

УДК 624

Я.Ф. Андрусик, Г.Г. Бігун, В.П. Ляшенко

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра АША

ПРО ОЦІНКУ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ПРОТИ ХВИЛЕУТВОРЕННЯ

© Андрусик Я.Ф., Бігун Г.Г., Ляшенко В.П., 2002

Запропоновано залежність та наведено приклад оцінки несучої здатності асфальтобетонного покриття проти хвилеутворення, з урахуванням зусиль зсуву і стиску у тонкому шарі та температури.

Відомо, що розрахунки на міцність дорожнього одягу базуються на висновках теорії пружності при визначенні напружено-деформованого стану шаруватого підпростору, на поверхню якого діє осесиметричне навантаження. В той же час міцність і довговічність покриття типу асфальтобетон під час експлуатації залежить від численних чинників, що змінюють умови роботи конструктивних елементів автомобільних доріг. До таких впливів належить температурно-силова дія в літній період, коли спостерігається підвищена пластичність асфальтобетонного покриття. Тому для оцінки стійкості дорожнього одягу на пластичне течіння виникає необхідність використовувати методи і визначаючі співвідношення математичної теорії пластичності.

Дана робота є першою спробою таких досліджень, спрямованих на більш різносторонню оцінку роботи дорожнього покриття. Отримані результати можуть бути використані при визначенні несучої здатності шару асфальтобетону на пластичне течіння в літній період на ділянках інтенсивного гальмування автомобілів або руху по схилу.

1. Деформації асфальтобетону при стискаючих навантаженнях

Характер деформування циліндричного зразка асфальтобетону при стиску показаний на рис. 1 [1]. Коли напруження на діаграмі досягають певної величини, точка А, (границі текучості матеріалу σ_s), то виникають пластичні деформації. Якщо напруження менше від границі текучості (точка В на діаграмі стиску), то матеріал zdeформований пружно, а якщо більше (точка С) – пружно-пластично.

Якщо для пружно-пластично деформованого зразка навантаження зменшувати, то крива розвантаження СД взагалі близька до прямої лінії; остання має такий же нахил, як і лінія пружної ділянки; величина залишкової (пластичної) деформації вимірюється відрізком ОД. На вигляд кривої деформування асфальтобетону впливає температура. Із збільшенням температури границя текучості зменшується, а характер діаграми стиску набуває вигляду такого, як для ідеально пластичного матеріалу (рис. 1). Дослідження показують, що асфальтобетон стає ідеально пластичним при температурах $t_2 \approx 50$ °С.

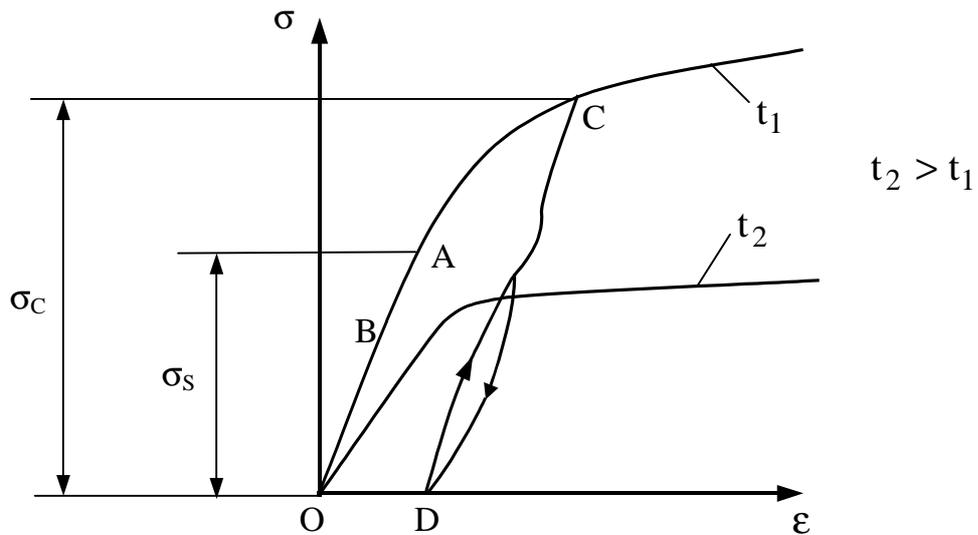


Рис. 1. Характеристики деформування
циліндричного зразка асфальтобетону при стиску

Верхній шар асфальтобетону, що знаходиться між колесами автомобіля і основою дорожнього одягу, можна розглядати таким, який підлягає навантаженню в умовах плоскої деформації.

2. Задача Прандтля

Для визначення напружено-деформованого стану шару асфальтобетону під колесами автомобіля розглянемо задачу Прандтля про стиск пластичного шару між паралельними жорсткими плитами (рис. 2).

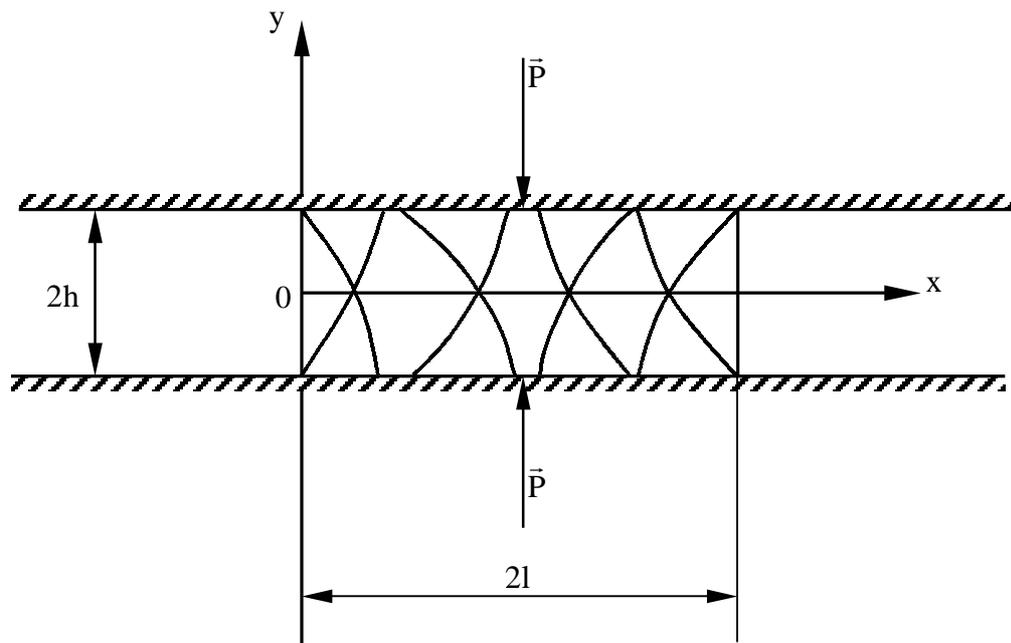


Рис. 2. Напрямно-деформований стан при стиску пластичного шару

Представимо шар завтовшки $2h$ і завширшки $2l$, (коли $l > h$) стиснутий між двома жорсткими і шорсткими плитами силою \bar{P} .

Допустимо, що плити настільки шорсткі, що інтенсивність сил тертя на площинах контакту дорівнює максимально можливому напруженню тертя, тобто границі текучості при зсуві $\tau_{\max} = \tau_s$. Матеріал шару є ідеальним пластичним тілом, яке знаходиться в умовах плоскої деформації. Осі координат x, y , відносно яких відбувається переміщення частинок тіла, вибираємо з початком в середині лівого торця шару (рис. 2).

Якщо середовище між плитами знаходиться в стані ідеальної пластичності, то пластичний шар видавлюється в сторони і тече від середини до країв по лініях ковзання (рис. 2). Лінії ковзання – лінії, що дотикаються всіма своїми точками площадок максимальних дотичних напружень. Коли відбувається пластичне деформування, то ці дотичні напруження досягають максимального значення τ_s .

Використовуючи цю умову текучості разом з рівнянням рівноваги, Прандтль вперше отримав їх розв'язок, який визначає напружений стан шару матеріалу між плитами [2]. Не приводячи виразів за визначенням всіх компонент тензора напружень, запишемо рівняння закону зміни тиску на контактній поверхні [2]:

$$\sigma_{yy} = -\tau_s \left(\frac{\pi}{2} + \frac{x}{h} \right). \quad (1)$$

Граничне значення зусилля P , яке приводить в пластичний стан шар між плитами, знаходиться простим підрахунком:

$$P = 2 \int_0^l |\sigma_{yy}| dx = \tau_s l \left(\pi + \frac{l}{h} \right). \quad (2)$$

3. Зсув і стиск тонкого шару

Суттєвий вплив на пластичне розповзання шару виявляє наявність зусилля \bar{Q} , що зсуває плити (рис. 3).

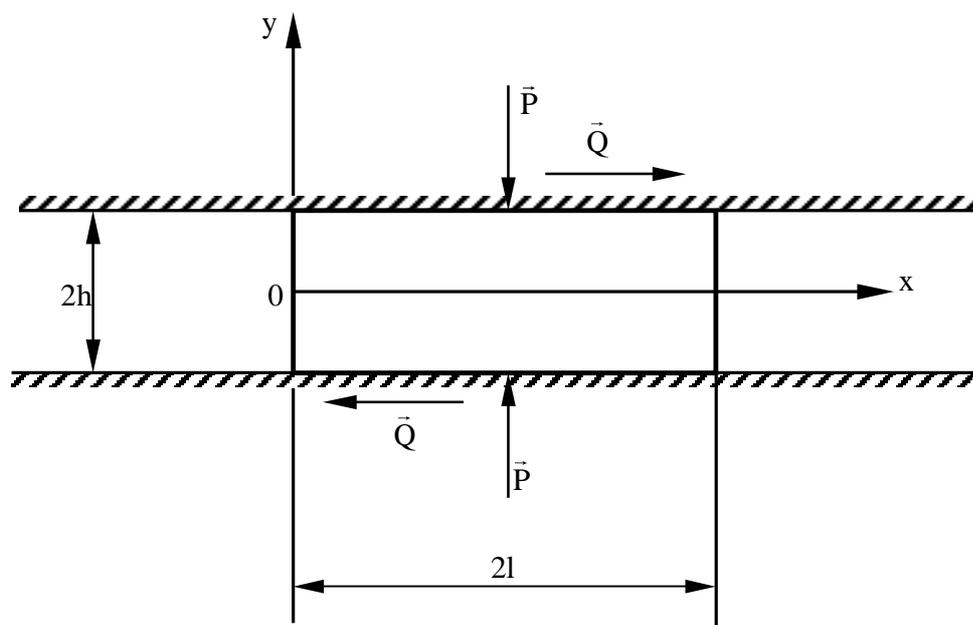


Рис. 3. Розрахункова схема тонкого шару

Не зупиняючись на знаходженні напруженого стану шару матеріалу при такому навантаженні, запишемо отриману [3] умову граничної рівноваги:

$$\left(1 - \frac{Q}{2\tau_s l}\right) \left[\frac{P}{\tau_s l} - \left(1 - \frac{Q}{2\tau_s l}\right) \frac{l}{h} \right] = \frac{\pi}{2} + 2 \left(1 - \frac{Q}{\tau_s l}\right) \sqrt{\frac{Q}{2\tau_s l} \left(1 - \frac{Q}{2\tau_s l}\right)} - \arcsin\left(\frac{Q}{\tau_s l} - 1\right). \quad (3)$$

Аналіз цієї формули показує, що прикладання до стискаючого навантаження зсуваючої сили значно зменшує несучу здатність шару.

4. Оцінка несучої здатності шару асфальтобетону на пластичне течіння

Використаємо формули (2) і (3) для оцінки несучої здатності шару асфальтобетонного покриття при різних температурних і силових умовах. Схема передачі зусиль від колеса на дорожнє покриття при вільному і гальмівному режимі руху колеса показана на рис. 4.

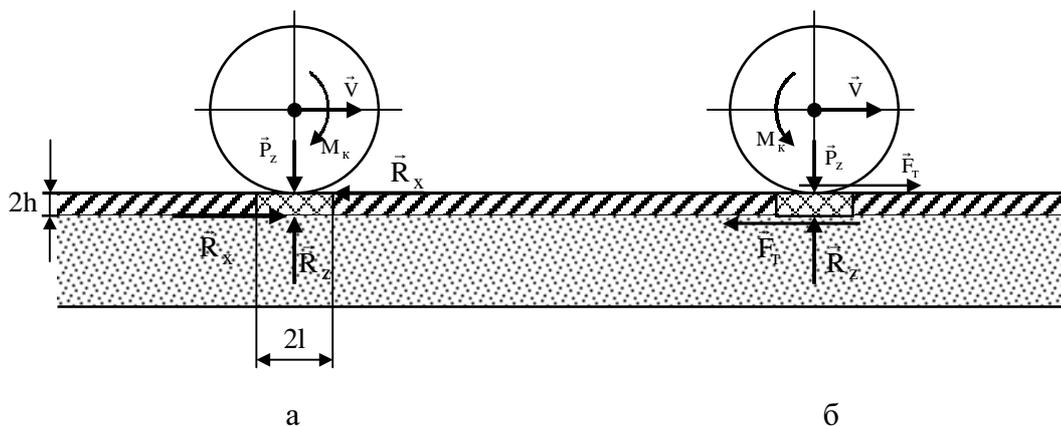


Рис. 4. Схема передачі зусиль від колеса на дорожнє покриття

Для важких автомобілів з навантаженням на дорогу від колеса $P_z = 7,5 \cdot 10^4$ Н, довжина опорної площадки дорівнює: $2l = 300$ мм [4]. Розрахована на міцність еквівалентна товщина шару асфальтобетону, який забезпечує проїзд очікуваного потоку автомобілів, становить: $2h = 120$ мм. Для такого покриття використовується асфальтобетон, у якого $\sigma_s = 1,6$ МПа при $t = 20$ °С [1]. Прийmemo, що в режимі гальмування колеса, коефіцієнт зчеплення шини з поверхнею $\phi = 0,8$ [4].

При вільному режимі кочення колеса (рис. 4, а) можна знехтувати зсуваючою силою R_x порівняно з P_z . Знайдемо граничне значення навантаження на дорогу $[P_{z \text{ гр}}]_{t_1}$, при $t_1 = 20$ °С, яке забезпечує стійкість шару асфальтобетону на пластичне течіння. Оскільки, згідно з теорією пластичності $\tau_s = \frac{\sigma_s}{2} = 0,8 \cdot 10^6$ Па, то на основі формули (2) отримаємо:

$$[P_{z \text{ гр}}]_{t_1} = 6,77 \cdot 10^5 \text{ Н.}$$

Очевидно, що при цій температурі і такому режимі руху колеса забезпечується несуча здатність шару на пластичне течіння $[P_{z \text{ гр}}]_{t_1} > P_z$.

Аналогічно зробимо підрахунки при температурі $t_2 = 50$ °С. Оскільки при цій температурі $\tau_s = 0,23$ МПа, [1], то згідно з (2) знайдемо $[P_{z \text{ гр}}]_{t_2} = 1,9 \cdot 10^5$ Н.

Отже, несуча здатність шару при цій температурі також забезпечена $[P_{z\text{гр}}]_{t_2} > P_z$.

Тепер перевіримо стійкість шару асфальтобетону на пластичне течіння на основі рівняння (3) для гальмівного режиму руху колеса (рис. 4, б). Враховуючи, що гальмівна сила $F_T = P_z \cdot \phi = Q = 6,0 \cdot 10^4 \text{ Н}$, при температурі $t = 20^\circ\text{C}$ маємо:

$$[P_{z\text{гр}}^\phi]_{t_1} = 6,3 \cdot 10^5 \text{ Н}, \quad [P_{z\text{гр}}^\phi]_{t_1} > P_z.$$

Як видно з результату підрахунків, в цьому випадку несуча здатність шару забезпечена. Відповідно при температурі $t_2 = 50^\circ\text{C}$, знаходимо

$$[P_{z\text{гр}}^\phi]_{t_2} = 7,5 \cdot 10^4 \text{ Н}, \quad [P_{z\text{гр}}^\phi]_{t_2} = P_z.$$

Тобто при t_2 навантаження на дорожнє полотно від колеса автомобіля досягло свого граничного значення. Тому верхній шар асфальтобетону знаходиться на межі несучої здатності на пластичне течіння. Це означає, що в літній період на тій ділянці дороги, де відбувається інтенсивне гальмування автомобілів або рух по схилу, може виникати пластичне течіння верхнього шару асфальтобетону. В результаті цього відбувається поступове нагромадження незворотної деформації видовження, яка приводить до появи хвиль на асфальтобетонному покритті. Отже, умова граничної рівноваги (3) дає змогу провести оцінку несучої здатності покриття проти хвилеутворення.

Тому для підвищення довговічності дорожнього одягу на деяких ділянках дороги необхідно проектувати асфальтобетон з врахуванням можливої втрати несучої здатності на пластичне течіння.

1. Грушко И.М., Королев К.В., Борщ И.М., Мищенко Г.М. *Дорожно-строительные материалы*. – М., 1991. – 357 с. 2. Малинин Н.Н. *Прикладная теория пластичности и ползучести*. – М., 1975. – 400 с. 3. Качанов Л.М. *Основы теории пластичности*. – М., 1969. – 420 с. 4. Смирнов Г.А. *Теория движения колесных машин*. – М., 1990. – 352 с.