

ბაზვი ჰესის დერივაციული გვირაბის ფერდის მასივის
მდგრადობის შეფასება ბერღვა აფეთქების ტექნოლოგიის
გამოყენებისას

შემსრულებელი:

ტექ. მეცნიერებათა დოქტორი

მ. ყალაბეგიშვილი



თბილისი 2018

სარჩევი

	შესავალი	3
1	გეოლოგიური კვლევები	3
2	უსაფრთხო მანძილის გაანგარიშება ნორმების მიხედვით.....	4
3	ფერდის სეისმური მდგრადობის ანალიზი	5
3.1	გაანგარიშების ზოგადი მეთოდოლოგია	5
3.2	ფერდის მასივის სეისმური მდგრადობის რიცხვითი გაანგარიშება ...	6
3.3	ფერდის მასივის სეისმური დამაბული მდგომარეობის გაანგარიშება და ანალიზი	7
3.3.1	ფერდის მასივის ბუნებრივი სტატიკური დამაბული მდგომარეობის გაანგარიშება	7
3.3.2	ფერდის მასივის სეისმური დამაბული მდგომარეობის გაანგარიშება	8
3.4	ფერდის მასივის მდგრადობის გაანგარიშება	8
3.4.1	ფერდის მასივის მდგრადობის გაანგარიშება ბუნებრივ მდგომარეობაში	8
3.4.2	ფერდის მასივის სეისმური მდგრადობის გაანგარიშება	8
	დასკვნა	9
	ლიტერატურა	10

შესავალი

ბახვი ჰესის დერივაციული გვირაბის გაყვანა გათვალისწინებულია ძირითადად ბურღვა-აფეთქების გამოყენებით. გვირაბის ტრასა გადის ხეობის ფერდის სიახლოვეს და მისი ღერძის მინიმალური დაშორება ფერდიდან, ჰორიზონტალური მიმართულებით, შეადგენს ≈ 40 მ-ს.

აღნიშნული აყენებს საკითხს - შეფასებული იქნას ხეობის ფერდის მდგრადობა ბურღვა-აფეთქების დროს განვითარებული სეისმური ტალღების ზემოქმედებისას.

დღეისათვის არსებობს გვირაბის ტრასის ზოგადი გეოლოგიური შესწავლილობა, რომელიც ძირითადად ემყარება ფონდურ მასალას.

აღნიშნულთან დაკავშირებით ჩატარებული იქნა საინჟინრო გაანგარიშებები, რომლებიც ემყარება:

- აფეთქების სეისმური ტალღების გავრცელების უსაფრთხო მანძილისა და სიჩქარის გაანგარიშებას -
- სეისმური ტალღების ზემოქმედებით მასივში ძაბვების გაანგარიშებების სტატიკურ თეორიას;
- ფერდის მდგრადობის გაანგარიშებებს სეისმური დატვირთვების ზემოქმედებით - წრიულ ცილინდრულ ზედაპირებზე დაცურების მეთოდის გამოყენებით.

ფერდის მასივის სეისმური მდგრადობის შეფასება ჩატარებული იქნა სისტემისათვის „გვირაბი - გარემომცველი მასივი“ სასრული ელემენტების მეთოდის გამოყენებით, დრეკადობის თეორიის 2 განზომილებიანი ამოცანის ფარგლებში არსებული გეოლოგიური მახასიათებლებისა და ფერდის ბუნებრივი დამაბული მდგომარეობის გათვალისწინებით.

1. გეოლოგიური კვლევები

არსებული გეოლოგიური კვლევების ძირითადად მონდურ მასალას ემყარება. ფერდის ძირითადი მასივი (სგე-5) წარმოადგენს ანდეზიტ-ბაზალტურ ლავურ განფენებს მიკროკლასტორით. კლდოვანი მასა განეკუთვნება ეოცენურ კლდოვან ქანებს და მისი გამოსასვლელები ხეობის ფერდოების ციცაბო ფერდობებზე ფიქსირდება [1].

გვირაბის ტრასის საპროექტო ზოლის უმეტეს ნაწილზე იგი დაფარულია მეოთხეული გრუნტების ელემენტებით.

არსებული გეოლოგიური მასალებისა და აგრეთვე ჩატარებული საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმის შედეგების მიხედვით სგე-5 გავრცელებულია გვირაბის ტრასაზე **პკ-28 დან პკ-49** მდე და ასევე მოიცავს სატურბინო მილსადენის ტრასის გარკვეულ ნაწილს.

2. უსაფრთხო მანძილის გაანგარიშება ნორმების მიხედვით

სეისმურად უსაფრთხო მანძილი ნორმების მიხედვით განისაზღვრება ფორმულით [1]:

$$r_b = k_j k_b a \sqrt[3]{Q} \quad (2.1)$$

სადაც r_b - მანძილია აფეთქების ადგილიდან დასაცავ ობიექტამდე;

k_j - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია დასაცავი ობიექტის საძირკვლის მიმდებარე ქანის თვისებებზე. მისი მნიშვნელობა მკვრივი კლდოვანი დაუშლელი ქანებისათვის აიღება 5-ის, ხოლო დაშლილი ქანებისათვის 8-ის ტოლი. გეოლოგიური კვლევების (იხ. გეოლოგიური დასკვნა) ანალიზის საფუძველზე ვიღებთ მაქსიმალურ მნიშვნელობას - $k_j = 8$.

k_b - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია შენობა ნაგებობის ტიპზე. ლითონის ან რკ.ბეტონის კარკასით აგებული სამრეწველო დანიშნულების ცალკე ნდგომი შენობა-ნაგებობებისათვის $k_b = 1$.

a - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია აფეთქების პირობებზე. კამუფლეტური და გაფხვიერების გრუნტებისათვის აიღება 1-ის ტოლი.

$$a = 1$$

Q - მუხტის მასა (კგ).

პროექტირების წინაშე დგას საკითხი, რომ არსებულ ტოპოგრაფიულ პირობების მიხედვით, როდესაც წინასწარ შეზღუდულია გვირაბის ღერძის დაშორება ფერდიდან (ნახ.2.1), საჭიროა განისაზღვროს ასაფეთქებელი მუხტის მასა, რომლის დროს შენარჩუნებული იქნება ფერდის, ზედაპირული არაკლდოვანი შრის (სისქით საშუალოდ 4მ) მდგრადობა. გვირაბიდან ფერდის ზედაპირამდე დაშორება (უმოკლესი მანძილი) შეადგენს 20მ-ს, საიდანაც კლდოვანი მასივის სიმძლავრე იქნება 16 მ.

აღნიშნულის გათვალისწინებით (1) ფორმულიდან მუხტის მაქსიმალური მასა ტოლი იქნება:

$$Q = \left(\frac{r_b}{k_j k_b a}\right)^3 = \left(\frac{16}{8}\right)^3 = 8 \text{ კგ}$$

3. ფერდის სეისმური მდგრადობის ანალიზი

3.1 გაანგარიშების ზოგადი მეთოდოლოგია

არსებული საპროექტო პარამეტრებისა და ქვემოთ მოცემული მეთოდოლოგიის გამოყენებით მოხდა გვირაბის გაყვანისას აფეთქების მუხტის ზემოქმედებით განვითარებული სეისმური ტალღების გაანგარიშება და ფერდის მდგრადობის შეფასება.

სეისმური დატვირთვის პროცესი არის მასივის რხევითი მოძრაობა, რომლის ყოველი წერტილის მოძრაობა გამოწვეულია აფეთქების შედეგად განვითარებული დრეკადი ტალღების ზემოქმედებით. სეისმური ზემოქმედების ინტენსიურობა განისაზღვრება ენერგიის ნაკადის სიმკვრივით ან მისი მახასიათებელით - ტალღის ფრონტის წერტილის მოძრაობის სიჩქარით. უკანასკნელი განისაზღვრება ემპირიული ფორმულით, რომელიც დამოკიდებულია, აფეთქების ხასიათზე, მასაზე, მუხტის გეომეტრიასა და მანძილზე [2,6]:

$$V = 3 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{r}\right)^{1.5} \quad (3.1)$$

სადაც,

- Q (კგ) - ასაფეთქებელი მუხტის მთლიანი მასაა;
- r (მ) - მანძილი ასაფეთქებელი მუხტიდან გაზომვის კვეთამდე.

საზოგადოდ, დინამიკური ამოცანის ამოხსნის დროს განიხილება გვირაბის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის კვლევა, მისი ღერძის გასწვრივ ან ღერძის პერპენდიკულარულად გამავალი კუმშვა-გაჭიმვის გრძელი ტალღების ზემოქმედების გავლენით:

მუხტის აფეთქების შედეგად მასივში განვითარებული სეისმური ძაბვები განისაზღვრება დამოკიდებულებით [3,4,5]:

$$P = \frac{1}{2\pi} k_c \gamma c_1 V T_0 \quad (3.2)$$

სადაც,

- k_c - სეისმურობის კოეფიციენტი;
- γ - მასივის გრუნტის მოცულობითი წონაა;
- c_1 - კუმშვა (გაჭიმვის) დრეკადი სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარეა;

T_0 – მასივის გრუნტის რხევის უპირატესი პერიოდია;

V – ტალღის ფრონტის წერტილის მოძრაობის სიჩქარეა.

ასაფეთქებელი მუხტის მასას (Q), ტალღის ფრონტის წერტილის მოძრაობის სიჩქარეს (V) და სეისმურ ძაბვებს (P) შორის (2.1) და (2.2) დამოკიდებულების საფუძველზე აგებული იქნა მრუდები (ნახ. 3.1), რომელიც საშუალებას იძლევა ასაფეთქებელი მუხტის მთლიანი მასის მიხედვით განისაზღვროს მასივში სიჩქარე და სეისმური ძალა.

ამდენად, არსებული უსაფრთხო მანძილის მიხედვით (1 ფორმულა) მუხტის აფეთქების სიდიდე შეადგენს ზკგ-ს, რომლის შესაბამისი სიჩქარე და სეისმური ძაბვა შეადგენს :

$$\begin{cases} V = 0.132 \text{ m/sec} \\ P = 0.00275 \text{ kN/m}^2 \end{cases} \quad (3.3)$$

მიწისქვეშა ნაგებობისადმი განვითარებული სიჩქარე უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას:

$$V < V_{\text{кр}} \quad (3.4)$$

სადაც, $V_{\text{кр}}$ - სიჩქარის კრიტიკული მნიშვნელობაა, რომელიც კლდოვანი გრუნტებისათვის შეადგენს 0.1... 0.2 მ/წმ [5,6].

3.2 ფერდის მასივის სეისმური მდგრადობის რიცხვითი გაანგარიშება

გვირაბის ბურღვა-აფეთქებით გაყვანისას განვითარებული სეისმური ტალღების ხეობის ფერდზე ზემოქმედების შესაფასებლად, ჩატარებული იქნა გაანგარიშებები სასრული ელემენტების მეთოდის გამოყენებით, დრეკადობის თეორიის ორგანოზომილებიანი ამოცანის ფარგლებში, გრუნტის არსებული გეოლოგიური მახასიათებლების გათვალისწინებით.

საანგარიშო სქემა შედგენილი იქნა ფერდისა და გვირაბის გეომეტრიული პარამეტრების გათვალისწინებით (ნახ. 3.2.1, 3.2.2).

დამუშავებული საანგარიშო სქემა მაღალი სიზუსტით საშუალებას იძლევა შეფასდეს „გვირაბი - გარემომცველი მასივი“, როგორც ერთიანი სისტემის დინამიკური მუშაობა - მუხტის აფეთქების გავლენით. წარმოდგენილი საანგარიშო სქემა მოიცავს გვირაბის მოკეთების დეტალურ გეომეტრიულ ზომებს (ნახ. 3.2.2).

საანგარიშო სქემა შედგება 1412 იზოპარამეტრული (ოთკუთხა და სამკუთხა ფორმის) პრიზმატული ელემენტისაგან, რომლებიც დაკავშირებულნი არიან 2172 კვანძით. ამდენად, სასაზღვრო პირობების გათვალისწინებით დინამიკური წონასწორობის განტოლებათა რაოდენობა შეადგენს 2000-ს.

„გვირაბი - გარემომცველი მასივი“, საანგარიშო სქემაში სეისმური ტალღების დინამიკური პარამეტრები გაითვალისწინება ზემოთ წარმოდგენილი ფუნდამენტული დამოკიდებულებების (2.1), (3.1), (3.2) გამოყენებით.

3.3 ფერდის მასივის სეისმური დამაბული მდგომარეობის გაანგარიშება და ანალიზი

ფერდის მასივის სეისმური დამაბული მდგომარეობის შესაფასებლად ჩატარებული იქნა გაანგარიშებები, რომლის დროს განხილული იქნა:

- ა) მასივის ბუნებრივი სტატიკური დამაბული მდგომარეობა;
- ბ) მასივში სეისმური დამაბული მდგომარეობა, აფეთქების ტალღების ზემოქმედებისას, მასივის ბუნებრივი დამაბული მდგომარეობის გათვალისწინებით.

3.3.1 ფერდის მასივის ბუნებრივი სტატიკური დამაბული მდგომარეობის გაანგარიშება

ფერდის მასივის სტატიკური დამაბული მდგომარეობის გაანგარიშება ჩატარებული იქნა მხოლოდ მასივის საკუთარი წონის გათვალისწინებით. გაანგარიშების შედეგებით მოცემულია მთავარი ძაბვების განაწილება ფერდის მასივში (ნახ. 3.3.1).

3.3.2 ფერდის მასივის სეისმური დამაბული მდგომარეობის გაანგარიშება

დამაბული მდგომარეობის გაანგარიშება ჩატარებული იქნა მასივის საკუთარი წონისა და აფეთქების სეისმური ტალღის ერთდროული ზემოქმედებისას. გაანგარიშების შედეგებით მოცემულია მთავარი ძაბვების განაწილება ფერდის მასივში (ნახ. 3.3.2). შედეგების მიხედვით აფეთქების სეისმური ტალღების ზემოქმედება მნიშვნელოვნად დაეტყო განსაკუთრებით მინიმალურ მთავარ ძაბვებს.

3.4 ფერდის მასივის მდგრადობის გაანგარიშება

ფერდის მასივის მდგრადობის გაანგარიშებები ჩატარებული იქნა წრიულ ცილინდრულ ზედაპირებზე დაცურების მეთოდის გამოყენებით.

გაანგარიშებები იქნა ჩატარებული:

- ა) მასივის ბუნებრივი სტატიკური დაძაბული მდგომარეობისა და;
- ბ) მასივში აფეთქების სეისმური ტალღების ზემოქმედების (ბუნებრივი დაძაბული მდგომარეობის) გათვალისწინებით.

3.4.1 ფერდის მასივის მდგრადობის გაანგარიშება ბუნებრივ მდგომარეობაში

ფერდის მასივის სტატიკური დაძაბული მდგომარეობის გაანგარიშება ჩატარებული იქნა მხოლოდ მასივის საკუთარი წონის გათვალისწინებით.

გაანგარიშების შედეგები მოცემულია ნახ. 3.4.1.

ამდენად, ბუნებრივ მდგომარეობაში ფერდის მდგრადობის მარაგების მინიმალური მნიშვნელობა აღწევს $K_{min}=1.53$.

3.4.2 ფერდის მასივის სეისმური მდგრადობის გაანგარიშება

ფერდის მდგრადობის გაანგარიშება ჩატარებული იქნა მასივის საკუთარი წონისა და ბურღვა-აფეთქებით გამოწვეული სეისმური ტალღის ერთდროული ზემოქმედებისას. გაანგარიშების შედეგები მოცემულია ნახ. 3.4.2.

შედეგების მიხედვით ფერდის მდგრადობის მარაგების მინიმალური მნიშვნელობა აღწევს $K_{min}=1.07$ ($K_{min} > 1.05$) და აკმაყოფილებს III და IV კლასის კაშხლებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს [6].

დასკვნა

❖ ბახვი ჰესის დერივაციული გვირაბის ბურღვა-აფეთქებით გაყვანასთან დაკავშირებით, მისი ტრასის გასწვრივ არსებული ფერდის ზედაპირული არაკლდოვანი ნაწილის მდგრადობის შეფასება ემყარება საინჟინრო თეორიებს. მათ შორის:

- აფეთქების სეისმური ტალღების გავრცელების უსაფრთხო მანძილისა და სიჩქარის გაანგარიშებას - საამფეთქებლო სამუშაოების უსაფრთხოების წესების შესაბამისად;
- სეისმური ტალღების ზემოქმედებით მასივში ძაბვების გაანგარიშებების სტატიკურ თეორიას სასრული ელემენტების მეთოდის გამოყენებით დრეკადობის თეორიის 2 განზომილებიანი ამოცანის ფარგლებში;
- ფერდის მდგრადობის გაანგარიშებებს სეისმური დატვირთვების ზემოქმედებით - წრიულ ცილინდრულ ზედაპირებზე დაცურების მეთოდის

გამოყენებით „გვირაბი - გარემომცველი მასივი“ სისტემის ბუნებრივი დაძაბული მდგომარეობის გათვალისწინებით.

- ❖ მიღებული იქნა, რომ გვირაბის ბურღვა-აფეთქების ტექნოლოგიით გაყვანისას, სეისმურად უსაფრთხო მანძილის პირობის დასაკმაყოფილებლად ერთდროულად ასაფეთქებელი მუხტის სიდიდე და მასთან ერთად აფეთქების ტალღის გავცელების სიჩქარე უნდა იყოს ლიმიტირებული. კერძოდ:

- $Q_{max} = 8$ კგ-ს, და
- $V_{max} = 0.132$ მ/წმ.

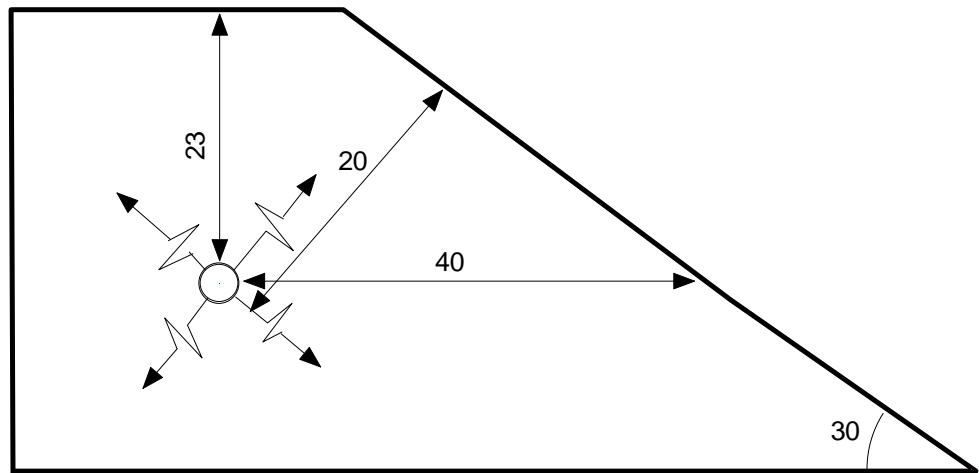
აღნიშნულისათვის საჭიროა ადგილზე ჩატარდეს ექსპერიმენტული კვლევები (სათანადო ინსტრუმენტული გამოზომვებით) მცირე მუხტების გამოყენებით.

- ❖ არსებული გეოლოგიური მონაცემების გათვალისწინებით, გაანგარიშების შედეგებით მიღებული იქნა, რომ არაკლდოვანი ფერდი, (საშუალო სისქით 4მ) გვირაბის გაყვანისას (ლიმიტირებული მუხტების აფეთქების შედეგად განვითარებული სეისმური ტალღების ზემოქმედებით) აკმაყოფილებს სეისმური მდგრადობის პირობებს ($K_{min}=1.07$, $K_{min} > 1.05$) III და IV კლასის კაშხლების მოთხოვნათა შესაბამისად.

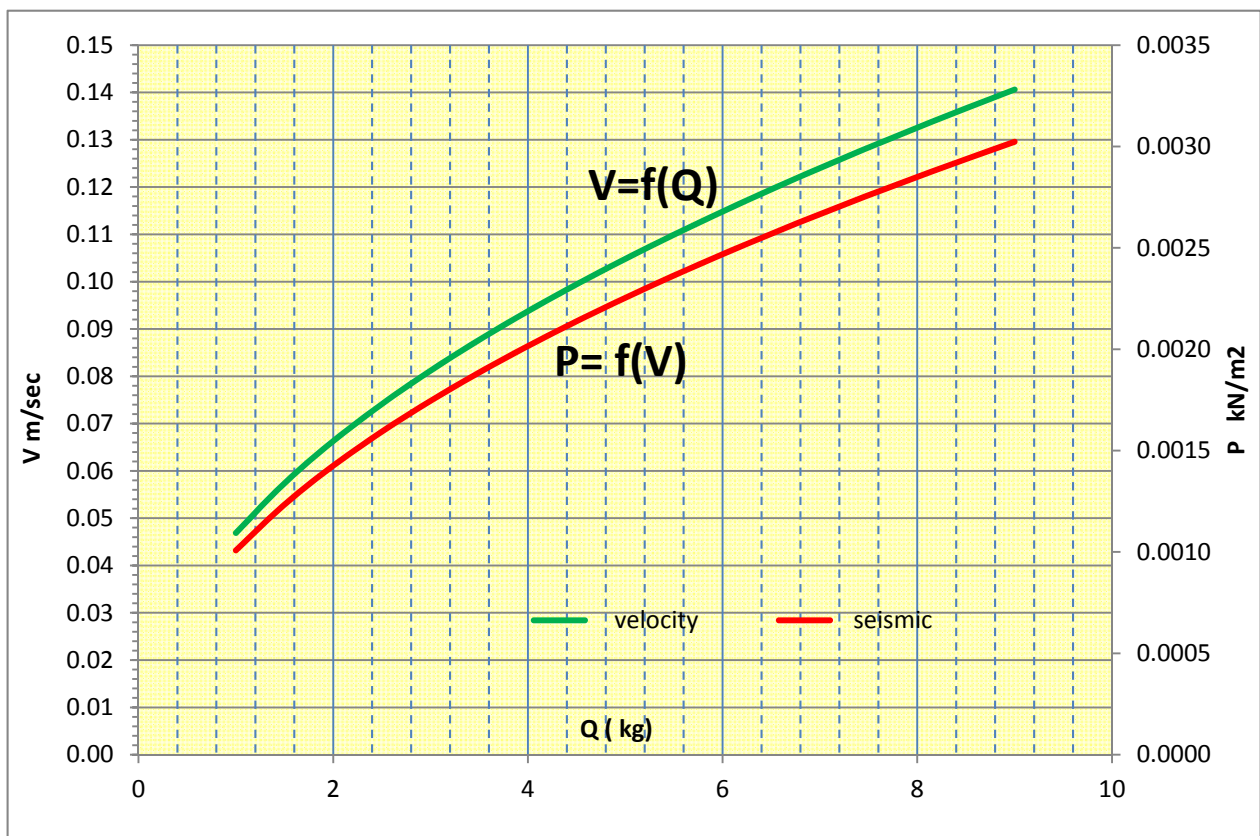
ლიტერატურა

1. ბახვი 2 ჰესი მდ. ბახვისწყალზე სამშენებლო ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევა. ტექნიკური ანგარიში 2017.
2. საამფეთქებლო სამუშაოების უსაფრთხოების წესები. საქართველოს ეროვნული სტანდარტები. თბილისი 2012;
3. Фотиева И.И. Расчет крепи подземных сооружений в сейсмически активных районах М., Недра, 1980. 222с.;
4. Дорман И.Я., Сейсмостойкость транспортных тоннелей. М. Транспорт, 1986. 175 с.
5. Оника С.Г., Стасевич В.И., Ковалева И.М. Разрушение горных пород взрывом. Минск, БНТУ 2016, 168 с.;
6. Мостков В.М., Орлов В.А., и др. Подземные гидротехнические сооружения. М. «Высшая школа». 1986, 464 с.;
7. Гидротехнические сооружения /под редакций В.П.Недриги/ М. Стройиздат 1983. 543 с.

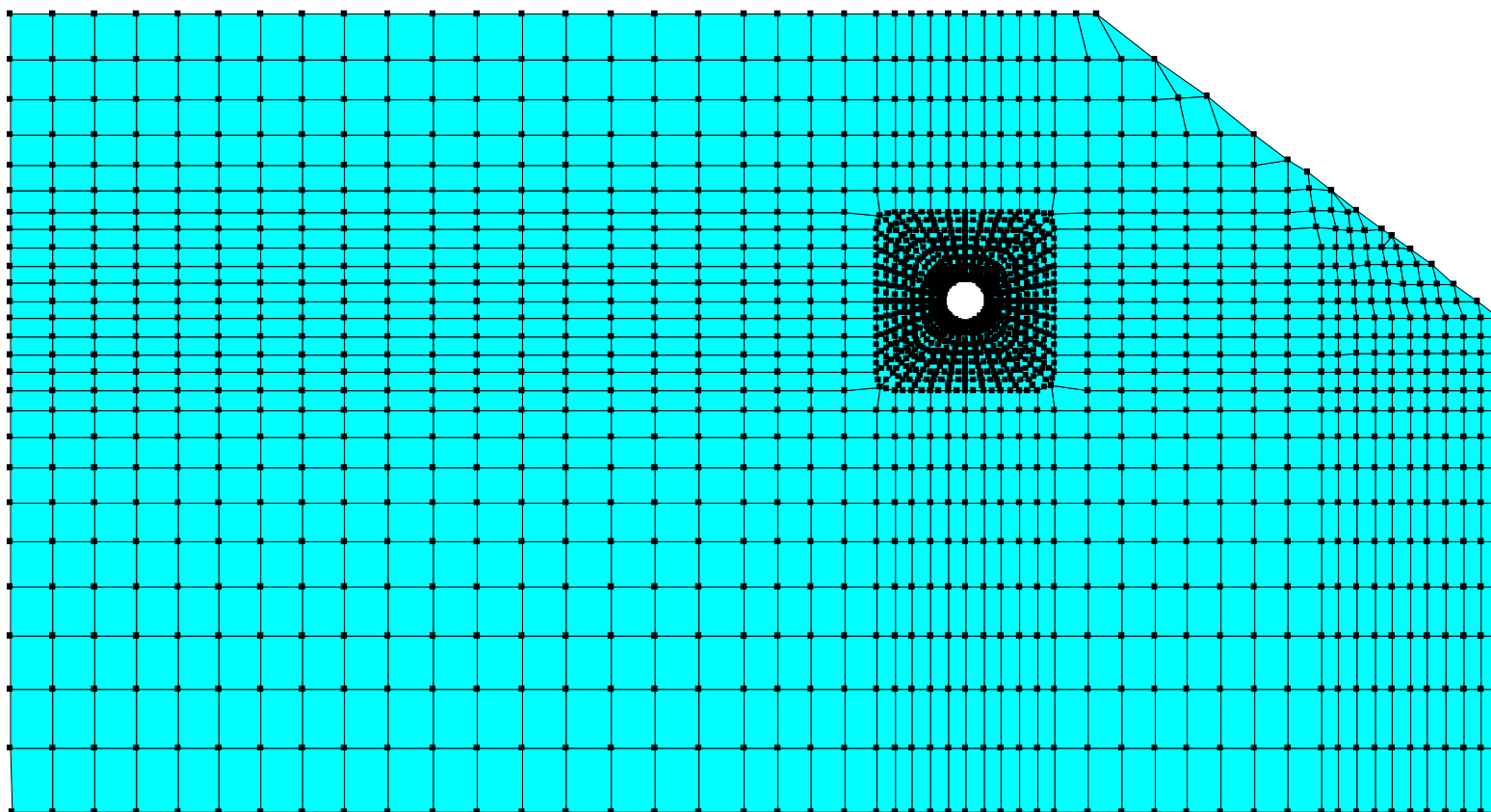
დანართი



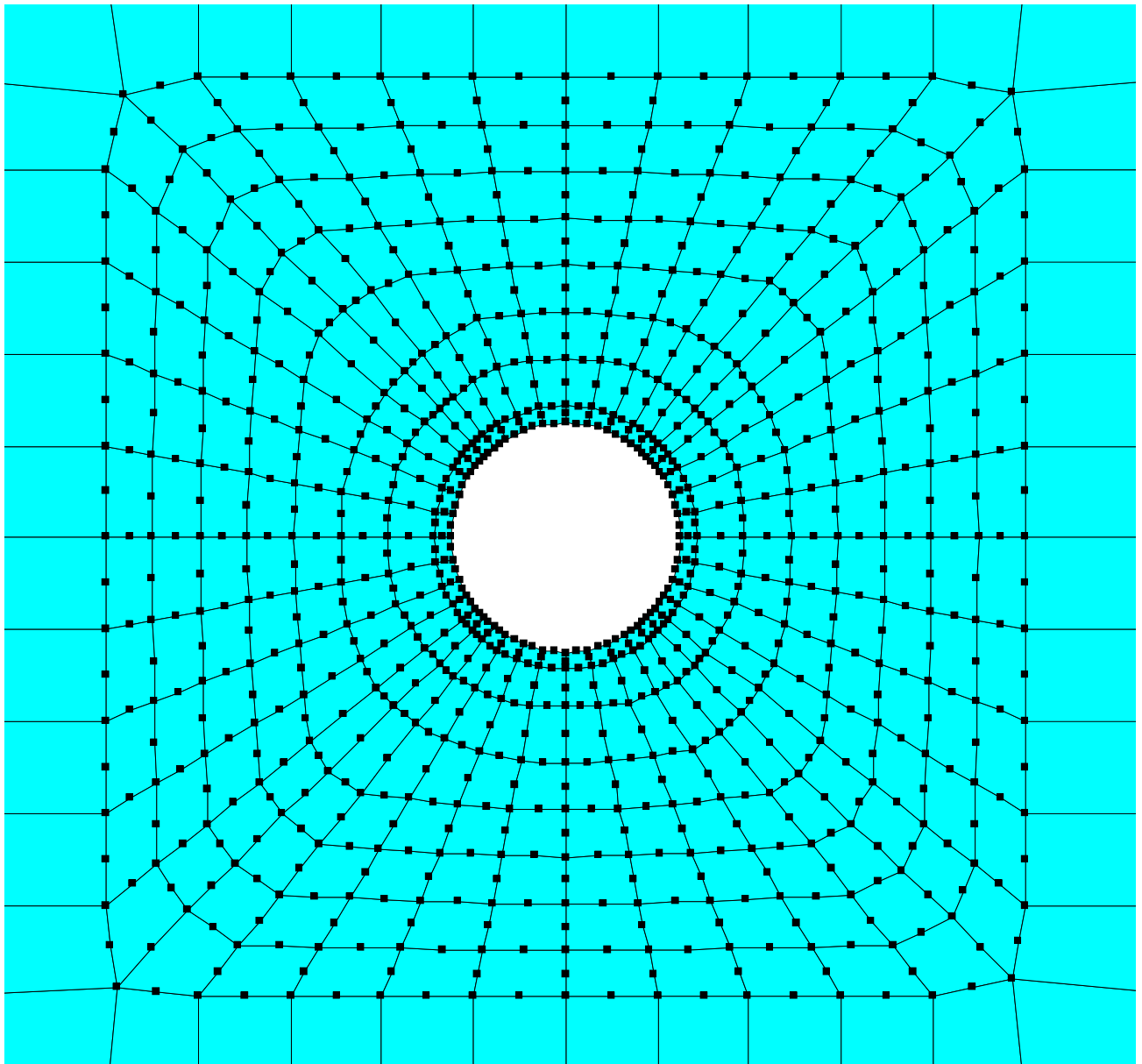
ნახ.2.1 ფერდის მდგრადობის გეომეტრიული ახასიათებლები.



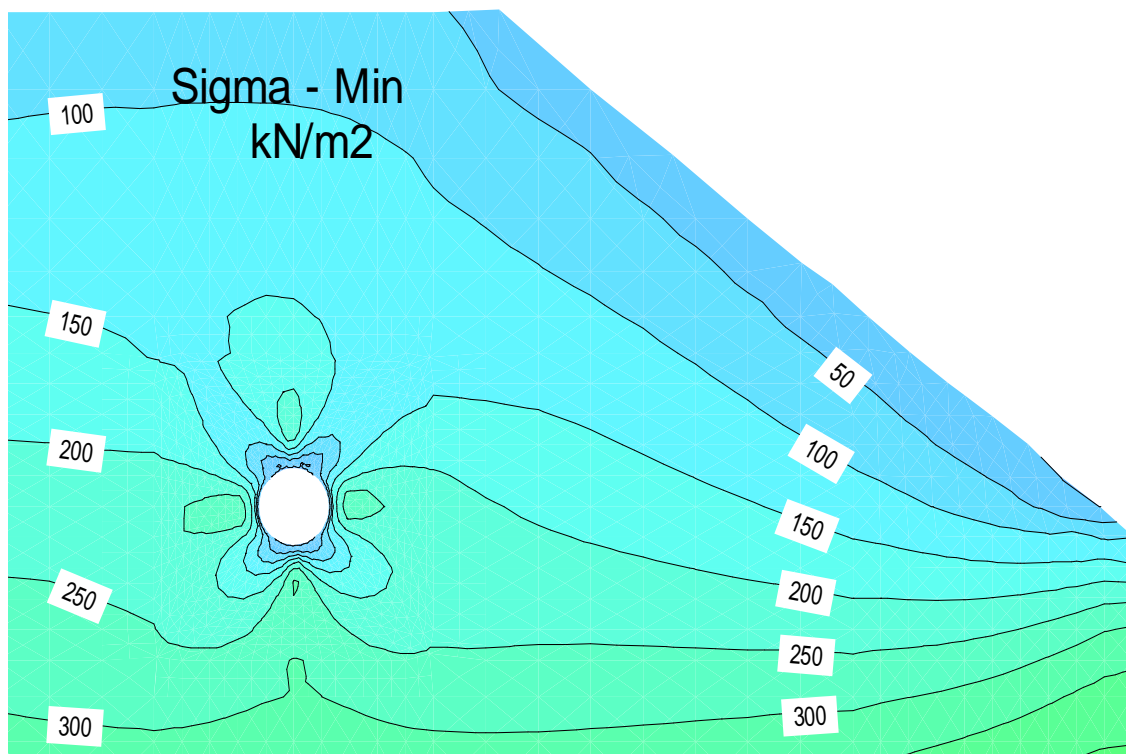
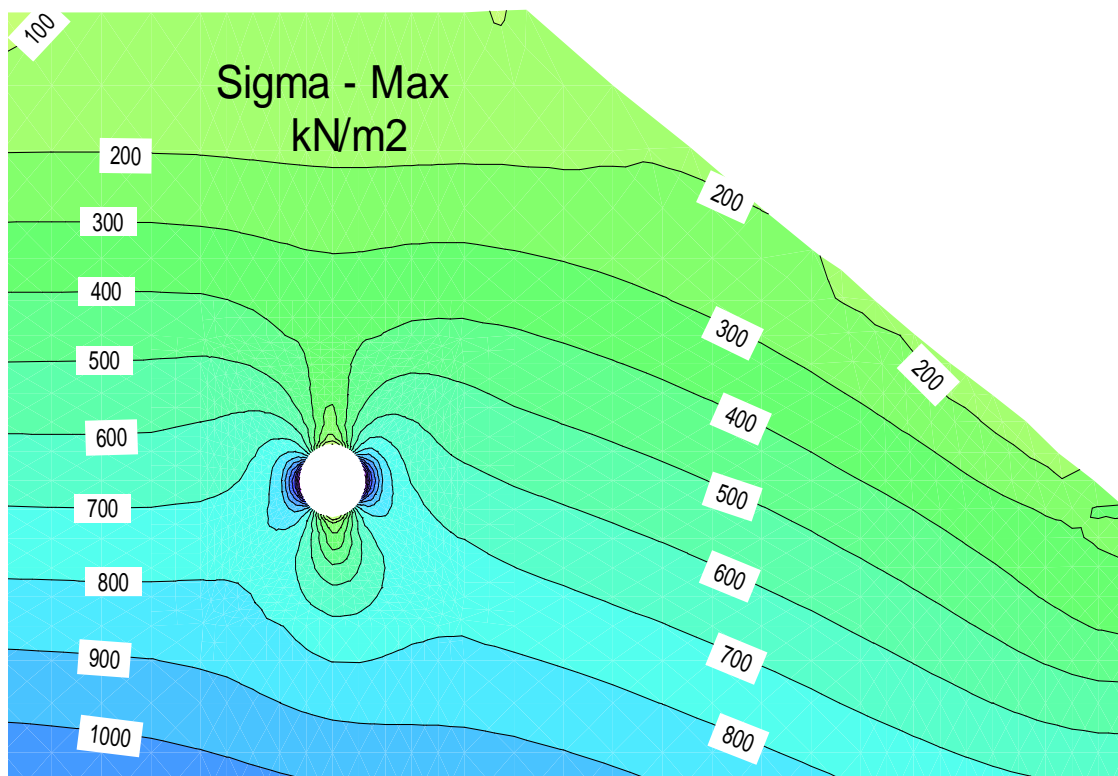
ნახ. 3.1 ასაფეთქებელი მუხტის მასას (Q), ტალღის ფრონტის წერტილის მოძრაობის სიჩქარეს (V) და სეისმური ძაბვებს (P) შორის დამოკიდებულების მრუდები,



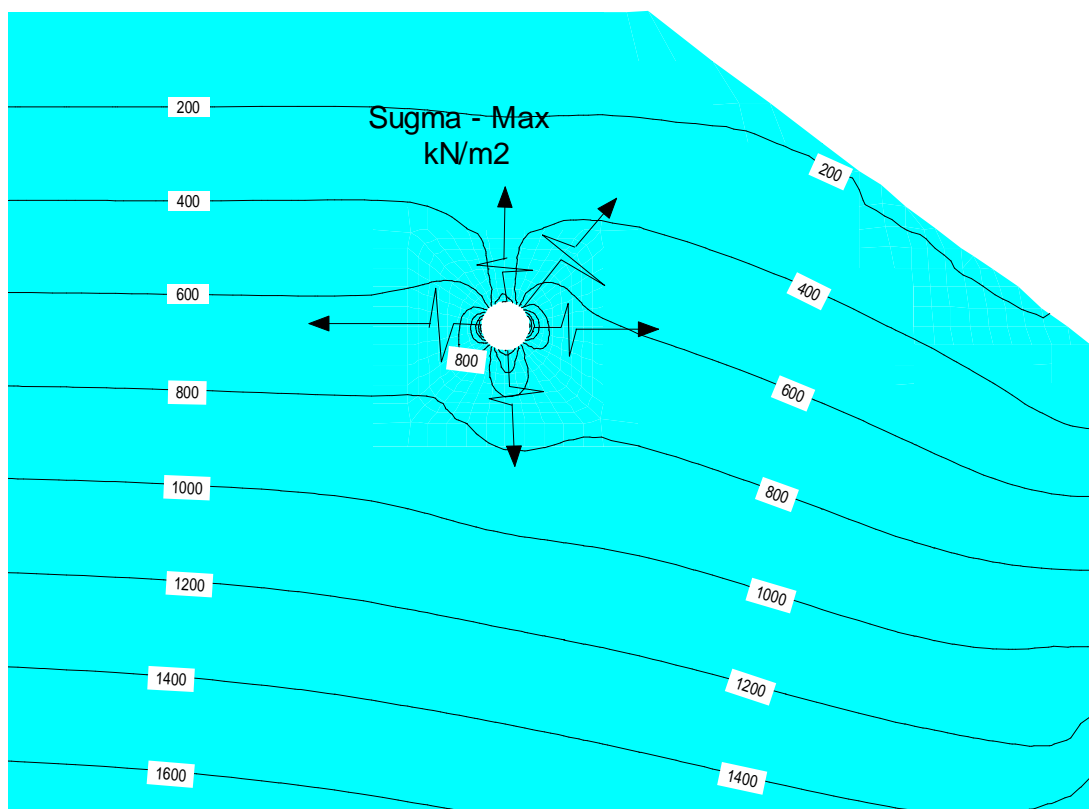
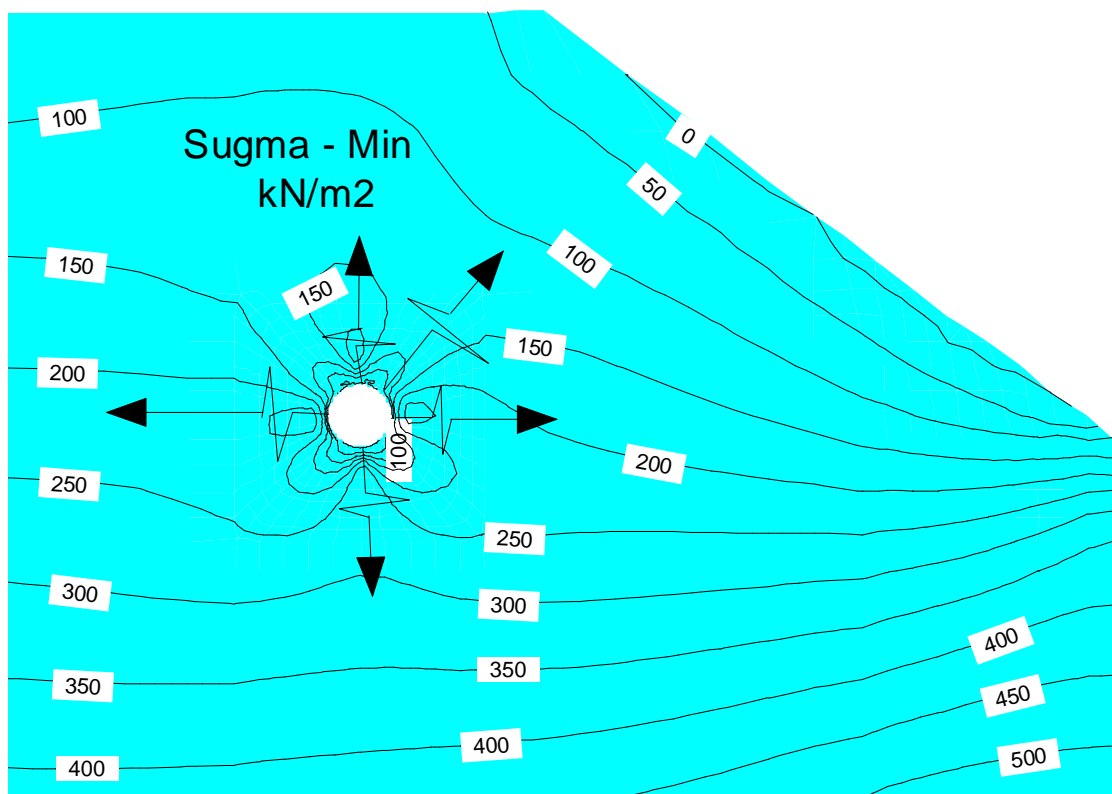
ნახ. 3.2.1 „გვირაბი - გარემომცველი მასივი“ სისტემის საანგარიშო სქემა,



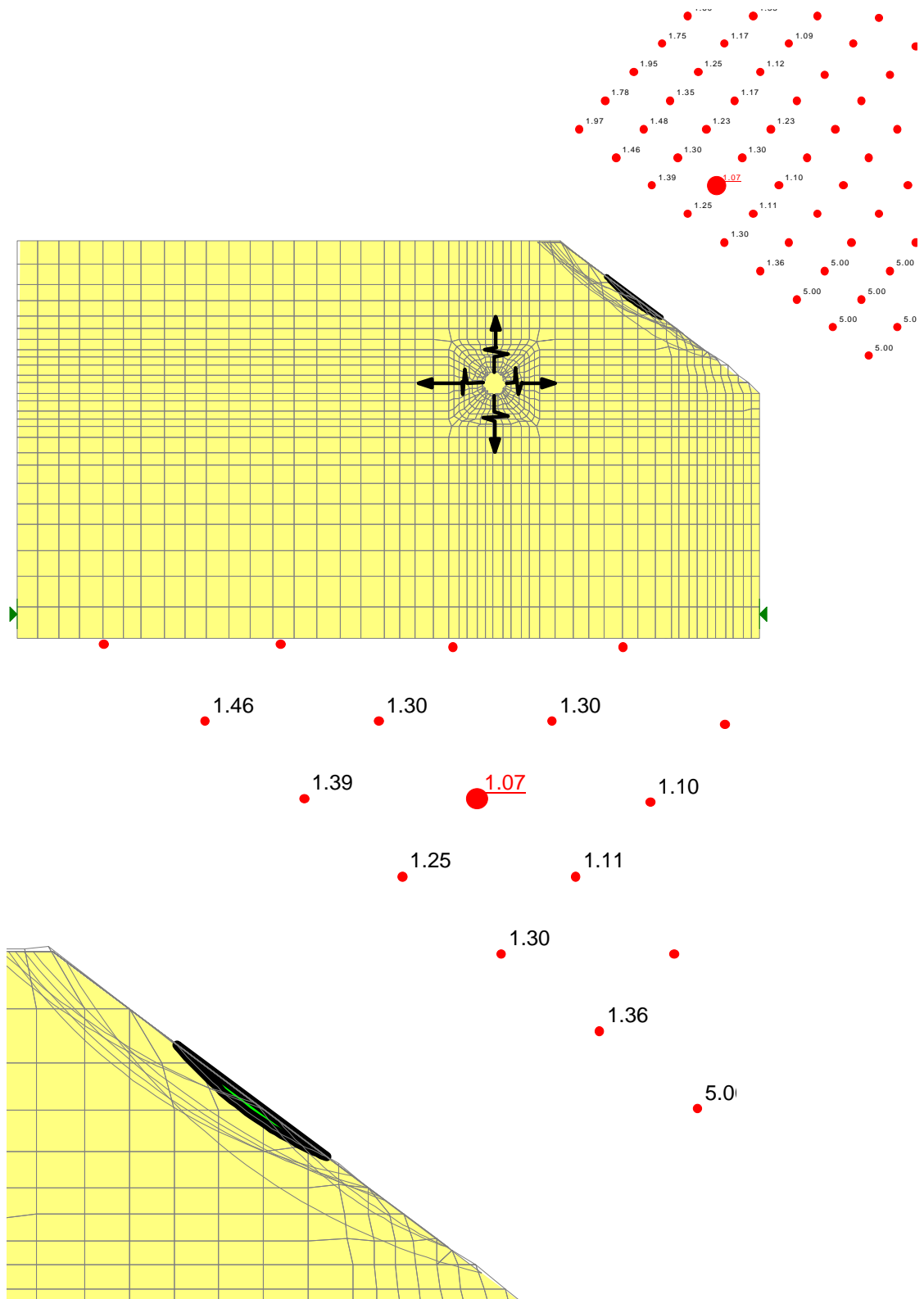
ნახ. 3.2.2 „გვირაბი - გარემომცველი მასივი“ სისტემის საანგარიშო სქემის დეტალიზაცია (იზოპარამეტრული ელემენტებით).



ნახ. 3.3.1. მინიმალური და მაქსიმალური მთავარი ძაბვების განაწილება სისტემაში „გვირაბი - გარემომცველი მასივი“ ბუნებრივი დამაბულ მდგომარეობაში.



ნახ.3.3.2 მინიმალური და მაქსიმალური მთავარი ძაბვების განაწილება
სისტემაში „გვირაბი - გარემომცველი მასივი“
აფეთქებით გამოწვეული ტალღების გავლის დროს.



ნახ. 3.4.2. ფერდის მდგრადობის მარაგები ($K_{min}=1.07$) აფეთქებით გამოწვეული
სეისმური ტალღების გავლის დროს (ბუნებრივი დამაბული მდგომარეობის
გათვალისწინებით).