



УДК 625.72

- © В.В. Філіппов, докт. техн. наук, професор,
- © І.М. Вьюник (ХНАДУ)

СПРОЩЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ АРМОВАНИХ ГЕОСИНТЕТИЧНИМ ПРОШАРКОМ

Анотація. Досягнуто спрощення нормативної методики розрахунку асфальтобетонних шарів дорожніх одягів нежорсткого типу, які армовані геосинтетичним прошарком. Запропоновані формули звільнюють проектувальника від процесу інтегрування і тим самим методика розрахунку стає більш доступною для дорожніх інженерів.

Ключові слова: дорожній одяг; асфальтобетонні шари; армуючі прошарки; геосинтетичні матеріали.

Аннотация. Достигнуто упрощение методики расчета асфальтобетонных слоев дорожной одежды нежесткого типа, армированных геосинтетической прослойкой. Предложенные формулы освобождают проектировщика от процесса интегрирования и тем самым методика расчета становится более доступной для дорожных инженеров.

Ключевые слова: дорожная одежда; асфальтобетонные слои; армирующие прослойки; геосинтетические материалы.

Annotation. There are attained simplification of method of calculation of asphalt concrete road construction of reinforced a geosynthetics layer. The offered formulas release a designer from the process of integration, and the same the method of calculation does more accessible for road engineers.

Key words: pavement; asphalt layers; reinforced layers; geosynthetics.

Вступ

Методика розрахунку асфальтобетонних шарів армованих геосинтетичним прошарком є складовою частиною ВБН В.2.3–218–186 [1]. Методика викладена у розділі 3.8 “Особливості розрахунку асфальтобетонних шарів армованих синтетичними матеріалами” та у додатку К “Методика визначення розрахункових характеристик для армованого асфальтобетону” [1].

Згідно з п. 3.8 [1] асфальтобетонні шари дорожнього одягу армуються у випадку, коли розрахункове напруження розтягу перевищує допустиме. Для армованих зазначених шарів повинна виконуватися умова за формулою (3.18) [1]:

$$K_{мц} \leq \frac{k_{эф}^a \cdot R_{зг}}{\sigma_r}, \quad (1)$$

де $K_{мц}$ – необхідний коефіцієнт міцності (таблиця 3.1 [1]);

$R_{зг}$ – гранично допустиме напруження розтягу матеріалу шару з урахуванням втоми, МПа;

σ_r – найбільше напруження розтягу у розглянутому шарі, МПа;

$k_{эф}^a$ – коефіцієнт ефективності армування, що визначається за методикою, наведеною в додатку К [1].

Згідно з цим додатком необхідно визначити:

1) модуль пружності армованого асфальтобетонного шару;

2) коефіцієнт ефективності армування для асфальтобетонного шару при розрахунку на розтяг при згині.

Зазначені завдання включають розрахунки площі епюри модуля пружності армованого та неармованого асфальтобетону в межах активної зони армування з інтегруванням за формулами (К.3), (К.6), (К.7) (нумерація формул дана згідно з [1]). Варто звернути увагу, що в практичних методиках розв'язання інженерних задач операції інтегрування зазвичай не включають, а формули наводять без інтегралів. Якщо це неможливо або точні формули дуже складні, то пропонують формули, в яких використовують найбільш прийнятний спосіб чисельного інтегрування. Якщо цього не зробити, то розв'язуючи задачі з інтегралами інженер може вибрати неефективний метод їх розв'язання (невдалий спосіб інтегрування, невдале призначення кроку інтегрування тощо). У результаті може бути марно потрачений час або отримані помилкові значення. Зазначені недоліки методики розрахунку асфальтобетонних шарів армованих геосинтетичним прошарком можуть



стримувати на практиці такого роду розрахунки і тим самим гальмувати впровадження прогресивних конструкцій дорожнього одягу або можуть бути причиною невірних рішень.

Безумовно, інженер дорожньої організації може звернутись за допомогою до наукових співробітників. Але, у даному випадку, робити цього не має потреби і формули (К.3) і (К.6) [1] можна суттєво спростити та зовсім виключити самий процес інтегрування і тим самим зробити розділ 3.8 та додаток К [1] більш доступними для дорожніх інженерів.

Основна частина

Розглянемо формулу (К.3) [1] для визначення площі епюри модуля пружності армованого асфальтобетону в межах активної зони армування:

$$F_a = \int_0^H E(z) dz, \quad (2)$$

де $E(z)$ – зміна модуля пружності по вертикальній координаті z в межах активної зони армування, що визначається із залежності (К.4) [1]:

$$E(z) = E_{a/\delta} \left(1 + \frac{(\kappa_{ef} - 1) \cdot z}{H} \cdot \ln e^{\frac{z}{H}} \right), \quad (3)$$

де H – товщина активної зони армування, що приймають як $H = 1,5 d$ (d – розмір максимальної кам'яної фракції в асфальтобетоні), см;

κ_{ef} – лінійний коефіцієнт ефективності армування (залежність К.1 [1]):

$$\kappa_{ef} = \left(\frac{(1 - \mu_{a/\delta}) E_a}{(1 - \mu_a) E_{a/\delta}} \right)^{1/2}, \quad (4)$$

де $E_{a/\delta}$ і $\mu_{a/\delta}$ та E_a і μ_a – модуль пружності та його коефіцієнт Пуассона відповідно асфальтобетонного шару та армуючого прошарку.

Спочатку спростимо формулу (3), приймаючи, що $\ln e^{z/H} = z/H$.

Підставимо цей вираз у (3) і визначимо формулу для модуля пружності без логарифму:

$$E(z) = E_{a/\delta} \left(1 + \frac{(\kappa_{ef} - 1) \cdot z^2}{H^2} \right). \quad (5)$$

Далі спростимо формулу (2), для чого підставимо (5) у (2) і виконаємо інтегрування, тобто

$$\begin{aligned} F_a &= \int_0^H E(z) dz = E_{a/\delta} \int_0^H \left(1 + \frac{(\kappa_{ef} - 1) \cdot z^2}{H^2} \right) dz = \\ &= E_{a/\delta} \cdot H + E_{a/\delta} \cdot \frac{(\kappa_{ef} - 1) \cdot z^3}{H^2} \Big|_0^H = E_{a/\delta} \cdot H \cdot \frac{2 + \kappa_{ef}}{3}. \end{aligned} \quad (6)$$

Таким чином отримаємо замість формули (2) (формула (К.3) [1]) остаточну формулу без інтегралу:

$$F_a = E_{a/\delta} \cdot H \cdot \frac{2 + \kappa_{ef}}{3}. \quad (7)$$

Площу епюри модуля пружності неармованого асфальтобетону в межах активної зони армування за формулою (К.6) [1] знайдемо за умовою, що модуль пружності незмінний по всій товщині активної зони армування, тобто

$$F_u = H \cdot E_{a/\delta}. \quad (8)$$

Коефіцієнт ефективності армування κ_{ef} за модулем пружності за формулою (К.7) [1], який необхідний для перевірки умови перевищення допустимого розрахункового напруження розтягу в армованих асфальтобетонних шарах (за формулою (3.18) [1]), знайдемо з урахуванням (7) і (8):

$$\kappa_{ef}^a = \frac{F_a}{F_u} = \frac{E_{a/\delta} \cdot H \cdot \frac{2 + \kappa_{ef}}{3}}{E_{a/\delta} \cdot H} = \frac{2 + \kappa_{ef}}{3}.$$

І остаточно

$$\kappa_{ef}^a = \frac{2 + \kappa_{ef}}{3}. \quad (9)$$

Таким чином, отримано чотири суттєво спрощені формули, в яких відсутні інтеграли, (7), (5), (8), (9) замість формул (К.3), (К.4), (К.6) і (К.7) [1].

Для ілюстрації значного спрощення розрахунків використано дані прикладу 3 з додатку Л [1]: Л.17 (розрахунок за допустимим пружним прогином пошарово, починаючи із підстильного ґрунту, за допомогою номограм; визначення коефіцієнта міцності за пружним прогином); Л.18 (розрахунок конструкції за умовою зсувостійкості в ґрунті); Л.19 (розрахунок конструкції на опір монолітних шарів руйнуванню від розтягу при згині). Відповідно до пунктів Л.19-в та Л.19-г визначено:

1) розрахункове та допустиме розтягуюче напруження при згині асфальтобетону $\sigma_r = 0,6528$ МПа, $R_p = 0,813$ МПа;

2) відношення $R_p/\sigma_r = 1,25$.

Так як, це відношення менше ніж $K_{\mu}^{номп} = 1,29$, то прийнято рішення армувати нижній асфальтобетонний шар ґратками Armatex і зробити перерахунок відповідно до додатку К. Лінійний модуль пружності армуючого прошарку визначали за формулою (К.2) [1]:

$$E_a = 500 \cdot \left(\frac{R_a}{\varepsilon_p} \right)^{1/3} = 500 \cdot \left(\frac{100}{0,04} \right)^{1/3} = 6786 \text{ МПа.}$$

Лінійний коефіцієнт ефективності армування за залежністю (К.1) [1]:

$$\kappa_{ef} = \left(\frac{(1 - \mu_{a/\delta}) E_a}{(1 - \mu_a) E_{a/\delta}} \right)^{1/2} = \left(\frac{(1 - 0,3) 6786}{(1 - 0,4) 2100} \right)^{1/2} = 1,94.$$



Далі розрахунки в пункті Л.19 виконували за отриманими новими формулами, а результати порівнювали з даними, що наведені у прикладі [1].

У прикладі площу F_a епюри модуля пружності армованого асфальтобетону в межах активної зони армування отримано чисельним інтегруванням із застосуванням формул (К.4) та (К.3): $F_a = 16550$.

Розрахунок за новою формулою (7) з урахуванням нової формули (5) дає таке ж значення:

$$F_a = E_{a/\delta} \cdot H \cdot \frac{2 + K_{ef}}{3} = 2100 \cdot 6 \cdot \frac{2 + 1,94}{3} = 16548.$$

Площу F_n епюри модуля пружності неармованого асфальтобетону в межах активної зони армування в прикладі визначено за формулою (К.6) [1], тобто знову з інтегралом: $F_n = 12600$.

Розрахунок за новою формулою (8) дає таке ж значення:

$$F_n = H \cdot E_{a/\delta} = 6 \cdot 2100 = 12600.$$

У прикладі знайдено коефіцієнт ефективності армування за модулем пружності за формулою (К.7) [1]: $k_{ef}^a = 1,31$.

Теж саме значення дає нова формула (9):

$$k_{ef}^a = \frac{2 + K_{ef}}{3} = \frac{2 + 1,94}{3} = 1,31.$$

Таким чином, результати розрахунків за новими, спрощеними формулами співпадають з оригінальними даними прикладу 3 [1].

Подальші розрахунки виконували, як у прикладі. Модуль пружності армованого асфальтобетонного шару товщиною $h = 10$ см:

$$E_{a/\delta}^a = \frac{k_{ef}^a E_{a/\delta} H + E_{a/\delta} (h - H)}{h} = \frac{1,31 \cdot 2100 \cdot 6 + 2100(10 - 6)}{10} = 2759 \text{ МПа.}$$

При новому значенні модуля пружності нижнього армованого шару асфальтобетону модуль пружності верхнього шару:

$$E_g = \frac{4500 \cdot 5 + 2800 \cdot 6 + 2759 \cdot 10}{21} = 3185 \text{ МПа.}$$

Для відношень

$$\frac{h_g}{D} = \frac{21}{37} = 0,568$$

та

$$\frac{E_g}{E_n} = \frac{3185}{196} = 16,25$$

за номограмою (рисунок 3.6 [1])

$$\bar{\sigma}_r = 1,3 \text{ МПа.}$$

Розрахункове розтягуюче напруження

$$\sigma_r = 1,3 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 0,663 \text{ МПа.}$$

Перевіряють умову за (3.18) [1]:

$$\frac{k_{ef}^a \cdot R_p}{\sigma_r} = \frac{1,31 \cdot 0,813}{0,663} = 1,61$$

що більше, ніж $K_{mic}^{номп} = 1,29$ (таблиця 3.1 [1]).

Робиться висновок, що вибрана армована конструкція відповідає всім критеріям міцності.

Висновки

Для методики розрахунку асфальтобетонних шарів армованих геосинтетичним прошарком, яка є складовою частиною ВБН В.2.3–218–186 [1], запропоновано чотири суттєво спрощені формули (5), (7) – (9), які дозволяють уникнути процесу інтегрування і тим самим розділ 3.8 та додаток К [1] стають більш доступними для дорожніх інженерів.

ЛІТЕРАТУРА

1. ВБН В.2.3–218–186–2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.

199 КМ ТРАСИ КИЇВ–ЧОП ВІДКРИТО

19 жовтня за участю Президента України Віктора Януковича відкрито дорожній рух на відрізу автомобільної дороги М-06 Київ–Чоп загальною протяжністю 199 км.

Церемонія урочистого відкриття відбулася на транспортній розв'язці, розташованій на 322-му кілометрі міжнародної автомобільної дороги Київ–Чоп в Рівненській області.

У своєму вітальному слові Глава держави наголосив на важливості відкриття руху на цій ділянці автодороги Київ–Чоп, яка є складовою міжнародного транспортного коридору Європа–Азія.

Президент України висловив переконання, що робота дорожників, безумовно, працюватиме на позитивний імідж нашої держави. У цьому контексті Віктор Янукович нагадав про підготовку України до прийняття Євро-2012.

Відреконструйовані ділянки автошляху Київ–Чоп у Рівненській і Житомирській областях (173 км та 26 км відповідно), а також транспортні розв'язки на на 322-му та 340 км відносяться до переліку об'єктів підготовки до Євро-2012.

Як повідомив в бліц-інтерв'ю журналістам Голова Державної служби автомобільних доріг Володимир Демішкан "У 2011 році Укравтодор планує відкрити близько 1000 кілометрів доріг".