

20. Кожушко В.П. Розподільна спроможність металевої прольотної будови балкових мостів / В.П. Кожушко // Будівництво України. - 2003.- №5. С. 18-20.
21. Кожушко В.П. Определение внутренних усилий в сборных разрезных плитных пролетных строениях от временных нагрузок / В.П. Кожушко // Вестник ХНАДУ. - Харьков, 2003.- Вып. 20.- С. 109-112.
22. Кожушко В.П. Определение усилий от временных нагрузок в поперечинах автодорожных деревянных мостов / В.П. Кожушко // Науковий вісник буд-ва. - Харків: ХДГУБА.ХОТВ АБУ. 2004. - Вып. 28.- С. 91-97.

УДК 625.8

Павленко Н.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

АНАЛІЗ РОЗРАХУНКУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ЗА УМОВОЮ СТІЙКОСТІ ПРОТИ ЗСУВУ В ҐРУНТІ ПРИ ЗМІНІ ВОЛОГОСТІ ТА УРАХУВАННІ ПАРАМЕТРУ РОЗПОДІЛЬЧОЇ ЗДАТНОСТІ МАТЕРІАЛУ

Вступ

Основним нормативним документом з проектування нежорстких дорожніх одягів є ВБН В.2.3-218-186 2004 Дорожній одяг нежорсткого типу [1]. Необхідно звернути увагу на інструктивний лист УКРАВТО-ДОРУ №2\92-10-671 від 22 березня 2006 року, яким рекомендовано приймати при розрахунках фіксовані значення низки коефіцієнтів. Введення цих поправок дозволяє оптимізувати конструкцію дорожнього одягу за критеріями міцності.

Так як основою методу розрахунку нежорстких дорожніх одягів як Українських, так і Російсько-Білоруських є основні положення ВСН 46-87 робилися порівняльні розрахунки, метою яких було визначити вплив типу ґрунту, вологості ґрунту, відношення модулів покриття і основи, різних поправочних коефіцієнтів та інше на показники міцності [2].

Для додаткового порівняння конструкції розраховували за ліцензованою програмою RADON RU. Брали до уваги той факт, що при однакових рівнях надійності дорожнього одягу коефіцієнти запасу міцності в Українських нормах інші [1,3].

Залишається не до кінця узгоджене питання міцності на зсув піщаних шарів і ґрунтів, це потребує додаткових розрахунків з урахуванням існуючих рекомендацій. Також для розрахункового навантаження 115 кН пружній прогин, в теперішній час, не слід приймати як розрахунковий критерій, а залишити його як параметр

контролю відповідності влаштованого дорожнього одягу проектним параметрам для забезпечення необхідної рівності покриття. Для чого фактичний модуль пружності конструкції повинен бути не менш мінімального допустимого.

Аналіз результатів дослідження та моделювання.

Конструкцію дорожнього одягу приводять до двошарової моделі: перший шар – всі шари дорожнього одягу; другий шар – ґрунт земляного полотна.

При розрахунках міцності на зсув ґрунтів або проміжних шарів дорожнього одягу приймають найбільш небезпечно сполучення фізико-механічних і пружних характеристик матеріалів шарів, які визначають при наступних умовах:

- для ґрунту земляного полотна приймають високу розрахункову вологість, яка залежить від типу місцевості за характером зволоження, дорожньо-кліматичного району, типу нижнього шару дорожнього одягу (щільний шар або пористий);
- для асфальтобетонних шарів покриття приймають розрахункову температуру залежно від дорожньо-кліматичного району за умовами роботи асфальтобетонів.

Розрахунки на зсув можна проводити, як на короткочасну, так і на статичну дію навантаження, приймаючи відповідно короткочасні (динамічні) або статичні модулі пружності. На деформування ґрунту

БУДІВНИЦТВО

суттєво впливає швидкість, частота прикладення навантаження та її вагові параметри. Мінімальний інтервал часу між навантаженнями двоосьових автомобілів, автопоїздів та автомобілів з двома задніми осями змінюється від 2 до 0,005 с. Звідси, склад та інтенсивність руху визначають агресивність дії навантаження.

У номограмі по визначенню активних напружень зсуву використовується величина кута внутрішнього тертя. Розраховуючи конструкцію дорожнього одягу за діючими нормами по ВБН [1] з урахування поправки УНТП приймаємо, що циклічність прикладення навантаження відсутня, рекомендовано у формулах [1,4]:

$$c_N = c \cdot k_{NC}, \quad \varphi_N = \varphi \cdot k_{N\varphi} \quad (1)$$

коефіцієнт k_N приймати рівним 1.

При розрахунках з такими показниками отримуємо для пісків, супісків та для суглинків легких, що зменшення величини C не суттєво вплине на кінцевий ре-

зультат запасу міцності, так як більш суттєво іде зміна в показниках активних напружень зсуву за номограмою. Однак при несприятливих умовах для зв'язних ґрунтів (глина, суглинок важкий), при суттєвому зволоженні в межах 0,8W вплив наявності коефіцієнту k_N досить суттєвий для показника C , в цьому випадку в таких матеріалах кут внутрішнього тертя по природнім умовам дуже малий, тому цей показник зчеплення дасть нам падіння утримуючих напружень аж в 3 рази.

Необхідно проаналізувати результати розрахунків на міцність на зсув в ґрунтовій основі і зробити висновок про їх доцільність у використанні, адже раціональність конструкції дорожнього одягу в межах діючих норм по запасу міцності має бути витримана. Розглянемо розрахунок однієї і тієї самої конструкції, але на різних типах ґрунтової основи при зміні вологості. Типова конструкція [5] наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристики матеріалів конструкції дорожнього одягу

№	Матеріал шару	h шару, см	Розрахунок за					
			пружним прогином, E, МПа	опором зсуву, E, МПа	опором розтягу при згині			
					E, МПа	R _{лаб} , МПа	m	K _{np}
1	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД-60/90	5	3200	1800	4500	9,8	5,5	4,0
2	Асфальтобетон пористий на бітумі БНД-60/90	10	28000	1200	2800	8,0	4,3	8,2
3	Чорний щебінь	10	900	900	900			
4	Щебінь маломіцних порід і відходи каменедроблення, укріплені комплексними в'язучими	20	600	600	600	–	–	–
5	Укріпленний матеріал ґрунт	25	250	250	250	–	–	–

Врахуємо рекомендації УНТП до ВБН, тобто $K_d=1$, k_{NC} і $k_{N\varphi}=1$. Тиск $p=0,8$ МПа. Результати для різних розрахункових схем, різних ґрунтів основи та змінній вологості представимо у вигляді табл. 2.

При аналізі розрахунків для супісчаних ґрунтів отримуємо невеликі

розбіжності по запасу міцності для розрахункових схем. При використанні обох методик розрахунку отримали потрібні запаси міцності. Але використання методики МР дає знижені показники, що дозволить раціонально конструювати. І лише для незв'язних ґрунтів – супісків при збільшенні вологості

розрахунки по МР дали більший запас міцності, адже ці ґрунти і ведуть себе

краще в несприятливих умовах.

Таблиця 2 – Результати розрахунків

Ґрунт	Модуль	Вологість	$\bar{\tau}_H$	T_a	$\bar{\tau}_H$	T_a
Супісок	100	0,62	0,00944	0,0216	0,01372	0,02766
	69	0,75	0,00784	0,0168	0,01204	0,02085
	54	0,85	0,00816	0,0109	0,0105	0,0155
			ВБН+УНТП		МР	
Суглинок легкий	108	0,51	0,0096	0,0474	0,00819	0,0399
	77	0,6	0,00896	0,0299	0,0126	0,0254
	52	0,7	0,00864	0,0188	0,0118	0,01503
	25	0,87	0,00544	0,0091	0,0084	0,0066
			ВБН+УНТП		МР	
Суглинок важкий	49	0,65	0,0084	0,0265	0,01141	0,02167
	38	0,7	0,0078	0,0198	0,0099	0,0145
	21	0,8	0,0064	0,0125	0,0081	0,0079
			ВБН+УНТП		МР	
Ґлина	82	0,5	0,00936	0,0659	0,00875	0,0521
	34	0,65	0,00736	0,0277	0,0098	0,0218
	24	0,7	0,006	0,023	0,0077	0,01
	10	0,8	0,0048	0,0107	0,0049	0,0035
			ВБН+УНТП		МР	

Розрахунки для суглинків і глин мають дещо інші результати і поведінка їх різниться при використанні тих самих схем. Так, по методиці МР [4] при використанні коефіцієнтів K_d та K_N суттєво зменшуються показники зчеплення, а при великому зволоженні, що небезпечно для даного типу ґрунту дуже суттєво падає кут внутрішнього тертя, маємо дуже малі показники запасу міцності. Виділено в таб-

лицях ті параметри, коли активні напруження зсуву в декілька разів перевищують такі ж самі напруження, але при статичному куті внутрішнього тертя. В цьому випадку використання методики ВБН з поправкою УНТП є більш доцільним, а перезволоженні ґрунті не повинні бути використані в розрахункових схемах.

Напруження змінюються у відповідності до наступних залежностей:

$$\sigma_r = c \int_0^\infty \alpha [c(1-cz\alpha)g_1(\alpha) + (cz\alpha - 2)g_2(\alpha)] e^{-cz\alpha} J_0(ar) d\alpha + \frac{1-\nu}{r} \int_0^\infty \left\{ \left[c^2(cz\alpha - 1) + \frac{\nu}{1-\nu}(cz\alpha + 1) \right] g_1(\alpha) - \frac{1}{c} \left[c^2(cz\alpha - 2) + \frac{\nu}{1-\nu} cz\alpha \right] g_2(\alpha) \right\} e^{-cz\alpha} J_1(ar) d\alpha, \quad (1)$$

$$\sigma_z = \int_0^\infty \alpha [(cz\alpha + 1)g_1(\alpha) - czg_2(\alpha)] e^{-cz\alpha} J_0(ar) d\alpha, \quad (2)$$

$$\sigma_\beta = c \int_0^\infty \alpha [c(1-kz\alpha)g_1(\alpha) + (kz\alpha - 2)g_2(\alpha)] e^{-cz\alpha} J_0(ar) d\alpha + (1-\nu) \int_0^\infty \alpha \left\{ \left[c^2(cz\alpha - 1) + \frac{\nu}{1-\nu}(cz\alpha + 1) \right] g_1(\alpha) - \frac{1}{c} \left[c^2(cz\alpha - 2) + \frac{\nu}{1-\nu} cz\alpha \right] g_2(\alpha) \right\} e^{-cz\alpha} \left[J_0(ar) - \frac{I_1(ar)}{ar} \right] d\alpha,$$

$$\tau_{rz} = \int_0^\infty \alpha [c^2 cz\alpha g_1(\alpha) - (cz\alpha - 1)g_2(\alpha)] e^{-cz\alpha} J_1(ar) d\alpha.$$

БУДІВНИЦТВО

У формулу (2) входить параметр розподільчої здатності «с». Його величина впливає на швидкість згасання по глибині нормальних напружень σ_z під центром обтяженої ділянки. При «с» = 1 формули (2) співпадають з рішенням задачі про напружений стан півпростору із суцільного матеріалу. При «с» < 1 згасання напружень сповільнюється. Із літературних експериментальних даних відомо, що напруження в дискретних середовищах зменшуються по глибині в 2 – 3 рази повільніше, ніж у випадку, якщо матеріал монолітний. В рішенні [6] модулі пружності дискретних шарів відрізняється від модулів пружності суцільних шарів. Враховувати цю розбіжність пропонується за допомогою введення в рішення параметра розподільчої здатності матеріалу шару «с».

Запропонована теорія розрахунку конструкцій з незв'язних матеріалів ґрунту-

ється на взаємному зв'язку модулів пружності, напруги та коефіцієнта розподільчої здатності шару. Для цього необхідно розраховані за формулою модулі еквівалентні та кожного окремого шару за результатами проведених експериментів ввести як вихідні дані розрахунку з урахуванням меж прогнозованих значень «с». Значення параметру розподільчої здатності для пісків при зміні вологості та розрахунок напружено-деформованого стану конструкцій дорожнього одягу з урахуванням розподільчої здатності матеріалу наведені у табл. 6, 7.

В результаті отримаємо дійсні величини вертикальних та радіальних напружень по глибині конструкції та значення еквівалентного модуля, який співпадає з розрахованим за виміряним прогином [6,7].

Таблиця 6 – Значення параметру розподільчої здатності піску при зміні вологості.

№	матеріал	Товщина шарів, см	Діаметр штамп, см	Тиск на штамп, МПа	Модулі пружності, МПа	Параметр розподільчої здатності, «с»
1	Пісок Пісок Ґрунтова основа	10 10	10	0,1	$E_{екв}=61$ $E_B=79,4$ $E_{осн}=27$	0,62-0,67
2	Пісок+W Пісок+W Ґрунтова основа	10 10	10	0,1	$E_{екв}=48,29$ $E_B=57,4$ $E_{осн}=27$	0,78-0,91

Таблиця 7 - Значення результатів розрахунку НДС експериментальних моделей

Матеріал шару	Товщина, см	Модуль шару, МПа	Параметр «с»	Еекв, МПа без урахування «с»	Еекв, МПа з урахуванням «с»	Нормальні напруження без урахування «с», МПа	Нормальні напруження з урахуванням «с», МПа
Пісок крупний 0,25 см	10	80	0,94	85	64,2	-0,056	0,0007
Пісок крупний 0,25 см	10					-0,017	0,0008
Суглинок 0,15 см	28	250	1	28		-0,0032	0,00018

Висновок

Таким чином, в результаті запропонованого удосконаленого рішення маємо мо-

жливність для будь-яких конструкцій дорожніх одягів із незв'язних матеріалів встановити дійсне значення вертикальних на-

пружень по глибині і загального еквівалентного модуля пружності з урахуванням параметру розподільчої здатності дискретних матеріалів, що відповідає їх реальній поведінці під навантаженням.

Зі зміною товщини конструкції (в нашому випадку це зміна діаметру штампа) змінюється і розподільча здатність у бік зменшення. Зволоження щебених висівок на 9% від загальної маси дало збільшення сил зчеплення на контакт зерен і в результаті збільшення розподільчої здатності матеріалу конструкції.

Критерієм достовірності проведеного експерименту і адекватності застосування теоретичного рішення є зіставлення виміряного та розрахованого модуля конструкції.

В сильно перезвожених слабо фільтруючих ґрунтах опір повторювальним навантаженням знижується більш інтенсивно, в результаті чого при невеликій інтенсивності руху виникає зсув. При порівнянні зсувових характеристик бачимо, що при збільшеній вологості зменшуються величини зчеплення та кута внутрішнього тертя. При накладанні цих факторів бачимо, що ґрунти з більшим коефіцієнтом фільтрації здатні краще сприймати прикладене навантаження. Це означає, що при інтенсивному русі важких транспортних засобів та підвищеній вологості краще працюють супіщані та піщані шари, а при благоприємних умовах та недозвожених ґрунтах - зв'язні ґрунти - суглинки, глина.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3-218-186 2004 – Офіц. вид – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2004 – 176 с. – (Національний стандарт України).

2. Телтаев Б.Б. Анализ расчетных значений модуля упругости асфальтобетона, Дорожная техника, 10. С.130-137.

3. ДБН В.2.3-4-2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина Проектування. Частина 2 – Будівництво. – [Чинний від 2008-03-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – (Національний стандарт України).

4. М 218-02070915-633:2007 Методика проектування дорожнього одягу з конструкціями різного типу. – Офіц. вид – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2007. – (Нормативний документ Державної служби автомобільних доріг України).

5. Альбом типових конструкцій дорожніх одягів з підвищеною тріщиностійкістю та стійкістю до колієутворення для магістральних доріг з рухом великовантажного транспорту. – Офіц. вид – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2007. (Нормативний документ Державної служби автомобільних доріг України)

6. Павленко Н.В. Напружений і деформований стани дорожніх одягів перехідного типу з дискретних матеріалів / В.М. Ряпухін, В.П. Плевако // Науковий вісник будівництва. – Харків ХДТУБА, 2008. – Випуск 47. – С. 161 – 171.

7. Павленко Н.В. Усовершенствование расчета малосвязных материалов в конструкциях дорожных одежд переходного типа / Н.В. Павленко // Проблемы розвитку міського середовища, Київ НАУ (науково-технічний збірник). – 2012. – Випуск 7. – С. 177 – 180.

«Жилстрой-2» - одно из крупнейших строительных предприятий Харькова, с богатой историей. Архитектурный ансамбль нынешней площади Свободы, киноконцертный зал «Украина», «Дом со шпилем» на пл. Конституции, гостиница «Мир», Институт неотложной хирургии – эти и многие другие здания были построены и стали визитной карточкой Харькова.

Авторские запатентованные технологии «Жилстрой-2» гарантируют максимальные показатели энергосбережения для многоэтажных жилых домов на сегодняшний день. Новейшие методики строительства, профессиональный подход к делу, сплоченная команда – все это позволяет нам строить теплые, современные, экологически чистые и комфортабельные дома для харьковчан.

«Жилстрой-2» является строительной компанией полного производственного цикла - от выбора земельного участка и разработки проекта до полноценной отделки квартир «под ключ».