

УДК 625.72

к.т.н., професор В.М. Ряпухін, Є.В. Дорожко,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВПЛИВ ЖОРСТКОСТІ СУМІЖНИХ ШАРІВ ДОРОЖНЬОЇ КОНСТРУКЦІЇ НА ЕКВІВАЛЕНТНІ НАПРУЖЕННЯ У АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРАХ

Від дії рухомого автомобільного навантаження покриття дорожніх одягів знаходиться у складному напружено-деформованому стані. Проаналізовано напружено-деформований стан. В результаті розрахунку по кожній з моделей отримані графіки і таблиці октаедричних дотичних напружень.

Ключові слова: дорожній одяг, напружено-деформований стан, критерій міцності.

Вступ

Від дії рухомого автомобільного навантаження покриття дорожніх одягів знаходиться у складному напружено-деформованому стані. Це пояснюється тим, що на покриття діє як вертикальне, так і горизонтальне навантаження. Відомо, що для оцінки міцності тіла необхідно визначити внутрішні сили (напруження), що виникають у тілі при дії на нього зовнішнього навантаження. Оцінюючи внутрішні сили, ми можемо говорити про міцність – здатність тіла сприймати зовнішні навантаження, не руйнуючись.

Мета статті

Визначити як впливає жорсткість суміжних шарів дорожньої конструкції на еквівалентні напруження при дії вертикального навантаження і комплексного навантаження.

Вирішення задачі

При дії на покриття колеса автомобіля в наслідок наявності вертикального і горизонтального зусиль загальний вектор навантаження буде направлений під кутом до поверхні тіла (шар покриття). Слід чекати, що різні компоненти тензору напружень (головні і дотичні напруження) будуть змінюватися не пропорційно [1,2]. Вибрані критерії міцності в різних точках шару асфальтобетону будуть мати різні значення, тому необхідно встановити місце (перетини, площини), де умови міцності будуть найбільш незадовільні.

Для ідеально пластичних матеріалів які мають однакові міцнісні характеристики на розтяг і стиск справедлива теорія міцності Кулона. Але асфальтобетон не є ідеально пластичним матеріалом і має різні показники міцності на розтяг і стиск. Для такого класу матеріалів приймемо теорію

міцності Писаренко – Лебедева, яка базується на енергетичній теорії міцності і теорії найбільших дотичних напружень [2].

Узагальнений критерій міцності запропоновано у вигляді інваріантних по відношенню до напруженого стану функцій дотичних напружень і максимального нормального напруження:

$$\frac{3}{\sqrt{2}} \cdot \chi \cdot \tau_{окт} + (1 - \chi) \sigma_1 \leq |\sigma_+| \text{ (або } |\sigma_-|) \quad (1)$$

де $\tau_{окт}$ - октаедричне дотичне напруження, визначається залежністю (2);

σ_1 - максимальне нормальне напруження;

$|\sigma_-|$ - гранична міцність матеріалу на простий стиск;

$|\sigma_+|$ - гранична міцність матеріалу на простий розтяг;

$\chi = \frac{\sigma_+}{\sigma_-}$ - відношення міцності матеріалу на простий розтяг і стиск.

$$\tau_{окт} = \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \quad (2)$$

де $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - головні напруження.

Ліва частина рівняння (1) є показником еквівалентних напружень по критерію міцності. Згідно з [3] при дії лише вертикального навантаження та при дії вертикального навантаження і горизонтальної сили, на осі штамп знаходиться зона стиску з максимальними еквівалентними напруженнями. На відстані 22,08 см від осі штамп знаходиться зона розтягу з максимальними еквівалентними напруженнями. Тому для аналізу впливу жорсткості суміжних шарів дорожньої конструкції на еквівалентні напруження у асфальтобетонних шарах достатньо проаналізувати лише ці два перетини.

Були визначені октаедричні дотичні напруження методом кінцевих елементів у програмі ANSYS [1,5]. У програму задається модель (пакет шарів асфальтобетону на основі). Квaziстатичне навантаження гр. А1 терміном до 600 с ($D=36,8$ см, $P=0,7$ Мпа) прикладається через круглий штамп, що імітує колесо автомобіля. В результаті розрахунку по кожній з моделей отримані числові значення октаедричних дотичних (σ_m) напружень на наступних площинах: О – на поверхні моделі, А – на глибині 2,5 см, В – на глибині 5,0 см, С – на глибині 7,5 см, D – на глибині 10,0 см, Е – на глибині 12,5 см та F – на глибині 22,5 см.

Для аналізу впливу жорсткості суміжних шарів, необхідно визначити відносний модуль пружності (\bar{E}), який визначається як відношення модуля шару (E_i) до умовного еквівалентного підстилаючого напівпростору ($E_{заг}$). У прийнятих конструкціях дорожнього одягу для кожного шару асфальтобетона згідно з типом асфальтобетона призначається модуль пружності. При практичних розрахунках багатошарову дорожню конструкцію приводимо до двошарової розрахункової моделі. При розрахунках за нижній шар

розрахункової моделі приймається умовний напівпростір, еквівалентний всім шарам дорожньої конструкції, що підстилають досліджуваний шар. Еквівалентний (загальний) модуль умовного напівпростіру визначають розрахунком «знизу-верх» згідно пп 3.4.4 і номограми (рис. 3.3) ВБН В.2.3-218-186-2004 [5]. Верхньому шару розрахункової моделі умовно присвоюють міцнісні характеристики проміжного шару, товщина дорівнює загальній товщині всіх вище розташованих шарів, включаючи досліджувальний шар. Модуль пружності верхнього шару моделі розраховують, як середньозважене значення за формулою 3.11 згідно з [5].

$$E_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \cdot h_i}{\sum h_i} \quad (3)$$

де E_i, h_i – модуль пружності і товщини шарів.

Опрацювавши отримані дані можна зробити інтерполяцію та підрахувати значення октаедричних дотичних (σ_m) для $h/D = 0,1 \dots 1,0$ та $\bar{E} = 1,0 \dots 6,0$ на осі штампів і відстані 22,08 см від осі.

Таблиця 2

Розрахункові таблиці октаедричних дотичних напружень (σ_m)

$\bar{E}=1,0$											
$X, \text{ см}$	h/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
22,08	σ_m	0,195	0,273	0,318	0,331	0,277	0,224	0,214	0,188	0,110	0,085
0	σ_m	0,256	0,392	0,446	0,437	0,399	0,361	0,346	0,327	0,290	0,275
$\bar{E}=2,0$											
$X, \text{ см}$	h/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
22,08	σ_m	0,270	0,335	0,340	0,300	0,260	0,220	0,210	0,205	0,205	0,200
0	σ_m	0,160	0,310	0,430	0,435	0,425	0,390	0,340	0,310	0,290	0,280
$\bar{E}=3,0$											
$X, \text{ см}$	h/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
22,08	σ_m	0,300	0,370	0,360	0,320	0,260	0,230	0,260	0,260	0,255	0,250
0	σ_m	0,150	0,290	0,400	0,455	0,460	0,415	0,400	0,370	0,340	0,320
$\bar{E}=4,0$											
$X, \text{ см}$	h/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
22,08	σ_m	0,345	0,400	0,400	0,365	0,295	0,230	0,260	0,280	0,260	0,240
0	σ_m	0,090	0,230	0,380	0,440	0,460	0,440	0,410	0,365	0,320	0,260

$\bar{E}=5,0$											
$X, \text{ см}$	h/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
22,08	σ_m	0,380	0,420	0,420	0,370	0,280	0,240	0,270	0,285	0,280	0,260
0	σ_m	0,080	0,230	0,380	0,450	0,465	0,460	0,420	0,360	0,290	0,210

$\bar{E}=6,0$											
$X, \text{ см}$	h/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
22,08	σ_m	0,420	0,425	0,435	0,400	0,340	0,250	0,260	0,280	0,280	0,270
0	σ_m	0,075	0,260	0,390	0,470	0,500	0,470	0,440	0,340	0,240	0,150

За даними таблиці 2 будуємо графік залежності $\sigma_{екв}$ від \bar{E} для різних значень h/D , при вертикальному навантаженні на відстані 22,08 м від осі штампу.

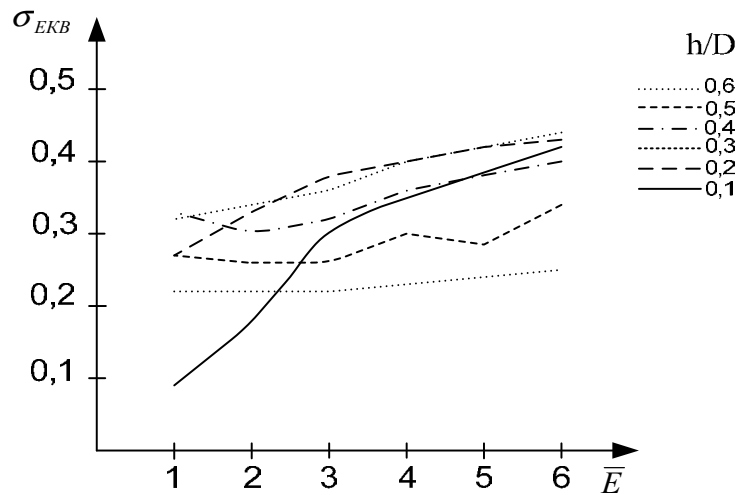


Рис. 1. Залежність $\sigma_{екв}$ від \bar{E} для різних значень h/D , при вертикальному навантаженні

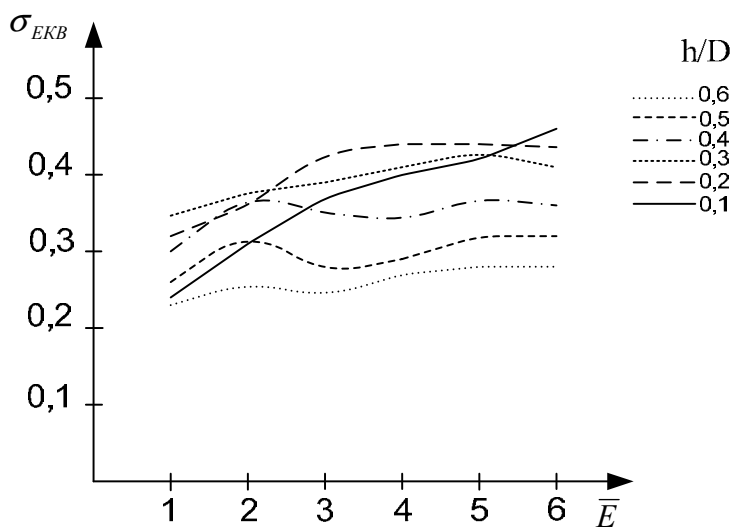


Рис. 2. Залежність $\sigma_{екв}$ від \bar{E} для різних значень h/D , при комплексному навантаженні

Оскільки в реальних умовах дорожній одяг сприймає не лише вертикальне навантаження, а і горизонтальне, то аналогічні розрахунки робляться при комплексному навантаженні (рисунок 2). Горизонтальна сила прикладалась у розмірі 5, 10, 35 і 40 кН.

Висновок

З аналізу рисунка (1) можна зробити висновок, що на відстані 22,08 см від осі штампа, при зменшенні модуля пружності основи значно збільшуються еквівалентні напруження по всій глибині конструкції. Тому для зменшення напружень не можна допускати влаштування основи зі значно меншим модулем пружності основи, ніж покриття. При комплексному навантаженні (рисунок 2) на відстані 22,08 см від осі штампу залежність $\sigma_{екв}$ від \bar{E} для різних значень h/D така сама, як і для вертикального навантаження.

Література

1. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С.Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев.– К.: Наукова думка, 1988. – 736 с.
2. Писаренко Г.С. Опір матеріалів: Підручник/ Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.
3. Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів: матеріали міжнар. наук.-техн. конф., 28-29 жовт. 2010 р. М-во освіти і науки України. – Х: ХНАДУ, 2010. – С.44-49.
4. Компьютерное моделирование и расчет на прочность деталей автомобиля; учеб пособие / [А.Н. Туренко, В.А. Богомолов, А.С. Степченко и др.]. –Х.: ХНАДУ, 2003. – 336 с.
5. ВБН В.2.3-218-186-2004 «Дорожній одяг нежорсткого типу».

Аннотация

От действия подвижной автомобильной нагрузки покрытие дорожных одежд находится в сложном напряженно-деформированном состоянии. Проанализировано напряженно-деформированное состояние. В результате расчета по каждой из моделей получены графики и таблицы октаэдрических касательных напряжений.

Ключевые слова: дорожная одежда, напряженно деформированное состояние, критерий прочности.

Annotation

A vehicle impacts road dressing causing its complex stress deformed state. The stress-deformed state is analysed. The calculation results for all the models are presented in the diagrams and tables for the octahedron-form tangent stress.

Keywords: road clothes, tensely deformed state, criterion of durability.