УДК 625.7/8

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ВТОМИ ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ЗРАЗКІВ ВІД ДІЇ ЦИКЛІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Возний С.П., *аспірант кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії*

Національний транспортний університет (НТУ)

Вступ

За останні роки збільшився об'єм перевезень і підвищилась вантажопідйомність автотранспортних засобів, що призвело до того, що на термін служби дорожнього одягу разом з кліматичними умовами істотно почала впливати дія автотранспортних засобів. Втома матеріалів під дією повторних навантажень стала основною причиною виникнення тріщин та руйнування при згині в цементобетонних покриттях. При проектуванні дорожнього одягу необхідний запас міцності цементобетону на повторність дії навантаження повинен призначатися залежно від інтенсивності руху, складу транспортного потоку, його розподілу по ширині проїзної частини, терміну служби дороги і від здатності матеріала чинити опір руйнуванню від втоми (остання властивість визначається при випробуваннях на втому зразків матеріалів в лабораторних умовах при контрольованій амплітуді напруження або деформацій) [1, 2]. Вплив повторності дії навантаження від транспортних засобів при розрахунку жорстких дорожніх одягів враховується шляхом введення в розрахунок характеристик втоми цементобетонну. Визначення коефіцієнта міцності цементобетонну при розрахунку дорожнього одягу за критерієм граничного стану розтягу при згині виконується згідно з [2-4]. Коефіцієнт утомленості бетону при повторному навантаженні згідно [3] необхідно визначати за формулою:

$$K_y = 1{,}08 \cdot N_p^m , \qquad (1)$$

де K_y – коефіцієнт утомленості бетону; N_P - кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу; m - показник втоми цементобетону, що дорівнює 0,063.

Розрахункову міцність на розтягування при згині бетону визначають за формулою:

$$R_i^{розр} = B_{tb} \cdot K_M \cdot K_y , \qquad (2)$$

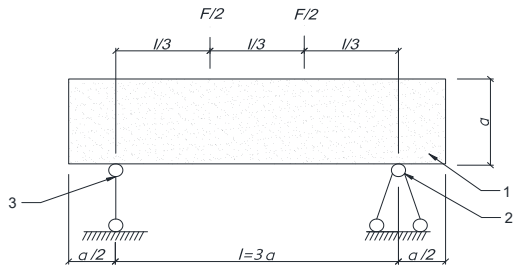
де B_{tb} – клас бетону за міцністю на розтягування при згині; K_M - коефіцієнт набору міцності: для бетону природнього твердіння при температурах повітря понад +10ºС K_M=1,2; для бетону природнього твердіння при температурах повітря нижче +10ºС і при зимовому бетонуванні K_M=1.

Розрахунок цементобетонних покриттів проводять шляхом перевірки міцності покриття за формулою:

$$K_{мц} < R_i^{розр} / \delta_{pt} , \quad (3)$$

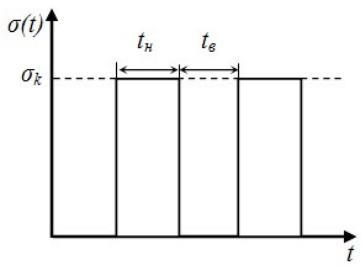
де $K_{мц}$ - коефіцієнт міцності, що визначається залежно від категорії дороги [3]; $R_i^{розр}$ - розрахункова міцність бетону на розтягування при згині; δ_{pt} - напруження розтягування при згині, що виникають у бетонному покритті від дії навантаження, з урахуванням перепаду температури по товщині плити.

Випробування на втому цементобетонних балочок полягає у моделюванні дії розтягуючих горизонтальних нормальних напружень, що виникають при згині монолітних шарів від дії колеса транспортних засобів. Випробування монолітних балочок-призм на втому здійснюють у режимі контрольованих горизонтальних напружень σ_k. Для випробування дорожнього цементобетону на втому випробують зразки відповідно до схеми (згідно з ГОСТ 10180), що наведено на рис.1. Зразок встановлюють на опори (рухому та нерухому), прикладають циклічне навантаження і фіксують кількість циклів дії навантаження до руйнування. Схема послідовності прикладання навантаження за один цикл на зразок під час випробування наведена на рисунку 2.



1 – зразок; 2 – шарнірна нерухома опора;
3 – шарнірна рухома опора;
а – висота зразка; l – відстань між опорами;
F – навантаження

Рисунок 1 – Схема прикладання навантаження на зразок при випробуванні на втому



$t_н$ - час дії навантаження (0,1 с);

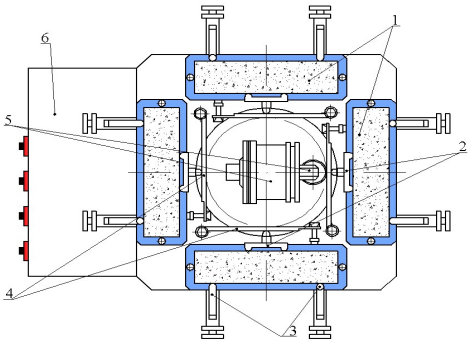
t_B - час відпочинку (1с)

Рисунок 2 – Схема послідовності навантаження за один цикл на зразок під час випробування

Випробування на втому проводять при базових умовах з подальшою побудовою графічної залежності *lgN=f(lgσ$_k$)*. Для цього послідовно проводять випробування зразків при трьох – чотирьох рівнях напруження, які приймають в межах: 0,3 $R_{лаб}$ – 0,6 $R_{лаб}$, де $R_{лаб}$ - лабораторне значення границі міцності на розтяг при вигині за одноразового прикладання навантаження, МПа, яке здійснюють згідно з ГОСТ 10180.

Випробування на втому цементобетонних зразків, проводять за температури (20±2) ºС. За результатами випробувань визначають показник втоми (m) за наступною методикою, що наведено нижче.

Прилад для випробування цементобетонних зразків-призм на втому наведено на рис. 3.



1 – зразок; 2 – пристрій, що передає навантаження на зразок; 3 – опори (рухома і нерухома); 4 – важелі передачі навантаження; 5 – система циклічного навантаження;
6 – пульт управління з датчиками кількості циклів прикладання навантаження до руйнування зразків

Рисунок 3 – Прилад для випробування цементобетонних зразків-призм на втому (вигляд зверху)

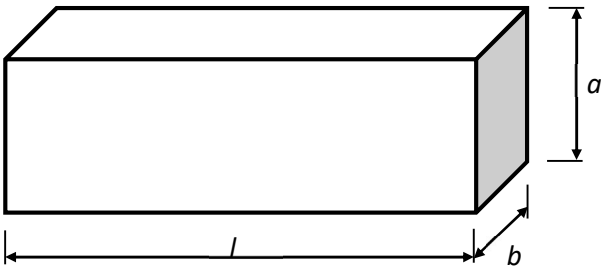
Можуть бути застосовані інші засоби вимірювальної техніки, випробувального та допоміжного обладнання з метрологічними і технічними характеристиками не нижчими, ніж зазначені у цьому стандарті.

Правила готування до випробування

Зразки-призми відповідних розмірів (40×40×160) мм; (100×100×400) мм; (150×150×600) мм в залежності від максимальної крупності зерен наповнювача монолітних матеріалів (згідно з ГОСТ 10180) готують одним із способів:

- шляхом вирізання із шарів існуючої конструкції дорожнього одягу;
- шляхом формування у формах відповідних розмірів із цементобетонної суміші (згідно з ГОСТ 10180);

Вироблені балочки починають випробовувати на 28 добу.



l – довжина; *b* – ширина; *a* – висота

Рисунок 4 – Схема зразка-призми цементобетону

Рисунок 5 – Виготовлені цементобетонні балочки

Методика та правила проведення випробування

Встановлюють тиск у системі навантаження, який відповідає одному із рівнів напружень – $0{,}3\,R_{лаб}$, або $0{,}6\,R_{лаб}$. Встановлюють зразки на опори довгою гранню, що при бетонуванні балочок в формах були вертикальними. Прикладають до зразків пристрої з передачі навантаження. Шляхом переміщення опор за допомогою регулювальних гвинтів усувають зазори і люфти між зразками, опорами, пристроями для передачі навантаження на зразок та важелями передачі навантаження. Перевіряють наявність контакту між цементобетонними балочками та датчиками кількості циклів прикладання навантаження до руйнування зразків за допомогою індикаторів на пульті управління. Вмикають прилад та приводять у дію систему циклічного навантаження. В результаті руйнування одного із зразків спрацьовує датчик реєстрації кількості циклів прикладання навантаження до руйнування, який вимикає систему навантаження приладу. У журнал випробувань записують зафіксоване число циклів, що витримав зразок до руйнування. Для продовження випробувань інших зразків, що не зруйнувалися, вмикають систему циклічного навантаження за допомогою відповідної кнопки на пульті управління. Фіксують кількість циклів навантажень в момент руйнування наступного зразка. Повторюють дії до моменту руйнування останнього зразка. Встановлюють тиск у системі навантаження, який відповідає наступним рівням напружень.

Обробка результатів

Для кожного рівня напружень встановлюють необхідну кількість зразків *n*, яку необхідно випробувати на втому, при встановленні кількості циклів до руйнування для даного виду цементобетонних зразків-призм. При цьому виходять із допустимого рівня надійності в залежності від класу бетону та категорії автомобільної дороги, що проектується (визначається згідно [2-4]), встановлюючи кількість зразків *n*.

Випробують по чотири зразки для кожного рівня напруження згідно до вимог цього стандарту.

За результатами випробувань визначають середньоарифметичне значення десяткового логарифму кількості циклів до руйнування зразків – призм для кожного рівня навантаження.

$$\lg \overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lg N_i}{n}; \qquad (4)$$

де $\lg \overline{N}$ – десятковий логарифм середньоарифметичного значення результатів вимірювань; lgN_i – десятковий логарифм значення кожного окремого вимірювання; n – кількість вимірювань ($n=4$).

Визначають середньоквадратичне відхилення величин, що вимірюються, від середньоарифметичного значення:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\lg N_i - \lg \overline{N})}{n-1}} \qquad (5)$$

Визначають середньоквадратичне відхилення середньоарифметичного значення:

$$S_0 = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (6)$$

Визначають мінімальну кількість зразків:

$$n_{\min} = \frac{S^2 \cdot t^2}{S_0}, \quad (7)$$

де t – коефіцієнт Стьюдента, що приймається за табл.1.

Таблиця 1 – Коефіцієнти Стьюдента

Кількість результатів n	Значення t_c при P			
	0,95	0,98	0,99	0,999
4	3,18	4,54	5,84	12,94

Правила оформлювання результатів

На основі експериментальних випробувань будують графічну залежність (криву втоми) $lgN=f(lg\sigma_k)$.

Показник втоми (m) для випробуваного монолітного матеріалу визначають після апроксимації кривої втоми за рівняннями:

$$\sigma = a - m \lg N, \quad (6)$$

$$m = tg\ \alpha, \quad (7)$$

де – α кут між віссю абсцис та кривою втоми.

Отримані результати порівнюють з узагальненими даними різних авторів по випробуванням цементобетону на втому при постійній амплітуді напружень або відносної деформації з різним часом дії навантаження [5].

Висновки

Запропоновано метод, у якому наводяться послідовність виготовлення цементобетонних зразків-призм відповідних розмірів та методика послідовності визначення показника втоми і обробка результатів його визначення для дорожнього цементобетону. Для визначення коефіцієнта міцності цементобетону при розрахунку дорожнього одягу за критерієм граничного стану розтягу при згині повинна бути забезпечена умова [3]. Показник втоми застосовується у коефіцієнті (1), який враховує повторність навантажень на цементобетонне дорожнє покриття згідно [3].

Література

1. Радовський Б.С. Теоретичні основи конструювання і розрахунку нежорстких дорожніх одягів на вплив рухомих навантажень. Дис. … док. тех. наук. Киев. 1982 – С. 508.
2. ВСН 197-83 Инструкция по проектированию жестких дорожных одежд.
3. ВБН В.2.3-218-008-97 Проектування і будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів.
4. СОУ 45.2-00018112-058:2010 Монолітні дорожньо-будівельні матеріали. Метод випробування на втому
5. Onyshchenko A. M., Voznyi S. P. Method for determining the fatigue indicator for monolithic road-building materials. International Scientific and Practical Conference “WORLD SCIENCE”. № 5(21), Vol.1, May 2017. С. 35.