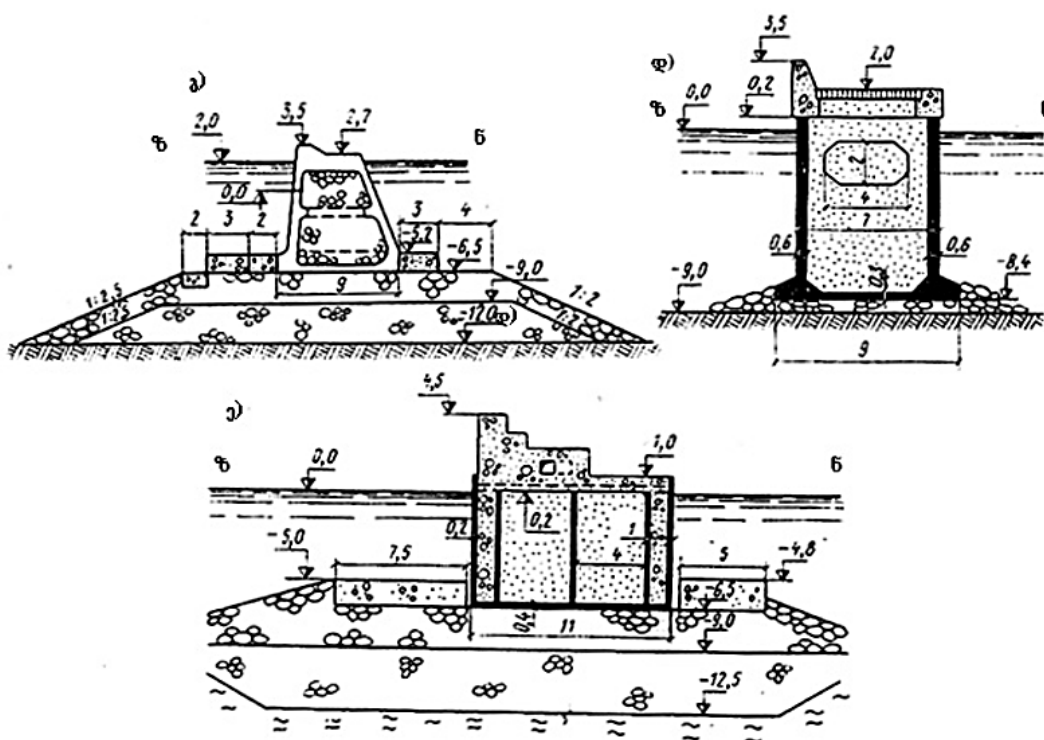
მასივი-გიგანტის დამირვის მიზნით ნაკვეთუ-
რებში აწყობენ ხვრელებს კინგსტონებისთვის კვე-
თით 0,015–0,2 მ² უჯრედების წყლით შესავსებად.

კედლებისა და ძირის სისქე განისაზღვრება ბე-
ტონის დამცავი შრის საჭირო სიდიდით და არმა-
ტურის განლაგების პირობებით. ხანმედგომის
პირობიდან გამომდინარე, გარეთა კედლების სისქე
მიიღება 25-35 სმ-ის ტოლი, შიგა კედლებისა – 15-20
სმ, ხოლო ძირის სისქე – 40-45 სმ [1].

მასივი-გიგანტების ყუთებს ამზადებენ სპეცია-
ლურ პარკებში, უშვებენ წყალზე და ბუქსირით
გადააქვთ დაყენების ადგილას. ბუქსირება და
დაყენება ხდება არაუმეტეს 2-ბალიანი ლელვისა და
ამინდის ხელსაყრელი პროგნოზისა არანაკლებ 2
დღის განმავლობაში. დადგმისთანავე ყუთები უნ-
და შეივსოს შესაბამისი მასალით. ყუთების შევსება
მთლიანად უნდა დამთავრდეს 2 დღეში. ავარიის
თავიდან ასაცილებლად არ დაიშვება მასივი-გიგან-
ტის ნაწილობრივ შევსება ან ზემოდან დამცავი და-
ფარვის გარეშე დატოვება 2 დღეზე უფრო დიდხანს.

მასივი-გიგანტის ყუთებს შეიძლება ჰქონდეს
სხვადასხვა ფორმა (სურ. 3).





სურ. 3. შემომზღუდავი ნაგებობები მასივი-გიგანტებისაგან [1].

- ა. სწორხაზოვანი ფორმის, ბეტონის შევსებით. დასავლეთის მოლი ტუაფსეში (რუსეთი);
- ბ. ტრაპეციის ფორმის, ბეტონის შევსებით. სასრეთ დასავლეთის მოლი ტუაფსეში (რუსეთი);
- გ. ტრაპეციის ფორმის, ქვის შევსებით. მოლი იაკაგამაში (იაპონია);
- დ. სწორხაზოვანი ფორმის, შვერილებით ქვიშა-ხრემის შევსებით, მოლი გდინაში (პოლონეთი);
- ე. სწორხაზოვანი კომბინირებული შევსებით (ქვიშა-ხრემი და ბეტონით). ჩრდილოეთის მოლი სოჭში (რუსეთი);

გიგანტი-მასივების შევსება ყველაზე რაციონალურია ქვიშა-ხრემოვანი მასალით (ნაკლები ღირებულებისა და შევსების სამუშაოთა უფრო მარტივი ტექნოლოგიის გამო).

მასივი-გიგანტებიანი ნაგებობების მშენებლობისას მძლავრი ამწეები საჭირო არ არის და მკვეთრად მცირდება მყვინთავების სამუშაოები. ამ მასივებისგან წყალქვეშა კედლის აგებას ბევრად ნაკლები დრო სჭირდება, ვიდრე ჩვეულებრივი მასივების გამოყენებისას.

აღსანიშნავია, რომ მცირე მოცულობის სამუშაოების დროს გიგანტი-მასივებისგან აგებული ნაგებო-

ბის 1 გრძივი მეტრი უფრო ძვირია, ვიდრე ჩვეულებრივი მასივების შემთხვევაში. მასივი-გიგანტების რემონტი უფრო რთულია; რკინაბეტონის ელემენტების ხანმედგობის უზრუნველსაყოფად საჭიროა სპეციალური ღონისძიებების ჩატარება [1].

საბოლოო გადაწყვეტილება ამა თუ იმ ტიპის ნაგებობის გამოყენების მიზანშეწონილობაზე მიიღება ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების შემდეგ.

მასივი-გიგანტებისგან აგებული შემომზღუდავი ნაგებობების დაპროექტებისას საერთო გაანგარიშების დამატებით უნდა ჩატარდეს ყუთის შემოწ-

მება ტივტივისუნარიანობაზე და მისი რკინაბეტონის ელემენტების (კედლები, ძირი) კვეთების გაანგარიშება.

ყუთის ტივტივის შემოწმება განისაზღვრება $T(m)$ ჩაჯდომის გამოთვლით:

$$T = \frac{Q_{მოც} - 2q}{B \cdot L}, \quad (1)$$

სადაც $Q_{მოც}$ არის ყუთის მოცულობითი წყალწყვა ტივტივზე, მ³;

$Q_{მოც} = G/\gamma_{ხ.წ.}$ (აქ G არის ყუთის წონა წყლის ან ნაყარის ბალასტით, ნ; $\gamma_{ხ.წ.}$ – ზღვის წყლის ხვედრითი წონა ნ/მ³); q – კონსოლური შვერილების მოცულობა, მ³; B და L – შესაბამისად ყუთის სიგანე და სიგრძე, მ.

ყუთის ჩაჯდომის დანიშვნისას აუცილებელია გავითვალისწინოთ მისი წყალზედა ნაწილის 1,5-მდე ლეღვის და ბუქსირების დროს შესაძლებელი გადახრა და კედლის ძირის ქვეშ დაახლოებით ერთმეტრიანი მარაგი, მისი ფენილზე მოთავსების მოხერხებულობისთვის.

ყუთის ელემენტების სიმტკიცე ნორმალურ და დახრილ კვეთებში განისაზღვრება საანგარიშო წინაღობების მიხედვით, გადატვირთვის კოეფიციენტების გათვალისწინებით, რომლებიც შეესაბამება სტადიებს: დამზადებისა და ტრანსპორტირების, ნაგებობების მშენებლობისა და ექსპლუატაციისას.

წყლის ცვალებადი დონის ზონაში გარე კედლები უნდა გაანგარიშდეს დატვირთვისას ბზარების წარმოქმნაზე, რომლებიც ჩნდება ექსპლუატაციის პერიოდში. გარე კედლები წყალქვეშა ზონაში, შიგა კედლები და ძირი უნდა გავიანგარიშოთ დაბზარვაზე იმავე დატვირთვების დროს.

სტაპელებზე დამზადებისას მასივი-გიგანტების ყუთებისა და მისი ცალკეული ელემენტების სიმტკიცე უნდა შემოწმდეს საკუთარი წონით გამოწვეულ ძალაზე, რომელიც წარმოიქმნება დაბეტონების დროს მათი დაყრდნობისა და დასაშვებ მოწყობილობაზე გადატანისას. წყალზე დაშვების დროს დახრილ სტაპელებზე გვერდითი წიბოს კედელი აუცილებელია შემოწმდეს წყლის წნევის მოქმედებაზე, რომელიც შედგება ჰიდროსტატიკური $P_{სტ.}$ და დინამიკური $P_{დინ.}$ წნევების ჯამისგან და შესაბამისად განისაზღვრება ფორმულებით:

$$P_{სტ.} = \gamma_{ხ.წ.} \cdot h_j, \quad (2)$$

სადაც h_j არის მანძილი მ, განსახილველი კვეთიდან კედლის თავამდე იმ ვარაუდით, რომ წყლის დონე დაშვებისას ემთხვევა ამ ნიშნულს:

$$P_{დაწ} = 0,84 \cdot 10^3 V^2, \quad (3)$$

V არის ყუთის მოძრაობის სიჩქარე წყალში ჩაშვების მომენტში, მ/წმ.

წინასწარი გაანგარიშებისთვის შეიძლება მივიღოთ $V = 5$ მ/წმ, მაშინ ჰიდროდინამიკური წყლის წნევა $P_{დინ.}$ ერთნაირია კედლის მთელ სიმაღლეზე და ტოლი იქნება $21 \cdot 10^3$ პა.

მასივი-გიგანტის ყუთის ტრანსპორტირებისა და ფენილზე დაყენების შემდეგ გარე კედლებს ანგარიშობენ შესაბამისად წყლის ჰიდროსტატიკურ წნევასა და ჩანაყარის წნევაზე. ამასთან ერთად, კედლის ქვედა ნაწილი, რომლის სიმაღლეა $1,5 l_j$ (სადაც l_j – მალია განივი კედლების ღერძებს შორის) განიხილება, როგორც ფილა, ჩამაგრებული სამ მხარეს – განივი კედლები და ძირი.

ძირიდან $1,5l_0$ უფრო მაღალ სიმაღლეზე კედლების კვეთის გაანგარიშებისას, სადაც ძირში კედლის ჩამაგრების გავლენა ხდება ძალზე მცირე, კედელს პირობითად ყოფენ სიმაღლის მიხედვით 1 მ სიგანის ზოლებად და თითოეულ ზოლს განიხილავენ როგორც უჭრ კოჭს, რომლის საყრდენებია განივი კედლები. წინასწარ გაანგარიშებებში შეიძლება ვისარგებლოთ ფორმულებით ერთმალაინი კოჭებისთვის, ჩამაგრებული ბოლოებით.

რეკომენდებულია კედლის სისქის უცვლელად დატოვება ყუთის მთელ სიმაღლეზე, რათა შესაძლებელი იყოს მცოცავი ქარგილის გამოყენება.

მასივი-გიგანტის გარეთა კედლებზე ჰიდროსტატიკური წნევა დამოკიდებულია შემესებ მასალაზე და მისი ჩაწყობის ხერხზე. თუ ნაკვეთურები ივსება ნაყარი მასალით ან წყალქვეშა დაბეტონების მეთოდით (რომელიც არ ითხოვს წყლის ამოტუმბვას), მაშინ ჰიდროსტატიკური წნევა მასივი-გიგანტის ყუთის ტრანსპორტირებისას იქნება მეტი, ვიდრე მისი დადგმისას ფენილზე, რადგანაც $H_6 - t'_1 < T - t_1$ [1] (სურ. 5.14, ა და ბ) და ამ შემთხვევაში საანგარიშო ჰიდროსტატიკური წნევა $p_{სტ.}$ პა, უნდა განისაზღვროს ფორმულით [1]:

$$p_{სტ.} = \gamma_{ფ.წ.} (T - t_1) , \quad (4)$$

სადაც t_1 არის ბალასტის წყლის ფენის სისქე ტრანსპორტირების დროს.

თუ მასივი-გიგანტის ნაკვეთურები მშრალად დაბეტონდება, მაშინ $p_{სტ.}$ ჰიდროსტატიკური წნევა განისაზღვრება ფორმულით [1]:

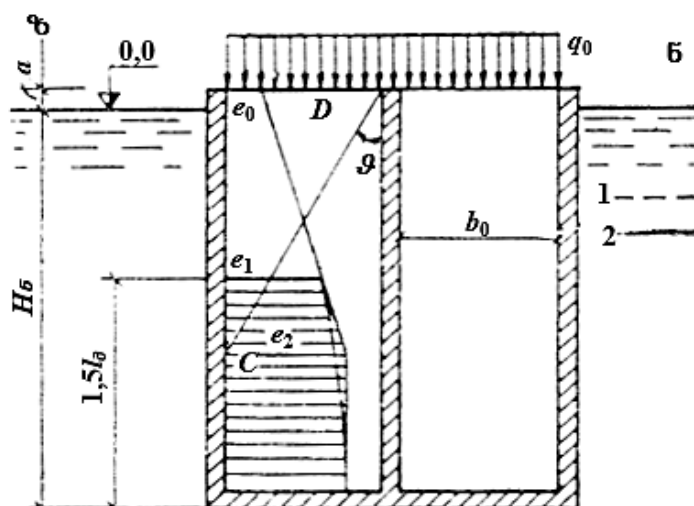
$$p_{სტ.} = \gamma_{ფ.წ.} H_6 . \quad (5)$$

ტრანსპორტირებისას წყლის ჰიდროსტატიკური წნევის საანგარიშო დატვირთვა დამოკიდებულია T , l_0 და t_1 -ის სიდიდეების მნიშვნელობებსა და მათ შეფარდებაზე ამ დროს დატვირთვა მოსახერხებელია წარმოვადგინოთ, როგორც ელემენტარული ეპიურების ჯამი [1] რაც საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ მზა ცხრილები [1].

დიდ მანძილზე მასივი-გიგანტის ყუთების ტრანსპორტირებისას, მათი კონსტრუირების დროს ჰიდროსტატიკურ წნევასთან ერთად უნდა გავითვალისწინოთ მათ კედლებსა და ძირზე ტალღური დატვირთვის მოქმედება, რაც გამოწვეულია $h/1,25$ სიმაღლის მტალღით და ციცაბოობით $h/\lambda = 1,12$, რაც განისაზღვრება ბუქსირების შესაძლებლობებით.

დატვირთვა, რომელიც მოქმედებს ყუთის გარე კედლებზე ზღვის მხარეს ნებისმიერი ნაყარი მასალით შევსებისას, განპირობებულია წყალში შეწონილი ნაყარი მასალის წნევით, რომლის ზედაპირზე გვაქვს დამატებითი q_0 პა წონა (სურ. 4). ამ წონის მნიშვნელობა უნდა განისაზღვროს ფორმულით:

$$q_0 = \gamma'_g v_g t + \gamma_g h_{ფილ} , \quad (6)$$



სურ. 4. ჩაყრილი მასალის წნევა მასივი-გიგანტის ყუთის გარე კედელზე [1].

1. ზუსტი გადაწყვეტა, 2. მიახლოებითი გადაწყვეტა

სადაც γ'_3 არის ზედნაშენის ფილაში ახლად ჩასხმული ბეტონის, ხვედრითი წონა რომელიც შეიძლება მივიღოთ $(25-26) \cdot 10^3$ ნ/მ³; ν_3 – ბეტონის ჩასხმის ვერტიკალური სიჩქარეა, ჩვეულებრივ მიიღება $(5,5-10) \cdot 10^{-3}$ სმ/წმ ან $0,2-0,4$ მ/სთ; t – ბეტონის გამკვრივების დრო, რომლის ამოწურვის შემდეგ ბეტონს შეუძლია გადასცეს თავისი წონა მასივი-გიგანტის ყუთის კედლებზე; ეს დრო განისაზღვრება ცდით; ასეთი შესაძლებლობის არქონის შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ $t = 4-6$ სთ; γ_3 და $h_{ფილა}$, შესაბამისად, ბეტონის ხვედრითი წონა და ფილის სისქეა, რომლითაც დაფარულია ნაყარი.

წყალში შეწონილი ნაყარის მასალის ვერტიკალური წნევა განისაზღვრება ფორმულით [1]:

$$q_z = \frac{1}{A} \gamma_{ნაყ.შ.} \cdot m + q_0(1 - m), \quad (7)$$

ხოლო ჰორიზონტალური წნევა – ფორმულით:

$$e_H = \lambda_s q_z, \quad (8)$$

სადაც $A = \lambda_a fu/F$ (აქ λ_s – ნაყარის აქტიური წნევის კოეფიციენტი; $f = tg\phi_0$ – ნაყარის ხახუნის კოეფიციენტი მასივი-გიგანტის კედელთან; ϕ_0 – ნაყარის ხახუნის კუთხე კედელთან, გრად., მასივი-გიგანტის რკინაბეტონის ყუთის კედლებისთვის მიიღება ნაყარის მასალის შიგა ხახუნის ϕ_3 კუთხის ტოლად; u – ნაკვეთურის შიგა პერიმეტრი, მ, F – ნაყარის კვეთის ფართობი, მ²; $\gamma_{ნაყ.შ.}$ – ნაყარის ხვედრითი წონა, შეწონის გათვალისწინებით, ნ/მ³; $m = 1 - e^{-Z/A}$ – კოეფიციენტი მიიღება ცხრილების მიხედვით [1].

ნაყარის წონისგან გამოწვეული წნევა ჩამოქცევის სიბრტყის CD (სურ. 4) კედელთან (წნევის ორდინატის ეპიურა) გადაკვეთის დონეზე გამოითვლება ფორმულით [1]:

$$e_2 = \gamma_{ნაყ.შ.} b_0 tg^3(45 - \phi_3/2). \quad (9)$$

აქ b_0 ნაკვეთურის შიდა სიგანეა.

ნაყარის წნევა $1,5l_g$ სიმაღლეზე ძირიდან შეიძლება გამოითვალოს ფორმულით [1]:

$$e_1 = e_2 \frac{b_0 t g \varphi_3}{H_f + a - 1,5l_g}, \quad (10)$$

სადაც α მარაგია. მიღებულია, რომ ის ტოლია 0,6-0,8 მ-ის ან განსაზღვრულია გრაფიკულად იხ. [1].

წნევის ზუსტი ეპიურის, რომელიც აგებულია მე-8 ფორმულის მიხედვით, შეცვლისას მიახლოებითი ეპიურით, დატვირთვა რამდენადმე იზრდება, რაც მიდის სიმტკიცის მარაგში [1].

მასივი-გიგანტის ყუთის ძირი იანგარიშება დატვირთვებზე, რომლებიც მოქმედებს მასზე ერთდროულად მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პერიოდებში [1]. თითოეული ნაკვეთურის საზღვრებში ძირი უნდა განვიხილოთ როგორც ფილა, ჩამაგრებული ოთხივე მხარეს და დატვირთული განივი დატვირთვით.

მასივი-გიგანტის ტრანსპორტირებისა და ნაკვეთურის მშრალად დაბეტონებისას ძირზე მოქმედებს ჰიდროსტატიკური წნევა, რომელიც მიმართულია ქვემოდან ზემოთ, და გამოითვლება, შესაბამისად, (2) ან (5) ფორმულით.

ჰიდროსტატიკური წნევით გამოწვეული თანაბარი დატვირთვისას ფილის მაქსიმალური მღუნავი მომენტი $M_{მღ.სტ}$ იქნება ფილის ჩამაგრებაში და მის გამოსათვლელად შეიძლება ვისარგებლოთ მზა ცხრილებით [1].

ტალღის ქიმის მისვლის დროს ფუძის რეაქციის ეპიურას აქვს ტრაპეციის სახე σ_{max} მაქსიმალური ძაბვით ნავსადგურის მხრიდან [1] (სურ. 5.16, ბ)

ფუძის რეაქცია მიმართულია ზევით, ძირის საკუთარი და ნაყარის წონა მიმართულია ქვევით, წყლის ჰიდროსტატიკური წნევა თანაბრდება.

რამდენადაც ზედნაშენი ეყრდნობა კედლებს და განსაზღვრულია მარაგში, ხოლო ფილები დაწყობილი ნაყარის ზედაპირზე ჩამაგრებულია მასივი-გიგანტის ყუთის კედლებს შორის, ამ შემთხვევაში $\varphi=0$ და ვერტიკალური წნევა ნაყარის ძირზე განისაზღვრება არა მე-7 ფორმულით, არამედ გამოსახულებით:

$$q'_z = \frac{1}{A} \gamma_{ნაყ.შ.} m. \quad (11)$$

რეაქტიული წნევის ეპიურა ნაკვეთურის ძირზე, რომელსაც აქვს ტრაპეციის ფორმა, განისაზღვრება σ' და σ'' ძაბვებით. წნევების ეპიურები გამოითვლება ფორმულებით:

$$\sigma'_{min} = \sigma' - (q'_z + \gamma_{რ.ბ.} h_d); \quad (12)$$

$$\sigma'_{max} = \sigma'' - (q'_z + \gamma_{რ.ბ.} h_d), \quad (13)$$

სადაც σ' და σ'' არის ძაბვები ნაგებობის ფუძეში ნაკვეთურის კიდეებში ტალღის ქიმის მისვლის დროს; $\gamma_{რ.ბ.}$ – რკინაბეტონის ხვედრითი წონა; h_d – ძირის სისქე.

განივი, გრძივი და შიგა კედლების გაანგარიშებისას, უნდა გამოვიდეთ ნაკვეთურის დატვირთვის ყველაზე არახელსაყრელი სქემებიდან, რაც შესაძლებელია მშენებლობის ან სარემონტო სამუშაოების პროცესებში. ასეთი სქემაა, მაგალითად, ვარაუდი, რომ ერთი ნაკვეთური შევსებულია წყლით გაჯერებული ნაყარით, ხოლო მეორე – წყლით.

დასკვნა

შესწავლილია ცემენტისფუძიანი კომპოზიტებით აგებული შემომზღუდავი საპორტო ნაგებობების 3 ტიპი: 1. ნაგებობები ჩვეულებრივი ბეტონის მასივებიდან; 2. ნაგებობები ციკლოპური მასივებიდან; 3. ნაგებობები მასივი-გიგანტებიდან.

დამუშავებულია ნაგებობების კონსტრუქციები, მათი გეომეტრიული პარამეტრები, ტრანსპორტირებისას და მათი ადგილზე დაყენების საკითხები.

ნაჩვენებია, რომ შემომზღუდავი ნაგებობები განგარიშებისას განსაზღვრება: ძაბვები ფუძის გრუნტში; ნაგებობების ფენილთან კონტაქტის მიხედვით; ნაგებობების დეფორმაციები (დაჯდომა, გადახრა, ჰორიზონტალური გადაადგილება); ნაგებობის ელემენტების სიმტკიცე; ნაგებობებისა და მათი ცალკეული ნაწილების მდგრადობა.

მოცემულია ფორმულები: მასივი-გიგანტის ყუთის ტივტივისუნარიანობის განსაზღვრის - (1);

დახრილ სტაპელზე ყუთის გვერდით წიბოზე წყლის წნევის ძალური მოქმედების გამოსათვლელი - (2),(3); მასივი-გიგანტის გარე კედლებზე ჰიდროსტატიკური წნევის გამოსათვლელი - (4), (5), (6); წყალში შეწონილი ნაყარის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური წნევის განსაზღვრის - (7),(8); ნაყარის წონისგან გამოწვეული წნევის დადგენის - (9),(10); რეაქტიული წნევის ეპიურის განსაზღვრის ნაკვეთურის ძირზე (11), (12), (13).

განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო შემთხვევებში სასურველია მასივი-გიგანტის ყუთის შემოწმება სიმტკიცეზე, როგორც სივრცითი კონსტრუქციის ღუნვასა და გრეხაზე, რომლებიც წარმოიქმნება ფენილზე არათანაბარი დაყრდნობის ან მასივი-გიგანტის არათანაბარი დაჯდომისას, როცა ნაკვეთურები შევსებულია ნაყარით და გაუმყარებელი ბეტონით [1].

ლიტერატურა

1. Sakvarelidze, A. (2022). *Ports and Port Facilities. Part II*. Tbilisi: GTU.

UDC 627

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-3-170-181>

Construction and Calculation of Vertical Profile Type Port-Containment Buildings Built from Cement-based Composite Materials

Amiran Sakvarelidze Department of Hydrotechnics and Civil Engineering, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^b, M. Kostava str.
E-mail: a.sakvarelidze@gtu.ge

Reviewers:

A. Bagration-Davitashvili, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: adavitashvili@gtu.ge

Z. Tsinadze, Associate Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: z.tsinadze@gtu.ge

Abstract. The main constituent part of vertical profile type port-containment buildings is a vertical wall. Buildings are distinguished according to the vertical wall's underwater structure (built from cement-based composite materials), as: 1. Mass concretes and 2. Mass-giants

1. Port containment buildings from mass concretes.

In practice, these buildings utilize conventional masses weighing up to 100 tons and Cyclopean masses exceeding 400 tons. This article addresses the technological aspects associated with constructing containment buildings using conventional concrete masses and Cyclopean masses. Key considerations during the design phase include defining stresses in the building's foundation soil arising from its interaction with the stone bed; construction deformations; strength of construction elements; sustainability of the building and its components.

2. Containment buildings from mass-giants.

The fabrication, installation, and transportation processes of mass-giant boxes are examined. The strength of box elements at normal and slanted intersections is determined based on design resistance, accounting for overload coefficients corresponding to various stages, including fabrication, transportation, construction, and operation.

Formulas are provided to assess the wall of the box under the force exerted by water pressure, including sum of hydrostatic and dynamic pressures. Additionally, formulas are presented to calculate the vertical and horizontal pressures exerted by bulk material. Bottom of the mass-giant box is designed to withstand loads encountered during both construction and operation phases. Within the boundaries of each plot bottom is treated as a tile attached on all four sides and subjected to transverse loads

Keywords: box; building; calculation; containment; construction; conventional; composite; cyclopean; formula; mass-giant; port; vertical profile; underwater wall.

განხილვის თარიღი 19.03.2024

შემოსვლის თარიღი 21.03.2024

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.09.2024