

ВИЗНАЧЕННЯ КОРОТКОЧАСНОЇ І ДОВГОТРИВАЛОЇ МІЦНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ ЯК ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ

Запропоновано схеми навантаження для визначення короткочасної і довготривалої міцності асфальтобетону, а також метод визначення межі текучості асфальтобетону як термопластичного матеріалу. Встановлені терміни дії кожного рівня навантаження для отримання значення довготривалої міцності та проаналізована дія короткочасного навантаження.

Ключові слова: рівні навантаження, короткочасна міцність асфальтобетону, довготривала міцність асфальтобетону, межа текучості.

В умовах зростання інтенсивності руху і вагових параметрів транспортних засобів дорожній одяг став відчувати на собі значно інтенсивніший вплив дорожньо-кліматичних і транспортних факторів. В наслідок цього спостерігаються більш інтенсивні деформації покриття нежорстких дорожніх одягів. Це свідчить про те, що традиційні асфальтобетони не здатні протидіяти агресивному впливу транспортного навантаження і кліматичних факторів. Виникає необхідність у розробці нових асфальтобетонних сумішей і перевірці їх здатності опиратися транспортному і кліматичному навантаженню на підставі сучасних підходів до теорії напружено-деформованого стану і теорії міцності асфальтобетону, як термопластичного матеріалу.

Для визначення короткочасної і довготривалої міцності асфальтобетону потрібно встановити фактичний і експериментальний режими навантаження на дорожній одяг.

На дорожній одяг навантаження передається від пневматичного колеса автомобіля. На найважчий розрахунковий автомобіль прийняті наступні характеристики: навантаження на колесо – $Q = 57,5$ кН, розрахунковий діаметр відбитка колеса – $D = 36,8$ (≈ 37 см), тиск – $P = 0,7$ МПа. Розрахункова тривалість навантаження динамічне – $t_p = 0,1$ с, статичне навантаження – 600 секунд [1].

Якщо зі статичним навантаженням ситуація зрозуміла, то динамічне навантаження 0,1 с потребує додаткового дослідження. При розрахунковому відбитку колеса діаметром 0,37 м час дії навантаження 0,1 секунди відповідає швидкості руху 14 км/год. Це нереальна швидкість руху. З цього виходить, що термін дії навантаження 0,1 с є середній час для дорожньої конструкції в цілому.

Для верхніх шарів покриття термін дії навантаження можна визначити, виходячи з наступних міркувань:

– швидкість руху на перегонах дороги для вантажних автомобілів у потоці можна прийняти в діапазоні 60 – 80 км/год;

– фактично відбиток колеса має еліптичну форму з площею, рівною площі розрахункового навантаження ($S = \pi D^2/4 = 1075 \text{ см}^2$)

Діаметр рівновеликого по площі круга на $\approx 20\%$ більше малої вісі еліпса ($2b$) і тоді $2b=23\text{см}$, а $2a = 46\text{см}$.

При швидкості 60км/год час дії навантаження на поверхні складає 0,03с. Для важких вантажних автомобілів в несприятливих умовах (підйоми, криві малого радіуса) швидкість може зменшитися до 40 км/год. Тоді час дії навантаження збільшиться до 0,04с.

Таким чином, для верхнього шару покриття, де слід очікувати максимальних зсуваючих напружень, час дії навантаження буде в межах 0,03 - 0,05 секунди. Для двовісних автомобілів база між передніми і задніми колесами 4,5 – 5м. Повторність навантаження буде через $t_n \approx 0,3 - 0,5$ сек. При відстані між осями заднього двовісного візка $\approx 1,4$ м, повторність навантаження $t_n = 0,09$ с. Таким чином можна констатувати, що:

1. навантаження від колеса автомобіля прикладається без динамічного удару дуже швидко і на короткий термін 0,3 – 0,5 с;

2. повторність навантаження між передніми і задніми осями 0,03 – 0,05 с між осями заднього двовісного візка $t_n = 0,09$ с;

3. схема навантаження всіма осями тривісних автомобілів наступна:

1) (0,03...0,05) с – навантаження передньої вісі;

2) $\approx 0,4$ с – розвантаження;

3) $\approx 0,03$ с – навантаження (першої задньої вісі);

4) $\approx 0,9$ с – розвантаження;

5) 0,03 с – навантаження (другої задньої вісі).

Загальний час дії навантаження від найбільш навантаженого двовісного заднього візка буде складати 0,15 с.

Аналізуючи напружено-деформований стан дорожньої конструкції при дії автомобільного колеса слід звернути увагу перш за все на інтенсивність зростання абсолютної величини складових тензора напружень по товщині шарів покриття. Якщо прийняти виведений час навантаження для двовісного навантаженого у трьовісних автомобілів $t = 0,15$ с, то на поверхні покриття тиск $P = 0,6(0,7)$ МПа. Інтенсивність росту тиску складає (4,0 - 4,7) МПа/с.

При стандартних іспитах на стиск швидкість деформування 3мм/хв. [2]. Для міцності на стиск при випробуванні зразків асфальтобетону типу Г одержані такі дані:

$R_{cm} = 1,8$ МПа, час деформування $t = 80$ с, швидкість зростання тиску $R_{cm} = 0,022$ МПа/с. При швидкості деформування 50мм/хв. швидкість зростання тиску (навантаження) $R_{cm} = 0,4$ МПа/с, час деформування – $t = 5$ с.

При випробуваннях на розрив було отримано:

Міцність на розрив $R_p = 0,1$ МПа, швидкість навантаження $V_p = 5$ кг/с час на розрив $t = 7$ с, швидкість $V_{розр} = 0,014$ МПа/с.

На крутіння по даним В.О.Золотарьова та Г.Р.Фоменко [3, 4] швидкість навантаження $4,08$ кг/хв.,

$\tau_0 = 0,18 - 0,2$ МПа швидкість зростання зсуваючих напруг $V_{кр} = 0,0014$ МПа/с.

За даними А.О. Іноземцева [5] двадцятисекундна міцність:

на стиск $R_{ст} = 1,65$ МПа $V_{ст} = 0,080$ МПа/с.

на розтяг $R_p = 0,20$ МПа $V_{роз} = 0,010$ МПа/с.

на крутіння $\sigma_{кр} = 0,35$ МПа $V_{кр} = 0,017$ МПа/с.

Відношення: $R_{ст} : R_p : \sigma_{кр} : 1 \div \frac{1}{8} \div \frac{1}{4,7}$

Як бачимо:

– практично при лабораторних випробуваннях досягнути інтенсивності навантаження такі, що є при завантаженні колесом неможливо;

– для кожного виду напружень в дорожній конструкції – вертикальні, горизонтальні (радіальні), дотичні – спостерігається різна інтенсивність навантаження.

Таким чином, при одному и тому ж терміну дії навантаження по складовим тензора напружень інтенсивність навантаження різна. Проводити експерименти з однаковою інтенсивністю навантаження по різним видам випробувань недоцільно, т. я. це не відповідає умовам напружено-деформованого стану асфальтобетону в конструкції. Загальним є час навантаження. На нього треба орієнтуватися таким чином, щоб при визначенні міцності на стиск, на розтяг та крутіння інтенсивність навантаження були такими, щоб їх відношення були близькими до умов інтенсивності навантаження колесом автомобіля.

Аналіз літературних даних випробувань асфальтобетонів на стиск, на розтяг та крутіння з різною швидкістю навантаження [3;4;5;6] дозволяє визначити, що можна прийняти двадцятисекундну міцність асфальтобетону, такою що в певній мірі відповідає умовам реального навантаження.

При реальному навантаженні

$$V_z : V_x(R) : V_\tau = 1 \div \frac{1}{5,3} \div \frac{1}{3,8}$$

При двадцяти секундному випробуванні на міцність

$$V_{ст} : V_{роз} : V_{кр} = 1 \div \frac{1}{8} \div \frac{1}{4,7}$$

Міцність асфальтобетонів характеризується межею міцності на стиск

R_{cm}. Дослідження міцності проводились при різних схемах навантаження. Випробування зразків асфальтобетону при «миттєвому» навантаженні було виконано на важільному пресі з термокамерою. Температура випробувань + 50 °С. Електронні індикатори реєстрували деформацію 4 рази на секунду. Тобто через 0,25 с. Навантаження передавалось ступенями 0,05 МПа і деформації вимірювались до їх стабілізації. Запис даних проводився за допомогою власної програми DIGICO на ЕОМ.

В перші 0– 0,25 с модуль загальної деформації відповідає модулю пружності асфальтобетону при короткочасному навантаженні, а далі в зв'язку з різними схемами випробувань довготривалий модуль відрізняється від статичного модуля пружності при температурі + 50 °С. На що перш за все слід звернути увагу: криві повзучості при температурі + 20 °С і + 50 °С мають однаковий характер:

- на протязі 2 – 3 хвилин деформації стабілізуються;
- при певних напруженнях в часі деформації не зростають – це довготривала міцність;
- при більших навантаженнях спостерігають тимчасову міцність від 5 до 30 – 40 хвилин. Після чого починається в'язко – пластична текучість і руйнування зразка;
- довготривала міцність на час більше години спостерігається при навантаженні при стиску $\approx 0,3 - 0,2$ МПа тобто (0,2...0,21) від *R_{cm}*. Такі ж дані наводить також А.М. Богуславський та А.О. Іноземцев.

По їх даним [5, 7] при температурі + 50 °С довготривала міцність складає $\sigma = 0,2R_{cm}$. Для температури + 20 °С це ставить 0,3 МПа.

Для в'язко – пружньо – пластичного стану матеріалу за граничні пружньо– в'язкі напруження приймаємо межу текучості (σ_m). Згідно з теорією деформованого твердого тіла межа текучості поділяє на два стана матеріалу і пружний і пластичний на кривій напруження – деформації. Різні автори по-різному визначають яким чином визначити точку (σ_m) на епюрі $\sigma \rightarrow \epsilon$.

Найбільш поширеним є метод Джонсона [8]. За цим методом точка (σ_m) визначається в тому місці на кривій $\sigma \rightarrow f(\epsilon)$ де кут дотичної на 50% менше первісного куту нахилу кривої.

На графіку згідно рис.1 Р – межа текучості з значенням граничного напруження σ_Y , точка, яка розподіляє криву напруження – деформація на пружну і пружньо– в'язко – пластичну область, J – межа текучості Джонсона (нахил кривої 50% від первинного вигляду), ϵ^P – залишкова пластична деформація у точці С, де напруження дорівнює 0, ϵ^E – відновлена пружна деформація, яка відповідає точці В.

В дослідженні нами прийнята межа текучості за Джонсоном [8].

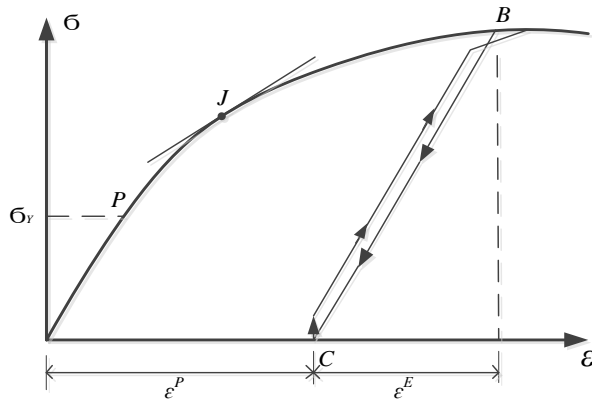


Рис.1 – Межа текучості за Джонсоном

Згідно з цим, по експериментальним значенням деформації у часі при фіксованому рівні напруження (σ_i) для окремих моментів напружено-деформованого стану можна зробити зрізи (0,25с; 0,5 с; 0,75с; 1 с; 2с; 10с) і побудувати експериментальні криві та визначити межу текучості σ_m , були отримані такі дані межі текучості в залежності від терміну дії навантаження:

| | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| T, c | 0,15 | 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 2,00 | 5,00 |
| $\sigma_m, МПа$ | 0,78 | 0,70 | 0,62 | 0,60 | 0,56 | 0,53 | 0,51 |

Математична обробка залежності σ_T від часу показала, що наведені дані з надійністю рівною 0,99 описуються експоненціальною залежністю, тому ці дані – закономірні.

Розрахункова межа текучості при короткочасному навантаженні 0,15 с складає 0,78 МПа (0,44 R_{cm}). Розрахункова межа текучості при довготривалому навантаженні складає 0,53 МПа (0,30 R_{cm}).

Значення розрахункової межі текучості зменшується в залежності від терміну дії навантаження.

Список використаних джерел

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. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань: ДСТУ Б.В.2.7-89-99 – Офіц.вид. – К.: Держбуд України, 2000. – 48 с. - (Національний стандарт України).
3. Золотарев В.А. Исследование свойств асфальтобетонов различной макроструктуры.: диссертация на соискание ученой степени к.т.н./ Золотарев Виктор Александрович. – Харьков (ХАДИ), 1967 – 250 с.
4. Фоменко Г.Р. Исследование текстурно-механических свойств

асфальтобетонів на битумах різної в'язкості.: дисертація на соискание ученої степені к.т.н. / Фоменко Галина Романівна. – Харків(ХАДИ),1980. – 217 с.

5. Іноземцев О.А. Бітумно-мінеральні матеріали./ Іноземцев О.А. - Ленінград: Стройіздат, 1972 – 151 с.
6. Горельшев Н.В. О пластичності дорожнього асфальтобетона./ Горельшев Н.В., Пантелеев Ф.И. // Труды МАДИ, 1953, вып.15. – М.: Дориздат. – с. 138 –152.
7. Богуславський А.М. Основи реології асфальтобетона. / Богуславський А.М., Богуславський Л.А - М.: Высшая школа, 1972 – 199 с.
8. Мейз Дж. Теорія і задачі механіки сплошних серед/ Мейз Дж. – М.: Мир, 1974. –318 с.

Аннотація

Предложено схеми навантаження для визначення кратковременної і довговременної міцності асфальтобетона, а також метод визначення границі текучості асфальтобетона як термопластичного матеріала. Встановлено час дії кожного рівня навантаження для визначення значення довговременної міцності і проаналізовано дію кратковременного навантаження.

Ключеві слова:рівня навантаження, кратковременна міцність асфальтобетона, довговременна міцність асфальтобетона, границя текучості.

Annotation

Loading schemes for determination of short-term and long-term asphalt concrete strength are proposed and also a method of definition limit flow of asphalt concrete as thermoplastic material. Action time of each loading level for determination of long-term strength value is established and short-term loading action is analyzed.

Key words: loading level, short-term asphalt concrete strength, long-term asphalt concrete strength, limit flow.