

ПРО ОЦІНКУ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ПРОТИ ХВИЛЕУТВОРЕННЯ

Бігун Г.Г.
Андрусик Я.Ф.

Національний університет „Львівська політехніка”

Вступ

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 покриттів типу асфальтобетону в процесі експлуатації залежить від дії багаточисленних факторів, що змінюють умови роботи конструктивних елементів автомобільних доріг. До таких впливів відноситься 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 визначальні співвідношення математичної теорії пластичності.

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

1. Деформації асфальтобетону при стискальних навантаженнях

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

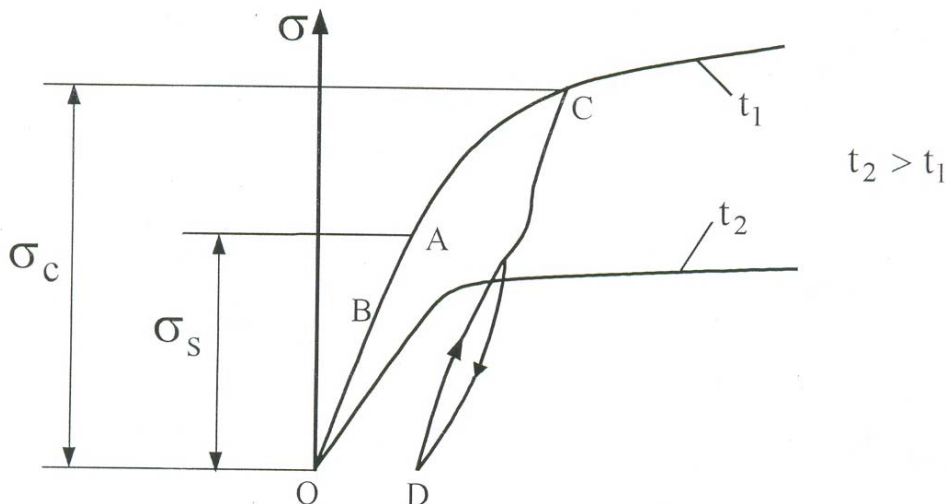


Рис. 1. Деформування циклічного зразка асфальтобетону при стиску

Якщо для пружньо-пластично деформованого зразка навантаження зменшувати, то крива розвантаження CD взагалі близька до прямої лінії; остання має такий же нахил, як і лінія пружньої ділянки; величина залишкової (пластичної) деформації вимірюється відрізком OD. На вид 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 близько 50°C.

Верхній шар асфальтобетону, що знаходиться між колесами автомобіля і основою дорожнього одягу, можна розглядати таким, який піддано 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 жорсткими плитами (рис. 2).

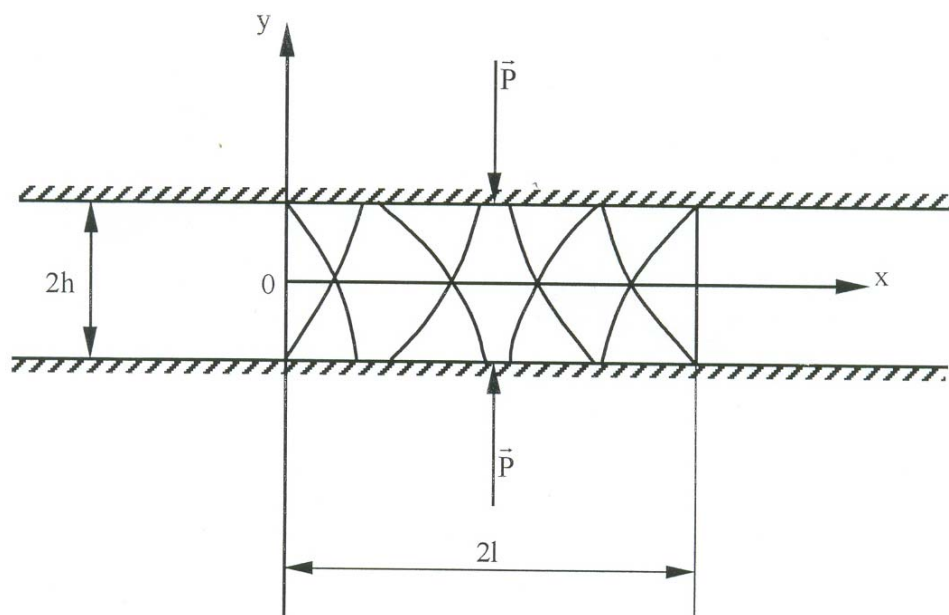


Рис. 2. Стиск пластичного шару між паралельними жорсткими плитами

Представимо шар товщиною $2h$ шириною $2l$, (коли $l > h$), стиснутий між двома жорсткими і шорсткими плитами силою P .

Допустимо, що плити настільки шорсткі, що інтенсивність сил тертя на площинах контакту рівна максимально можливому напруженню тертя, тобто границі текучості при зсуві $\tau_{\max} = \tau_s$. Матеріал шару представляє собою ідеально пластичне тіло, 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 йде процес пластичного деформування, ці дотичні напруження досягають максимального значення t_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 по визначенню 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:

$$P = 2 \int_0^1 \sigma_{yy} dx = \tau_s l \left(\pi + \frac{1}{h} \right). \quad (2)$$

3. Зсув і стиск тонкого шару

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

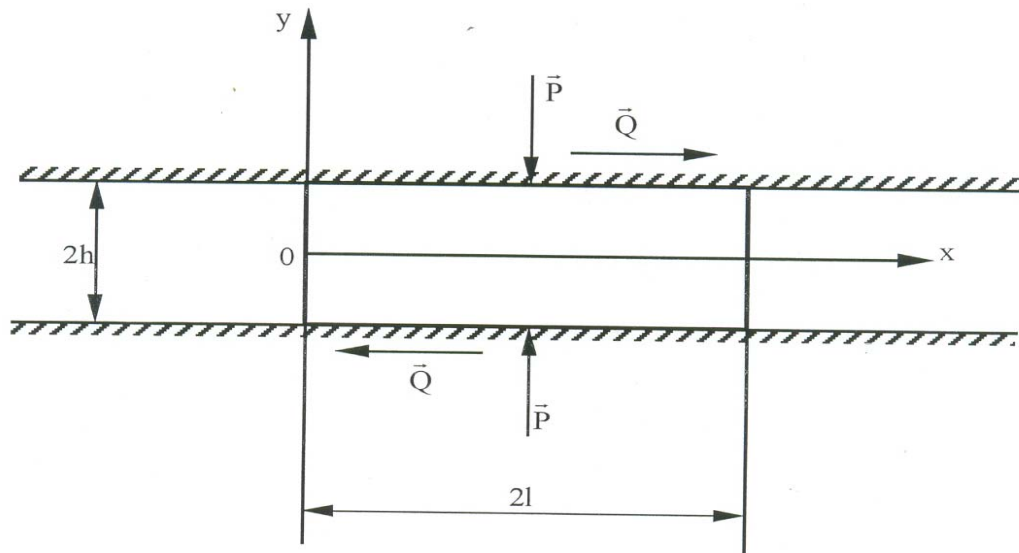


Рис. 3. Зсув плити

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

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

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

4. Оцінка несучої здатності шару асфальтобетону на пластичне течіння

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

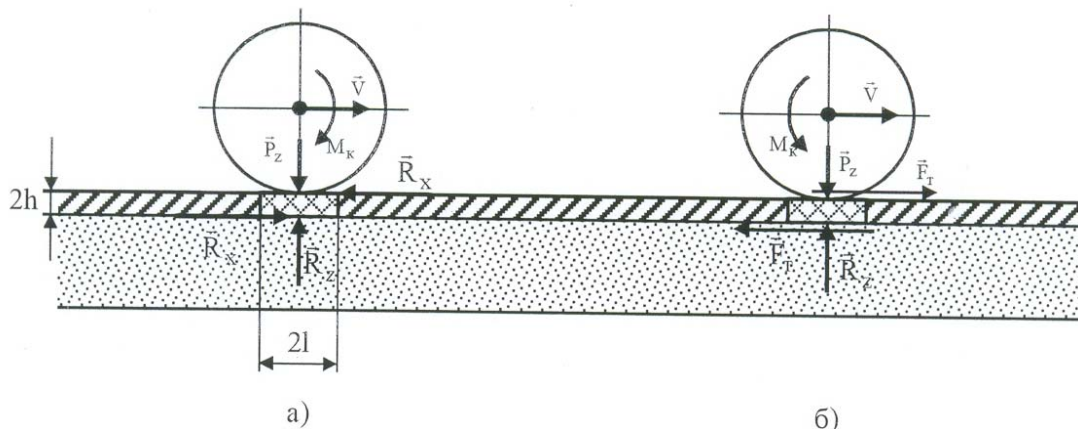


Рис. 4. Схема передачі зусиль від колеса на дорожнє покриття

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

При вільному режимі кочення колеса рис. 4.а, можна знехтувати величиною зсувної сили R_x в порівнянні з P_z . Знайдемо граничне значення навантаження на дорогу $[P_{zz}]_{t_1}$ при $t_1 = 20^\circ\text{C}$, яке забезпечує стійкість шару асфальтобетону на пластичне течіння. Оскільки, згідно теорії пластичності $\tau_s = \frac{\sigma_s}{2} = 0,8 \cdot 10^6 \text{ Па}$, то на основі формули (2) отримуємо $[P_{zz}]_{t_1} = 6,77 \cdot 10^5 \text{ Н}$.

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

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

Отже, несна здатність шару при цій температурі також забезпечена $[P_{zz}]_{t_2} > P_z$.

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

$$\left[P^{\varphi}_{zzz} \right]_{t_1} = 6,3 \cdot 10^5 \text{ Н}, \left[P^{\varphi}_{zzz} \right]_{t_1} \succ P_z.$$

Як видно з результату підрахунків, в цьому випадку несна здатність шару забезпечена.

Відповідно при температурі $t_2 = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$, знаходимо

$$\left[P^{\varphi}_{zzz} \right]_{t_2} = 7,5 \cdot 10^5 \text{ Н}, \left[P^{\varphi}_{zzz} \right]_{t_2} \succ P_z$$

Тобто при t_2 навантаження на дорожнє полотно від колеса автомобіля досягло свого граничного значення.

Висновок

Верхній шар асфальтобетону знаходиться на межі несної 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 незворотньої деформації видовження, яка приводить до появи хвиль на асфальтобетонному покритті. Отже, умова граничної рівноваги (3) дозволяє провести оцінку несної здатності покриття проти хвилеутворення.

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

Література

1. Грушко И.М., Королев К.В., Борщ И.М., Мищенко Г.М. Дорожно-строительные материалы, М., «Транспорт», 1991 г., 357 с.
2. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести, М., «Машиностроение», 1975 г., 400 с.
3. Качалов Л.М. Основы теории пластичности. Изд. «Наука», Москва, 1969 г., 420 с.
4. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин, М., «Машиностроение», 1990 г., 352 с.