УДК 627.737 : 624.016

РОЗРОБЛЕННЯ НОРМ НА ГАБІОННІ КОНСТРУКЦІЇ

DEVELOPMENT OF STANDARDS FOR CONSTRUCTION GABIONS

Савенко В.Я., д.т.н., проф. (Національний транспортний університет, м. Київ), Петрович В.В., к.т.н., проф. (Національний транспортний університет, м. Київ), Каськів В.І., к.т.н., доц. (Національний транспортний університет, м. Київ), Каськів С.В., асист. (Національний транспортний університет, м. Київ)

Savenko V.Ya., Doctor of Engineering, Professor (National Transport University, Kyiv), Petrovych V.V., Ph.D. in Engineering, Professor (National Transport University, Kyiv), Kaskiv V.I., Ph.D. in Engineering, Associate Professor (National Transport University, Kyiv), Kaskiv S.V., Assis. (National Transport University, Kyiv)

Фахівцями із НТУ розроблені галузеві будівельні норми на проектування габіонних конструкцій при спорудженні автомобільних доріг. Норми встановлюють вимоги до конструкцій укріплення укосів земляного полотна із застосуванням габіонів. Розроблені схеми та методики розрахунку габіонних конструкцій.

Experts from NTU industry developed building codes for designing gabion structures in the construction of highways. The codes set requirements for structures subgrade strengthening of slopes using the Gabion. The schemes and methods of calculation gabion structures developed.

Ключові слова: автомобільна дорога, габіон, габіонна конструкція, підпірна стіна, зелена стіна, сітка дротова звивочна, армований ґрунт.

Keywords: road, gabion, gabion construction, retaining wall, green wall, wire mesh, reinforced soil.

Вступ

У світовій практиці габіонні конструкції застосовуються понад 100 років. Перша споруда з габіонів була побудована у 1894 році на ріці Рено в містечку Козаляціо де Рено, недалеко від м. Болоньї. Основне їх призначення, на початку використання, було укріплення берегів річок і водотоків. Зараз ці конструкції використовують для влаштування водовідвідних, регуляційних та інших дорожньо-мостових споруд, а також укріплення укосів насипів, виїмок або природних схилів, як у цивільному, так і дорожньому і залізничному будівництві.

Габіон – це об'ємний сітчастий контейнер, наповнений камінням із щільних гірських порід. Іншими словами, габіонна конструкція – це гравітаційна споруда з оцинкованої звивочної сітки заповненої природним каменем, яка має просторову коробчату (циліндричну) конструкцію.

Їх застосування і на теперішній час є актуальним, у світлі універсальності конструктивних рішень із використання габіонів та відносної їх доступності і простоти технології збирання як габіонів, так і споруд із них.

Аналіз сучасних нормативних документів і технічних джерел свідчить, що на теперішній час в Україні в дорожній галузі відсутні норми, окрім [1], які б регламентували розрахунок підпірних стін із застосуванням габіонів, хоча ці конструкції дуже часто, з успіхом, застосовують при будівництві чи реконструкції автомобільних доріг (рис. 1).

Конструкції річкових укріпних споруд на гірських автомобільних дорогах наведен у відповідному альбомі 89–2000.РУС [2], укріплення берегів річок і водойм регламентовані у ВБН В.2.4-33-2.3-03 [3] і [4], для залізниць розроблені тимчасові технічні вказівки [5].

Основна частина

Згідно з тематичним планом науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт Державного агентства автомобільних доріг України у Національному транспортному університеті разом із ТОВ "Габіони Будпроект" розроблені галузеві будівельні норми ГБН В.2.3-37641918-558:2016 "Габіонні конструкції. Проектування та будівництво". Сфера застосування яких поширюється на проектування та будівництво габіонних конструкцій на автомобільних дорогах загального користування.

Рисунок 1 – Приклад використання габіонних підпірних стін

Нижче наведені основні положення цих норм.

Габіонні конструкції для укріплення укосів, посилення, стабілізації і захисту земляного полотна від небезпечних природно-техногенних процесів є габіонними підпірними стінками з армуючою панеллю із металевої сітки між габіонами або без неї і їх можна віднести до масивних підпірних стін гравітаційного типу.

Габіонні підпірні стінки – призначені для підтримання земляного укосу або схилу при крутизні значно більшій за кут природного укосу.

Габіонні підпірні стінки можна влаштовувати:

- при необхідності зменшення смуги відведення при будівництві;
- при реконструкції та капітальному ремонті з розширенням земляного полотна автомобільних доріг;
- при ремонті зсувів укосів та схилів рельєфу смуги відведення;
- при спорудженні насипів у гірській місцевості з метою забезпечення їх стійкості.

Проектування габіонних підпірних стінок включає конструювання (призначення геометричних розмірів стінки та габіонів, кількості габіонів тощо) і розрахунки їх за двома групами граничних станів. Геометричні розміри, що призначені на етапі конструювання, уточнюють подальшими розрахунками.

Розрахунок за першою групою граничних станів (за втратою несучої здатності, включає повну втрату стійкості або значні пошкодження) передбачає виконання розрахунків на:

а) загальну стійкість (зовнішня стійкість)

- загальну стійкість укосу насипу із підпірною стіною за круглоциліндричною поверхнею ковзання;
- стійкість положення стіни проти зсуву по основі;
- стійкість положення стіни проти перекидання;
- міцність ґрунтової основи;

б) внутрішню стійкість:

- зсув одних габіонів відносно інших;
- розрив каркаса габіона (міцність габіона, як конструктивного елемента).

Розрахунок за другою групою граничних станів (непридатність до нормальної експлуатації) включає перевірку на допустимі деформації при експлуатації споруди.

Усі розрахунки повинні виконуватись із використанням розрахункових значень характеристик ґрунтів, матеріалів і навантажень, які отримують шляхом множення або ділення нормативного або номінального значення величини на відповідний коефіцієнт надійності.

Розрахункове значення характеристик ґрунтів X_d визначають за формулою:

$$X_d = \frac{X_n}{\gamma_g}, \tag{1}$$

де X_n – нормативне значення характеристики;

γ_g – коефіцієнт надійності по ґрунту згідно з ДБН В.2.1-10 [6].

Розрахункове значення параметрів матеріалів визначають за формулою:

$$R_{ds} = \frac{R_{ns}}{\gamma_m}, \tag{2}$$

де R_{ds} і R_{ns} – розрахункове і номінальне значення міцності сітки на тимчасовий опір на розрив;

γ_m – коефіцієнт надійності по матеріалу, для розрахунків приймають γ_m = 1,25.

Розрахункове значення сил:

$$F_d = \gamma_f \cdot F_n, \tag{3}$$

де F_d і F_n – розрахункове і номінальне значення сили;

γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням згідно з ДБН В.1.2-2 [7] і [8].

Стійкість укосу насипу разом із спорудою

Оцінюють стійкість укосів насипів в окремих її перетинах як для повної висоти укосу (загальна стійкість), так і для окремих частин укосів (місцева стійкість).

Згідно з ДБН В.1.1-24 [9] критерієм стійкості схилів (укосів) для найнебезпечнішої призми обвалення є умова:

$$\gamma_{fc} \cdot T \le \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot R, \tag{4}$$

де γ_{fc} – коефіцієнт сполучення навантажень;

T – розрахункове значення узагальненої зсувної дії на призму обвалення, що визначається з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженням γ_f, кН;

γ_c – коефіцієнт умов роботи;

γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю (коефіцієнт відповідальності) споруди;

R – розрахункове значення узагальненого опору ґрунтового масиву зсувній дії на призму обвалення, визначене з урахуванням коефіцієнта надійності по ґрунту, кН.

При пошуку небезпечної поверхні сповзання призми обвалення визначається коефіцієнт запасу стійкості, який повинен бути більшим або дорівнювати нормативному коефіцієнта запасу стійкості $\boldsymbol{K_{st}}$ що відповідає настанню граничного стану рівноваги:

$$K_{st} = \frac{R}{T} \ge \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c} = [K_{st}] \tag{5}$$

де γ_n = 1,25 згідно з ДБН В.1.1-24 [9], ДБН В 1.2-14 [10], ДСТУ-Н Б В.1.2-16 [11], для доріг державного значення (I – III категорії); γ_n = 1,10 для доріг IV – V категорії;

γ_{fc} = 1,00 (поєднання навантажень – основне) згідно з [9];

γ_c = 0,95 (наближені методи розрахунку) згідно з [9];

$[K_{st}]$ – допустима величина, коефіцієнта стійкості.

Стійкість габіонної стіни проти зсуву по основі

Стійкість стіни проти зсуву по поверхні основи, з врахуванням положень ДБН В.1.1-3 [12], ДБН В 1.1-24 [9] і СНиП 2.09.03 [13], буде забезпечена при виконанні умови:

$$K_{st\ \text{зсув}} \geq [K_{st}]\ , \tag{6}$$

$$K_{st_\text{зсув}} = \frac{R_{\text{зсув}}}{T_{\text{зсув}}}, \tag{7}$$

де $R_{\text{зсув}}$ – узагальнені утримуючі сили при зсуві, кН/м;

$T_{\text{зсув}}$ – узагальнені сили зсуву, кН/м;

$$R_{\text{зсув}} = N \cdot f + c \cdot B, \tag{8}$$

$$T_{\text{зсув}} = E_{\text{зсув}} + F_{q_\text{зсув}}, \tag{9}$$

де $E_{\text{зсув}}$ – максимальна величина горизонтальної складової активного тиску E_{ah} або зсувного тиску E_n, кН/м;

$F_{q_\text{зсув}}$ – сила зсуву від транспортного навантаження, що розташоване на поверхні призми зсуву, кН/м.

Стійкість габіонної стіни проти перекидання

Стійкість стіни проти перекидання забезпечується при виконанні умови:

$$K_{st\ \text{п}} \geq [K_{st}]. \tag{10}$$

$$K_{st_\text{п}} = \frac{M_{\text{утр}}}{M_{\text{п}}}, \tag{11}$$

де $M_{\text{утр}}$ – момент утримуючих сил, кН·м/м;

$M_{\text{п}}$ – момент сил, що діють на перекидання стінки, кН·м/м.

Міцність ґрунтової основи

Розрахунок фундаментів за несучою здатністю основи згідно з ДБН В.2.1-10 [6] виконують виходячи з умови:

$$\sigma \leq \sigma_u, \tag{12}$$

де $\sigma = F / (b\ l)$;

F – розрахункове навантаження на основу;

b, l – розміри в плані (ширина і довжина) сторін фундаменту;

σ_u – напруження, що відповідає межі несучої здатності основи.

Міцність ґрунтової основи габіонної стіни буде забезпечена при виконанні умови:

$$K_{st\ o} \geq [K_{st}], \tag{13}$$

$$K_{st_o} = \frac{[\sigma]}{\sigma_v}, \tag{14}$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_u}{\gamma_o}, \tag{15}$$

де $[\sigma]$ – допустимий тиск, під підошвою габіонної стіни, кПа;

σ_v – максимальне вертикальне напруження, що діє в основі габіонної стіни, кПа;

γ_o – коефіцієнт надійності по основі, γ_o = 3,0;

Перевірка на зсув конструктивних елементів стінки

До розрахунку приймають всі можливі горизонтальні поверхні зсуву на межі габіон-габіон по висоті підпірної стінки. Розрахунок виконують аналогічно до розрахунку стійкості підпірної стінки проти проковзування по ґрунту основи.

При розгляді круглоциліндричної поверхні ковзання, що проходить через габіони підпірної стінки, розрахунки виконують за (4).

В'язальний дріт, яким з'єднують габіони між собою у розрахунках не враховують, його міцність на розрив іде у запас міцності конструкції.

Перевірка на міцність конструктивних елементів стінки

Міцність сітки габіона на розрив забезпечується при виконанні умови:

$$T_{dq} < R_d, \tag{16}$$

де T_{dq} – розрахункове максимальне розтягуюче зусилля в сітці габіона від дії ваги конструкції, кН/м;

R_d – розрахункова міцність сітки габіона на тимчасовий опір на розрив, кН/м.

Висновок

Світовий досвід використання габіонних конструкцій, понад століття, переконливо свідчить про ефективність і надійність таких

споруд. Розроблений нормативний документ і положення, які у ньому викладені дозволять більш обґрунтовано приймати проектні рішення із застосування цих конструкцій.

Література

1. Р В.2.3–218–02070915–697:2007. Рекомендації із застосування габіонових конструкцій у дорожньому будівництві. – К. : Укравтодор, 2007. – 39 с. **2.** Альбом. Конструкції річкових укріпних споруд на гірських автомобільних дорогах. 89–2000.РУС. – І-Ф. : Державна служба автомобільних доріг України, 2002. – 149 с. **3.** ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000. Регулювання русел річок. Норми проектування. – К. : Державний комітет України по водному господарству, 2000. – 150 с. **4.** Вказівки щодо захисту земель, порушених водною ерозією. Габіонні конструкції протиерозійних споруд. Посібник до ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000. "Регулювання русел річок. Норми проектування". – К. : ВАТ «Укрводпрект», 2006. – 29 с. **5.** Тимчасові технічні вказівки із застосування габіонів для підсилення земляного полотна залізниць. – К. : [Б.В.], 2007. – 45 с. **6.** ДБН В.2.1-10-2009. Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 83 с. **7.** ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К. : Мінбуд України, 2006. – 77 с. **8.** ВСН 167-70. Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства. – М. : Минтрансстрой СССР, 1970. – 56 с.

ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 73 с. **9.** ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 48 с. **10.** ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 (СНиП 3.02.01-87, MOD). Настанова щодо проведення земляних робіт та улаштування основ і спорудження фундаментів. – К. : Мінрегіон України, 2013. – 40 с. **11.** ДБН В.1.1-3-97. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів і обвалів. Основні положення. – К. : Держбуд України, 1998. – 47 с. **12.** СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий. – М. : Госстрой СССР, 1985. – 101 с.