უაკ 551.578

ღვარცოფსადინარში ტალღურად მოძრავი ბმული ღვარცოფის მახასიათებლების დადგენა

ე. კუხალაშვილი, ი. ინაშვილი, კ. ბზიავა,
ი. ყრუაშვილი, დ. ლორთქიფანიძე
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: *მთის რელიეფის პირობებში კაშხლის გარღვევა იწვევს დიდი გამრეცხი ენერგიის მქონე გამრღვევი ტალღის წარმოქმნას, რომელიც სწრაფად გარდაიქმნება ღვარცოფულ ნაკადად. განხილულია ღვარცოფული ნაკადის ერთი მიმართულების გრძივი ტალღების გაანგარიშების საკითხი. მიღებულია საანგარიშო დამოკიდებულებები, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია განსაზღვრულ იქნეს ნაკადის სიმაღლე ტალღის სიმაღლის გათვალისწინებით როგორც რეოლოგიური მაჩვენებლის გათვალისწინებით, ისე მათ გარეშე.*

საკვანძო სიტყვები: *ღვარცოფსადინარი; დეფორმაცია; ნაკადის მახასიათებლები.*

1. შესავალი

ღვარცოფსადინარში ნაკადის ჰიდრავლიკური პარამეტრები და კალაპოტის მორფომეტრია ხშირად შეუსაბამო კავშირშია. ადგილი აქვს სადინარის კალაპოტის დეფორმაციას და მწყობრიდან გამოსვლას. გარდა ზემოაღნიშნულისა, დეფორმაციის განვითარების გამომწვევ მიზეზად შეიძლება კალაპოტების გაგანიერებული ან შევიწროებული უბნები იქნეს მიჩნეული. ასეთ სურათს შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ისეთ შემთხვევაშიც, როცა ნაკადის რეგულირება აქტიური განივი ნაგებობებით ხდება.

კალაპოტის შევიწროება-გაფართოების ადგილებში ნაკადის სიღრმეთა ცვალებადობის პროცესს, კერძოდ მატებას ან შემცირებას თუ მივიჩნევთ გაჭიმვა-კუმშვის მოვლენად, მაშინ ფარდობითი დეფორმაციები, რომელსაც შეესაბამება ნაკადის ზემოთ აღნიშნული პროცესი, შესაძლებელია შეფასდეს ფარდობითი დეფორმაციის კოეფიციენტით.

თუ მივიჩნევთ, რომ ტალღურად მოძრავი ნაკადის ჩამოყალიბება მისი გაჭიმვით ან კუმშვით ხდება, მაშინ გაჭიმული ზონის ფარდობითი დეფორმაცია დადებითი მნიშვნელობისაა.

კალაპოტის შევიწროება-გაფართობის გამო ხდება მასში გამდინარე ნაკადის ფორმის ცვლილება, რაც, თავისთავად, სტრუქტურის, ელექტრომაგნიტური და სითბური მდგომარეობის ცვლილების გამომწვევ მიზეზადაც შეიძლება ჩაითვალოს. დეფორმაციაზე დახარჯული ენერგია გარდაიქმნება ნაკადის პოტენციურ ენერგიად და ნაკადი იღებს ტალღის ფორმას [1]. ამ შემთხვევაში ტალღის სიდიდე უშუალო კავშირშია ჩამოყალიბებული ნაკადის საწყის სიღრმესა და სიმაღლესთან.

ზემოთ მოყვანილი მახასიათებლების დაზუსტებით შესაძლებელია შეფასდეს ნაკადის მდგრადობის კრიტერიუმები და დადგინდეს სიგანისა და სიღრმის ფარდობითი სიდიდის ცვლილება.

პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტის დროს ხშირად გვიწევს ერთი მიმართულების გრძივი ტალღების ჰიდრავლიკის ამოცანებთან შეხება, სადაც განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ნაკადის ტალღის ფორმით ჩამოყალიბებას [2]. ერთ-ერთ ასეთ შემთხვევად შეიძლება მიჩნეულ იქნეს ღვარცოფწარმომქმნელ კერაში ჩამოყალიბებული მასის დაძაბული მდგომარეობის რღვევა და კერიდან ღვარცოფის დაძვრის პროცესი.

ღვარცოფული ნაკადების მოძრაობის დამახასიათებელი თვისებაა მისი პულსაციური ან ტალღური ხასიათი. ღვარცოფის მოვარდნისას (საშუალოდ 1–4 საათის განმავლობაში) წარმოიქმნება ათობით და შესაძლებელია ასობით ტალღა. ტალღის ციცაბო “შუბლი” წარმოქმნის ღვარცოფის “თავს”. ტალღის “შუბლი” 1.5-ჯერ მაღალია ნაკადის ტანზე და ძირითადად მთის ქანების მსხვილი მონატეხებისაგან შედგება. ღვარცოფული ნაკადების სიმაღლე 2–10 მეტრს აღწევს, ხოლო სიგანე – 3–5 მეტრიდან 50–100 მეტრამდე მერყეობს. გადაადგილებული ნატეხების მაქსიმალური ზომა 2–4 მეტრიდან 8–10 მეტრამდეა. ღვარცოფის სიჩქარე 1–2-დან 8–10 მ/წმ-მდე. მაქსიმალური ხარჯი – 10–50-დან 5000–10000 მ^3/წმ [3].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ნაშრომში არის მცდელობა მიახლოებით გადაწყვეტილ იქნეს საკითხი, რომელიც ერთი მიმართულების გრძივი ტალღების გაანგარიშების პრობლემებს ეძღვნება. ასეთი ამოცანების გადაწყვეტის მიზანი ზოგ შემთხვევაში, შეიძლება ფორმალურ ხასიათს ატარებდეს, მაგრამ იგი აქტუალურ ხასიათს იძენს, როცა ღვარცოფებით შექმნილი ხერგილების (ხელოვნური კაშხლების) გარღვევას აქვს ადგილი.

2. ძირითადი ნაწილი

მთის რელიეფის პირობებში მიწის კაშხლის გარღვევა იწვევს დიდი გამრეცხი ენერგიის მქონე გამრღვევი ტალღის წარმოქმნას, რომელიც სწრაფად გარდაიქმნება ღვარცოფულ ნაკადად.

კაშხლის გარღვევის შედეგად წარმოქმნილი ტალღის ხარჯი დონის დაწევის სიჩქარისა და მისი შესაბამისი სიღრმის ნამრავლის ტოლია [4]. დონის დაწევა გარღვევის დროს *H* საწყისი სიმაღლიდან $h=h_კ$ კრიტიკულ სიღრმემდე ხდება და ნაკადის სიჩქარე ამ სიდიდეთა ცვლილების ფუნქციაა, ე.ი.

$$V = V_0 \pm 2\sqrt{gH} \mp 2\sqrt{gh}. \tag{1}$$

შემხვედრი ნაკადისადმი ტალღის საწინააღმდეგო მიმართულებით გავრცელების შემთხვევაში სიჩქარე, როცა მისი საწყისი მნიშვნელობა 0-ის ტოლია, შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი ფორმულით:

$$V = -2\sqrt{gH} + 2\sqrt{gh}. \tag{2}$$

შესაბამისად, ღვარცოფის ხარჯი

$$q = Vh = h\left(-2\sqrt{gH} + 2\sqrt{gh}\right). \tag{3}$$

როცა ტალღის სიმაღლე მნიშვნელოვანია, *C* ტალღის სიჩქარესა და ნაკადის მახასიათებლებს შორის დამოკიდებულება კალაპოტის ფუძის ჰორიზონტთან α კუთხით დახრის შემთხვევაში იქნება:

$$C = \sqrt{gh\left(1-\frac{h_0}{h}\right)\varphi\cos\alpha}\left(1+\frac{3\Delta h}{4h}\frac{1}{\left(1-\frac{h_0}{h}\right)\varphi}\right), \tag{4}$$

სადაც *C* არის ტალღის გავრცელების სიჩქარე (მ/წმ); *g* – სიმძიმის ძალის აჩქარება (მ/წმ^2); h_0 – ბმულობის შესაბამისი ეკვივალენტური სიღრმე (მ); φ – კოეფიციენტი, რომელიც შინაგანი ხახუნის კუთხის ფუნქციას ასრულებს; Δh – ტალღის გავრცელების სიჩქარე; *h* – ნაკადის სიღრმე (მ).

როცა ტალღის სიმაღლე უმნიშვნელოა, $\Delta h=0$, მაშინ ტალღის სიჩქარე

$$C = \sqrt{gh\left(1-\frac{h_0}{h}\right)\cos\alpha}. \tag{5}$$

როცა $h_0=0$ და $\varphi=1$, ე.ი. რეოლოგიური მახასიათებლების 0-თან გატოლებისას გვექნება:

$$C = \sqrt{gh\cos\alpha}. \tag{6}$$

ტალღის წარმოშობის უბანზე, როცა ტალღის სიმაღლე მნიშვნელოვანია, ნაკადის ხარჯი გამოითვლება დამოკიდებულებით:

$$q = h\sqrt{gh\left(1-\frac{h_0}{h}\right)\varphi\cos\alpha}\left(1+\frac{3\Delta h}{4h}\frac{1}{\left(1-\frac{h_0}{h}\right)\varphi}\right). \tag{7}$$

როცა ტალღის სიმაღლე უმნიშვნელოა, $\Delta h=0$, მაშინ

$$q = h\sqrt{gh\left(1-\frac{h_0}{h}\right)\varphi\cos\alpha}. \tag{8}$$

რეოლოგიური მახასიათებლების 0-თან გატოლებისას, ე.ი., როცა $h_0=0$, $\varphi=1$, ნაკადის ხარჯი იქნება:

$$q = h\sqrt{gh\cos\alpha}. \tag{9}$$

როცა $\alpha=0$

$$q = h\sqrt{gh}. \tag{10}$$

(1) და (7) დამოკიდებულებების გატოლების შემთხვევაში, როცა ტალღის სიმაღლე მნიშვნელოვანია, მივიღებთ:

$$h\sqrt{gh\left(1-\frac{h_0}{h}\right)\varphi\cos\beta}\left(1+\frac{3\Delta h}{4h}\frac{1}{\left(1-\frac{h_0}{h}\right)\varphi}\right)=$$

$$=h\left(-2\sqrt{gh}+2\sqrt{gh}\right). \tag{11}$$

თუ (11) ფორმულას ამოვხსნით h-ის მიმართ, ტალღის სიმაღლის საწყის სიღრმესთან ფარდობა იქნება:

$$\frac{h}{H} = \frac{4}{\left(2+\sqrt{\left(1-\frac{h_0}{h}\right)\varphi\cos\alpha\left(1+\frac{3\Delta h}{4h}\right)\frac{1}{\left(1-\frac{h_0}{h}\right)\varphi}}\right)^2}. \tag{12}$$

როცა ტალღის სიმაღლე უმნიშვნელოა, Δh=0, მაშინ

$$\frac{h}{H}=\frac{4}{\left(2+\sqrt{\left(1-\frac{h_0}{h}\right)\varphi\cos\alpha}\right)^2}. \tag{13}$$

როცა რეოლოგიური მახასიათებლები h_0=0, φ=1, მაშინ

$$\frac{h}{H}=\frac{4}{\left(2+\sqrt{\cos\alpha}\right)^2}. \tag{14}$$

როცა α=0, $h_0\neq0$, $\varphi\neq0$

$$\frac{h}{H}=\frac{4}{9}\frac{4}{\left(2+\sqrt{\varphi}\right)^2}. \tag{15}$$

როცა α=0, φ=1, h_0=0

$$\left(\frac{h_0}{H}\right)=\frac{4}{9}. \tag{16}$$

3. დასკვნა

ზემოთ მოყვანილი საანგარიშო დამოკიდებულებებით შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს ნაკადის სიმაღლე ტალღის სიმაღლის როგორც რეოლოგიური მაჩვენებლის გათვალისწინებით, ისე მის გარეშე.

ლიტერატურა

1. Suwa H, Akamatsu J, Nagai Y, Energy Radiation by Elastic Waves from Debris Flows. In: Rickenmann D, Chen C-L (eds) Debris flow hazards mitigation: mechanics, prediction, and assessment. Proceedings of the third international conference. Millpress, Rotterdam, 2003, pp. 895–904.
2. Натишвили О. Г., Тевзадзе В.И. Волны в селях. Национальная академия наук Грузии, Институт водного хозяйства, Тбилиси: Мецниереба, 2011. - 162 с.
3. Перов В.Ф. Селеведение. Московский государственный университет им. Ломоносова. Москва, 2012. - 274 с.
4. Маккавеев В.М., Коновалов И.М. Гидравлика. М.Л.: Регииздат. 1940. - 643 с.