

UDC 621.002.3–419.8–20–03.82

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-3-124-132>

ნახშირბადის კომპოზიტური ლენტით გაძლიერებული რკინაბეტონის სვეტის გაანგარიშება სიმტკიცეზე

თამაზ ხმელიძე	სამშენებლო მანქანების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ბ E-mail: t.kmelidze@gtu.ge
შალვა ხუციშვილი	სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ბ E-mail: aiamairaia@gmail.com
ქეთევან ჯერენაშვილი	სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68 ^ბ E-mail: qetijerenashvili@yahoo.com

რეცენზენტები:

ნ. მსხილაძე, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: n.mskhiladze@gtu.ge

მ. ჭანტურია, სტუ-ის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: m.chanturia@gtu.ge

ანოტაცია. მაღალი სიმტკიცის ნახშირბადის, ბაზალტის, არამიდის, ბორის, მინის ბოჭკოების გამოყენებულ სამშენებლო ბაზარზე, საშუალება მისცა ინჟინრებს შეექმნათ თანამედროვე მეთოდები და ტექნოლოგიები, რომლებიც წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ მზიდი სამშენებლო კონსტრუქციების დაზიანებული ნაწილების აღსადგენად და მზიდუნარიანობის გასაზრდელად. მათი მეშვეობით მოკლე დროში, მინიმალური შრომითი დანახარჯებით, შესაძლებელია გავზარდოთ კონსტრუქციის საექსპლუატაციო ვადა. რკინაბეტონის კონსტრუქციაში

კომპოზიტებით გაძლიერების სისტემა რეალურია გამოვიყენოთ, როცა კონსტრუქციაში ბეტონის ფაქტობრივი სიმტკიცე კუმშვაზე შეადგენს არანაკლებ 15 მგპა. ძირითადად გამოიყენება ნახშირბადის და ბაზალტის ბოჭკოზე დამზადებული კომპოზიტები, რომლებიც ხასიათდება მაღალი სიმტკიცით გაჭიმვასა და კუმშვაზე, ხოლო დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობა ახლოსაა ფოლადის დრეკადობის მოდულის მნიშვნელობასთან.

სტატიაში განხილულია სამშენებლო კონსტრუქციების ნახშირბადის კომპოზიტური ერთმიმართულებიანი ლენტით გაძლიერების საკითხები, კერ-

ძოდ, რკინაბეტონის სვეტის გაძლიერება და გაანგარიშება სიმტკიცეზე; აღწერილია ნახშირბადის ბოჭკოზე დამზადებული გარე დაარმირების სისტემა კარბონვრაპი (CarbonWrap), რომელსაც წარმატებით იყენებენ სამოქალაქო და სამრეწველო სამშენებლო ობიექტებზე სარემონტო და აღდგენითი სამუშაოებისათვის; მოცემულია ასეთი სვეტის გაანგარიშების ალგორითმი და რეალური კონსტრუქციის გაანგარიშების შედეგების ანალიზი.

საკვანძო სიტყვები: ადჰეზივი; ბეტონი; გაანგარიშება; კომპოზიტური ლენტები; ნახშირბადის ბოჭკო; სიმტკიცე.

შესავალი

ჩვენს ქვეყანაში, კერძოდ დიდ ქალაქებში, უამრავი საცხოვრებელი სახლი, სამრეწველო შენობა-ნაგებობა, ხიდი, გზაგამტარი, ესტაკადა, მაგისტრალური მილსადენი და სხვა ობიექტია ავარიულ მდგომარეობაში და სასწრაფოდ აღდგენას, რეკონსტრუქციას, გაძლიერებას ექვემდებარება. ტრადიციული სარემონტო სამუშაოები კი დიდ ფინანსურ და მატერიალურ ხარჯთანაა დაკავშირებული, რისი საშუა-

ლებაც უმეტეს შემთხვევაში მუნიციპალურ სამსახურებს არ აქვთ.

ამ პრობლემის ნაწილობრივ გადასაჭრელად, უკვე სამი ათეული წელია, დასავლეთის ანალოგიურად პოსტსაბჭოთა ქვეყნებშიც აქტიურად დაიწყო შენობა-ნაგებობების გაძლიერება და რემონტი კომპოზიტური მასალების გამოყენებით [1]. ასეთ მასალებს, პირველ რიგში, მიეკუთვნება ნახშირბადის ბოჭკოზე დამზადებული გარე დაარმირების სისტემა კარბონვრაპი (CarbonWrap), რომელსაც იყენებენ სამრეწველო და საცხოვრებელი შენობებისა და ნაგებობების სამშენებლო კონსტრუქციების, ატომური და ჰიდროენერგეტიკის ობიექტების, სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის, მილსადენების, რეზერვუარების და მისთ. სარემონტოდ და გასაძლიერებლად [2], [7]. მათი საშუალებით ხდება ბეტონის დაშლის და არმატურის კოროზიის პროცესის შეჩერება, ხშირად იყენებენ კონსტრუქციების სეისმურობის ასამაღლებლადაც.

სისტემის მთავარი კომპონენტია ნახშირბადის ბოჭკოზე დამზადებული ერთმიმართულებიანი ლენტები (სურ. 1) და ქსოვილები, რომლებიც ადჰეზივის (უმეტესად ეპოქსიდურის) მეშვეობით დაეკვრება გასაძლიერებელ კონსტრუქციას და 15-20%-ით ზრდის მის მზიდუნარიანობას (სურ. 2).



სურ. 1. ნახშირბადის კომპოზიტური ლენტები



სურ. 2. სისტემა კარბონვრაპით გაძლიერებული რკინაბეტონის ხიდის მალის ნაშენი

ნახშირბადის ლენტი მზადდება ორგანული ნახშირბადის ბოჭკოებისგან ინერტულ გარემოში მაღალტემპერატურული ზემოქმედებით. სიმკვრივე 230...530 გ/მ³.

კარბონვრაპის უპირატესობა კონსტრუქციების გაძლიერების სხვა ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით შემდეგია [2]:

- სამშენებლო კონსტრუქციების რემონტისა, გაძლიერებისათვის, შრომითი დანახარჯების შემცირება;
- სარემონტო სამუშაოების შესრულება წარმოების გაუჩერებლად;
- რემონტებს შორის ვადის გაზრდა;

- მცირე საკუთარი წონა და გასაძლიერებლად გამოყენებული მასალის ძალიან თხელი ფენა;
- რემონტისათვის საკმარისია მცირე სივრცე;
- მედეგობა აგრესიული გარემოსა და კოროზიისადმი;
- ნახშირბადოვანი მასალების მაღალი მექანიკური მახასიათებლები და ადჰეზიის შესანიშნავი უნარი;
- რემონტის მიმდინარეობა სუფთა გარემოში;
- არ საჭიროებს შედეგებით სამუშაოებს;
- კონკურენტული ფასი.

სხვადასხვა მარკის ნახშირბადის ლენტის მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში.

ლენტის მარკა	პარამეტრები					
	სიგანე, მმ	ზედაპირ. სიმკვრივე, გ/მ ²	წაგრძელება ბოჭკოს გაგლეჯაზე %	ლენტის მონოშრის საანგარიშო სისქე, მმ	დრეკადობის მოდული, ·10 ³ , მგპა	სიმტკიცე გაჭიმვაზე, ·10 ³ , მგპა
ერთმიმართულგებნი ნახშირბადის ლენტი						
CarbonWrap® Tape 230/150	150	230	1,8	0,128	245	4,9
CarbonWrap® Tape 230/300	300	230	1,8	0,128	245	4,9
CarbonWrap® Tape 230/600	600	230	1,8	0,128	245	4,9
CarbonWrap® Tape 530/150	150	530	1,8	0,294	245	4,9
CarbonWrap® Tape 530/300	300	530	1,8	0,294	245	4,9
CarbonWrap® Tape 530/600	600	530	1,8	0,294	245	4,9

კარბონგრაფის სისტემით კონსტრუქციების გაძლიერების ტექნოლოგია მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

- გასაძლიერებელი ელემენტის ზედაპირის აღდგენის სარემონტო სამუშაოები (ბზარების, დაზიანებების შელესვა);
- გასაძლიერებელი ელემენტის ზედაპირის მომზადება (გასუფთავება);
- გასაძლიერებელი ელემენტის ზედაპირის დაკვალივა პროექტის შესაბამისად;
- ადჰეზივის (შემკვრელის) მომზადება და დატანა ზედაპირზე (CarbonWrap® Resin+);
- ლენტის დაწებება გასაძლიერებელ ელემენტზე (CarbonWrap® Tape/CarbonWrap® Fabric);
- ადჰეზივის დატანა დაწებებულ ლენტზე (CarbonWrap® Resin+);
- დამცავი ფენის დატანა ზედაპირზე.

ძირითადი ნაწილი

ამერიკული (FEMA 273), ევროპული (Eurocode-8), რუსული (СН 164.1325800.2014), ინდური ((SERC) და

სხვა ქვეყნების სამშენებლო ნორმებითა და რეკომენდაციებით, რომლებიც შეეხება რკინაბეტონისა და ქვის კონსტრუქციებისგან აგებულ შენობებს, გათვალისწინებულია ელემენტების გაძლიერების სხვადასხვა მეთოდი, კერძოდ მოჩარჩოება ფოლადის პროფილებით, სარტყლებით, სპირალებით (სვეტები, კედლებსშორისები, ქვის წყობა), ფოლადის ფურცლების გამოყენება (კოჭები, ფილები), გარე გაძლიერება რკინაბეტონის ფენების დამატებით (რიგელები, კოჭები, საყრდენი კედლები, ხიდები, ესტაკადები), დაზიანებული კოჭების, სვეტების, კვანძების ლოკალური შეცვლა ფოლადის გარსაცმით ან ფიბრული მასალის საფარით დაფარვა, ბზარების ინიექცია ცემენტის ან პოლიმერბეტონის ხსნარით, კონსტრუქციულ ელემენტებს შორის კავშირების გაუმჯობესება, ჰორიზონტალური დიაფრაგმების გახისტება, ქვის შენობებში ჭიმების გამოყენება, ტორკრეტირება, სამირკვლის ფუძის გაძლიერება ცემენტაციით ან გრუნტის კონსოლიდაციით, დაზიანებული განივი

არმატურის შეცვლა ფოლადის თხელი ფირფიტების გარსაცმით და სხვ.

ყველა ჩამოთვლილი მეთოდი დაკავშირებულია საგრძნობ მატერიალურ და ფინანსურ დანახარჯებთან, ამასთანავე მათი დიდი ნაწილი მოითხოვს შენობის ექსპლუატაციის შეჩერებას, ამწესატრანსპორტო ტექნიკას, საშემდუღებლო აპარატურას, ნგრევით სამუშაოებს და ა.შ. ყოველივე ამის თავიდან ასაცილებლად, იმავე შედეგების მისაღწევად, სადაც ეს შესაძლებელია, უმჯობესია გარე დაარმირების სისტემის – კარბონვრაპის გამოყენება.

აღნიშნული სისტემის გამოყენებისთვის კი აუცილებელია გაგვაჩნდეს გაძლიერებული კონსტრუქციის გაანგარიშების მექანიზმი, რომლის საფუძველზე უნდა შედგეს კონსტრუქციის გაძლიერების პროექტი და დამკვეთს ჰქონდეს სრული გარანტიები ადგენილი ელემენტის მზიდუნარიანობისა და საექსპლუატაციო ვადის შესახებ. ამ მიზნის განსახორციელებლად, სხვადასხვა ქვეყნის ნორმატიულ დოკუმენტებზე დაყრდნობით, შევიმუშავეთ რკინაბეტონის სვეტის გაძლიერების სქემა და შევადგინეთ მისი გაანგარიშების ალგორითმი. გავი-

ანგარიშეთ რეალური სვეტი, რომლის შედეგების ანალიზი მოცემულია სტატიის დასკვნით ნაწილში.

კომპოზიტით გაძლიერებული რკინაბეტონის სვეტის სიმტკიცეზე გაანგარიშების ალგორითმი:

გასაანგარიშებელია ნახშირბადის ბოჭკოებზე დამზადებული კომპოზიტური მასალით (Carbon-Wrap®) გაძლიერებული ექსცენტრულად შეკუმშული რკინაბეტონის სვეტი სიმტკიცეზე.

საწყისი მონაცემები:

რკინაბეტონის სვეტის განივკვეთი – $b \times h$ მმ;

სვეტის სიგრძე – l მ;

ბეტონის დამცავი შრის სისქე – $a = a'$ მმ;

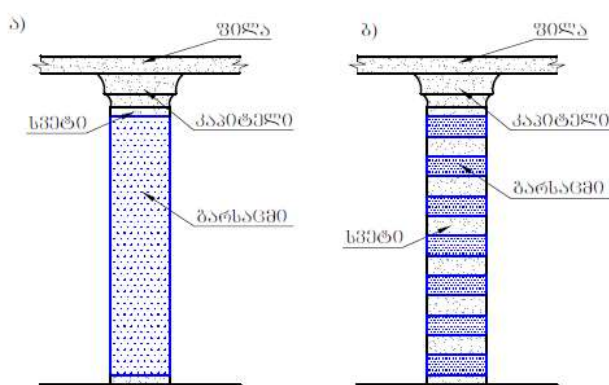
ბეტონის კლასი B15; საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე $R_b = 8,5$ მგპა; დრეკადობის მოდული $E_b = 24000$ მგპა;

გრძივი არმატურა – $4\Phi 12$ A500; $A_s = 4 \cdot 1,131 = 4,52$ სმ² = 452 მმ²;

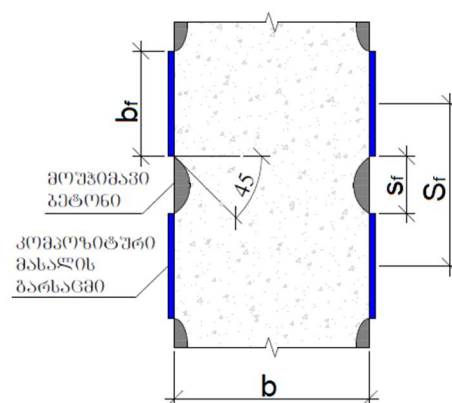
არმატურის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე $R_s = 435$ მგპა; კუმშვაზე – $R_{sc} = 400$ მგპა; დრეკადობის მოდული – 200 000 მგპა;

სვეტზე მოქმედი გრძივი ძალა – N კნ;

სვეტზე მოქმედი მღუნავი მომენტი გაძლიერების შემდეგ – M კნმ.



სურ. 3. რკინაბეტონის სვეტების გაძლიერება კომპოზიტური გარსაცმით: ა-უწყვეტად; ბ-წყვეტილად



სურ. 4. სვეტის გაძლიერება (ფრაგმენტი) ცალკეული კომპოზიტური გარსაცმებით

სვეტი გაძლიერებულია CarbonWrap® სისტემის კომპოზიტური მასალის რგოლური (წყვეტილი) გარსაცმებით სიმაღლეზე (სურ. 3 და სურ. 4):

- კომპოზიტური მასალის სისქე – t_f მმ;
- კომპოზიტური მასალის ნორმატიული წინაღობა გაჭიმვაზე – $R_{fn} = 3600$ მგპა;
- კომპოზიტური მასალის ნორმატიული დრეკადობის მოდული – $E_{fn} = 245000$ მგპა;
- კომპოზიტური მასალის შრეების რაოდენობა – $n = 2$;
- კომპოზიტური მასალის სიგანე – b_f მ;
- კომპოზიტური მასალის ბიჯი – s_f მ.

საჭიროა განისაზღვროს რკინაბეტონის სვეტის მზიდუნარიანობა გაძლიერების შემდეგ.

სვეტის საანგარიშო სქემა ნაჩვენებია მე-3 სურ-ზე. გრძივი ძალის საწყისი ექსცენტრისიტეტი:

$$e_0 = M/N \text{ მ};$$

სვეტის განივკვეთის ინერციის მომენტი:

$$I = b \cdot h^3 / 12 \text{ სმ}^4;$$

სვეტის განივკვეთის ფართობი:

$$A = b \cdot h \text{ სმ}^2;$$

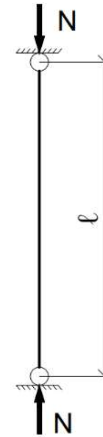
სვეტის განივკვეთის ინერციის რადიუსი:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}.$$

სვეტის მოქნილობა $\lambda = \ell_0 / r$,

სადაც ℓ_0 არის სვეტის საანგარიშო სიგრძე.

გრძივი ღუნვის φ კოეფიციენტი მოქნილობაზე დამოკიდებულებით აიღება ცხრილებიდან ან გრაფიკებიდან.



სურ. 5. სვეტის საანგარიშო სქემა

კომპოზიტური მასალის განივკვეთის ფართობი (მ^2):

$$A_{s,sh} = n \cdot t_f \cdot 2 \cdot (b + h).$$

კომპოზიტური მასალის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი – $\gamma_{f1} = 0,8$ (მინაკომპოზიტისათვის – $\gamma_{f1} = 0,8$ [7].

ნახშირბადიანი კომპოზიტური მასალის უსაფრთხოების კოეფიციენტი – $\gamma_f = 1,2$ (მინაკომპოზიტისათვის – $\gamma_f = 1,8$ [7].

კომპოზიტური მასალის საანგარიშო წინაღობა გაჭიმვაზე (მგპა):

$$R_f = (\gamma_{f1} / \gamma_f) \cdot R_{fn}.$$

საანგარიშო ფარდობითი დეფორმაცია:

$$\varepsilon_f = R_f / E_{fn} = 2400 / 245000 = 0,0098.$$

გარე დაარმირების სისტემის მაქსიმალური (ეფექტური) საანგარიშო დეფორმაცია, რომელიც მოიცავს რკინაბეტონის ელემენტის მთელ კვეთს (ირგვლივ უწყვეტად), განისაზღვრება პირობიდან:

$$\varepsilon_{fe} = 0,004 \leq 0,55 \cdot \varepsilon_f = 0,55 \cdot 0,0098 = 0,00539.$$

მაბევა კომპოზიტურ მასალაში:

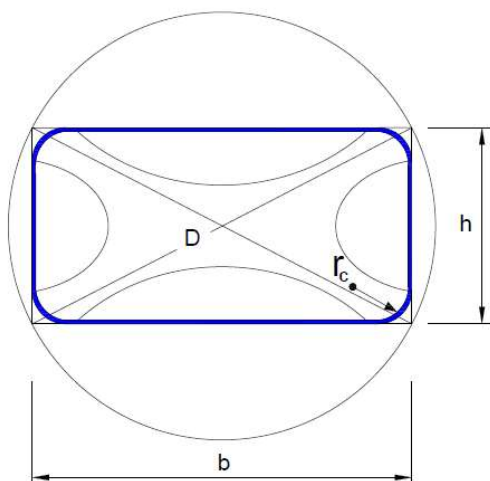
$$\sigma_f = E_{fn} \cdot \varepsilon_{fe} = 245000 / 0,004 = 980 \text{ მგპა}.$$

შეკუმშული ბეტონის განივკვეთის ფართობი:

$$A_c = (A - A_{s,tot}) \text{ მ}^2;$$

მოჭიმული ბეტონის განივკვეთის ფართობი (მ²)

ნაზოლების (კუთხეებში მომრგვალებების) გათვალისწინებით (სურ. 6):



სურ. 6. სვეტის ევვივალენტური მომრგვალებული განივკვეთი

$$A_e = A_c - 1/3 \cdot \{ [b \cdot (h - 2 \cdot r_c)^2 / h] + [h \cdot (b - 2 \cdot r_c)^2 / b] \},$$

სადაც h არის მცირე გვერდი, b – დიდი გვერდი,

r_c – კუთხეების მომრგვალების რადიუსი.

სვეტის სიმაღლეში გარსაცმებს შორის დაშორებების გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი

$$k_e = (1 - S_w / 2D)^2 = (1 - 0 / 2D)^2 = 1,$$

სადაც S_w = 0 უწყვეტი გარსაცმისათვის; წრიული განივკვეთის სვეტისათვის კი S_w ტოლია დაშორებებისა ცალკეულ გრაგნილებს შორის.

გარსაცმის ეფექტურობის კოეფიციენტი მართკუთხა (ჩვენს შემთხვევაში კვადრატული) განივკვეთის სვეტისათვის:

$$k_a = (A_e / A_c) \cdot (h / b)^2 .$$

უნდა შესრულდეს პირობა k_a · k_e ≤ 0,5. თუ პირობა არ სრულდება, მაშინ მიიღება k_a · k_e = 0,5.

შეკუმშული სვეტის ბეტონის მოჭიმვის მაქსიმალური მნიშვნელობა (მგპა) გამოითვლება ფორმულით:

$$\sigma_R = 2 \cdot n \cdot E_f \cdot t_f \cdot \epsilon_{f,e} / D.$$

$$\text{სადაც } D^2 = b^2 + h^2 = 0,4^2 + 0,4^2 ,$$

უნდა შესრულდეს პირობა:

$\sigma_R = \geq 0,08 \cdot R_b$ – პირობა დაკმაყოფილებულია (ან არაა დაკმაყოფილებული).

შენიშვნა: თუ ეს პირობა არ კმაყოფილდება, მაშინ გაანგარიშებებში გარსაცმის ეფექტი მხედველობაში არ მიიღება.

ნახშირბადის კომპოზიტური მასალის უწყვეტი გარსაცმით (რგოლით) გაძლიერებული ბეტონის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე (მგპა):

$$R_{bc} = R_b + 3,3 \cdot \psi_f \cdot k_a \cdot k_e \cdot \sigma_R,$$

სადაც $\psi_f = 0,95$ არის შემასწორებელი კოეფიციენტი, მიღებული ნატურული გამოცდების შედეგად.

მოჭიმული ბეტონის ზღვრული დეფორმაცია იზღუდება ფორმულით:

$$\epsilon_{ccu} = \epsilon_{bo} \cdot [1,5 + 12 \cdot k_b \cdot \sigma_R / R_b \cdot (\epsilon_{f,e} / \epsilon_{bo})^{0,45}] \leq 0,01,$$

$$\text{სადაც } k_b = (A_e / A_c) \cdot (b / h)^{0,5} .$$

პირობა დაკმაყოფილებულია (ან არაა დაკმაყოფილებული).

საბოლოოდ, სვეტის მზიდუნარიანობამ (კნ) შეადგინა (გრძივი ძალის მიხედვით):

$$N_{ult} = \varphi \cdot (R_{bc} \cdot A_c + R_{sc} \cdot A_{s,tot}).$$

გაძლიერებამდე სვეტის მზიდუნარიანობა (კნ):

$$N = \varphi \cdot R_b \cdot A.$$

შემოთავაზებული ალგორითმის მიხედვით ჩატარებული იყო რკინაბეტონის რეალური სვეტის გაანგარიშება შემდეგი საწყისი მონაცემებით: სვეტის განივკვეთი – b x h = 400 x 400 მმ; სიგრძე – l = 3,0 მ; გრძივი არმატურა – 4Φ12 A500; A_s = 4 · 1,131 = 4,52 სმ²

= 452 მმ²; სვეტზე მოქმედი გრძივი ძალა – N = 550 კნ; სვეტზე მოქმედი მღუნავი მომენტი გაძლიერების შემდეგ – M = 15 კნმ; კომპოზიტური მასალის სისქე – t_f = 0,2 მმ; შრეების რაოდენობა – n = 2; სიგანე – b_f = 35 სმ = 0,35 მ; ბიჯი – s_f = 15 სმ = 0,15 მ.

განგარიშებით მივიღეთ, რომ გაძლიერებამდე სვეტის მზიდუნარიანობა იყო 128,7 ტ, ხოლო კომპოზიტით გაძლიერების შემდეგ – 144,2 ტ.

დასკვნა

1. ექსცენტრულად შეკუმშული კვადრატული განივკვეთის რკინაბეტონის სვეტის სიმტკიცე (მზიდუნარიანობა) Carbon Wrap-ის სისტემის ნახშირბადის კომპოზიტური ერთმიმართულებიანი 0,2 მმ სისქის ლენტით გაძლიერების შემთხვევაში იზრდება

12,04%-ით. ლიტერატურული მონაცემებით ([7], ცხრ. B3) ეს მაჩვენებელი 0,234 მმ სისქის ტილოს კომპოზიტის გამოყენებისას არის: კვადრატული განივკვეთის სვეტისთვის 6,63%, წრიული განივკვეთისთვის – 21,86%, მართკუთხა განივკვეთისთვის – 10,04%.

2. უფრო მაღალი სიმკვრივის და სისქის (0,3 მმ-მდე) ნახშირბადკომპოზიტის (მაგ. Carbon Wrap® Tape 530/300) გამოყენების შემთხვევაში სიმტკიცის ზრდის ეფექტი შესაძლებელია გაიზარდოს 20%-მდე.

3. რკინაბეტონის სვეტების გარდა, განხილული გაძლიერების სისტემა შესაძლებელია გამოვიყენოთ რიგელებში, კოჭებში, ფილებსა და ხიდის მალის ნაშენებში, აგრეთვე ქვის, ხისა და ლითონის კონსტრუქციებში.

ლიტერატურა

1. Khmelidze, T., Gurgenidze, D., Klimiashvili, L., Khmelidze, K. (2021). *Building Encyclopedic Dictionary. Vol. I-V*. Tbilisi, Georgia: Technical University, ISBN 978-9941-28-496-0; (In Georgian);
2. Khmelidze, T., & Kipiani, G. (Eds). (2022). *Composite constructions*. Tbilisi, Georgia: Tbilisi State University. (In Georgian);
3. Ministry of Economic Development of Georgia. (2009). *Construction Norms and Rules – Concrete and Ferroconcrete Constructions* (Order No. 1-1/2391). Retrieved from: <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/86818?publication=0>. (In Georgian);
4. Eurocode 2.1992-1-1:2004. DESIGN OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES;
5. SP 63.13330.2012. Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions. Updated edition of SnIP 52-01-2003;
6. SP 164.1325800.2014. Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials. Design rules;
7. Shilin, A.A, Zaitsev, M.V, Pshenichny, V. A (2016). *Repair and Strengthening of Reinforced Concrete Structures: Manual*. Ministry of Construction of the Russian Federation. (In Russian).

UDC 621.002.3–419.8–20–03.82

SCOPUS CODE 2205

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-3-124-132>

Strength Calculation of Ferroconcrete Column Reinforced by Carbon Composite Tape

Tamaz Khmelidze Department of Construction Machinery, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^b, M. Kostava str.

E-mail: t.khmelidze@gtu.ge

Shalva Khutsishvili Department of Construction Machinery, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^b, M. Kostava str.

E-mail: aiamaiaia@gmail.com

Qetevan Jerenashvili Department of Construction Machinery, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^b, M. Kostava str.

E-mail: qetijerenashvili@yahoo.com

Reviewers:

N. Mskhiladze, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: n.mskhiladze@gtu.ge

M. Chanturia, Professor, Faculty of Construction, GTU

E-mail: m.chanturia@gtu.ge

Abstract. The advent of high-strength carbon, basalt, aramid, boron, and glass fibers in the construction market has enabled engineers to develop state-of-the-art methods and technologies that can be successfully used to repair damaged parts of load-bearing structures and increase their attractiveness. With their help, in a short time and with minimal labor costs, it is possible to increase the service life of structures. In ferroconcrete structures, the composite reinforcement system is realistic to use when the actual compressive strength of the concrete in the structure is less than 15 MPa. Composites made of carbon and basalt fiber are mainly used, which are characterized by high tensile strength and compression, and the value of the modulus of elasticity is close to the value of the modulus of elasticity of steel.

The issues of reinforcing carbon composite with single-sided tape of construction structures are discussed, in particular, reinforcement of ferroconcrete columns and calculation of strength; The carbon fiber exterior reinforcement system CarbonWrap, which is successfully used for repairment and restoration on civil and industrial construction sites is described; The algorithm for calculating such a column and the analysis of the calculation results of the real construction are given.

Keywords: adhesive; calculation; carbon fiber; composite tape; concrete; strength.

განხილვის თარიღი 14.04.2022

შემოსვლის თარიღი 20.05.2022

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 23.09.2022