

4 с. 2. Ониськів Б.М., Гнатюк О.Т., Мазепа О.М., Ванік М.Й. Застосування буронабивних мікропаль з поширеною п'ятою при реконструкції будинків в умовах суцільної забудови // Вісн. Одеської держ. акад. буд. та арх. – Одеса, 2004. – Вип. № 16. – С. 171–181. 3. ДСТУ Б В. 2.1-1-95 (ГОСТ 5686-94). Грунти. Методи польових випробувань палями. 4. СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты. 5. Ободовский А.А. Проектирование свайных фундаментов. – М.: Стройиздат, 1986.

УДК 625.841

І.Ю. Думич, Н.О. Балаян

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автомобільних шляхів

ВИТРИВАЛІСТЬ БЕТОННИХ ДОРОЖНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВАХ РІЗНОЇ ЖОРСТКОСТІ

© Думич І.Ю., Балаян Н.О., 2007

Наведено результати експериментального дослідження витривалості моделей бетонних дорожніх покриттів на різних основах за дії повторних динамічних навантажень. Складено графіки кривих витривалості на неукріплених і укріплених цементом основах за різних співвідношень товщин плити покриття і основи.

The experimental study of concrete road plate reliability on the different basements and oscillation loading was described. The reliability diagrams for not stabilized and stabilized by cement soils at different thicknesses of plates and subgrade supports were completed.

Вступ. Постановка проблеми. В натурних умовах цементобетонні покриття автомобільних доріг працюють під дією багатократно повторних навантажень від транспортних засобів. Повторність навантажень має істотний вплив на роботоздатність і термін служби жорстких дорожніх одягів.

Врахування повторності дії навантажень під час розрахунку жорстких дорожніх і аеродромних покриттів розглядають роботи Московського автодорожнього інституту, а врахування сумісної дії транспортних і температурних напружень – методика колишнього СоюздорНДІ [1]. Особливо об'ємні експериментальні натурні дослідження з питань повторності дії розрахункових автомобільних навантажень були проведені в США за програмою американської асоціації співробітників дорожньої організації (AASHO [2]). Прямі експерименти AASHO підтвердили той факт, що розвиток руйнування дорожніх одягів жорсткого типу насамперед визначається повторністю дії розрахункових автомобільних навантажень.

Багатократні навантаження спричиняють явища втомлюваності в матеріалах дорожніх конструкцій. Цементобетонні покриття як плити на пружній основі працюють переважно тільки на згин, а тому під витривалістю бетону покриттів розумітимемо його властивість руйнуватися від дії повторних напружень, що менші за абсолютною величиною від границі міцності бетону на розтяг при згині ($R_{зг.}$). Чим більші за абсолютною величиною повторні напруження будуть виникати в покритті, тим менше циклів навантажень необхідно для руйнування покриття (появи тріщини в найбільш напруженому перерізі). Щоб підвищити витривалість бетону дорожніх покриттів, тобто його здатність чинити тривалий опір повторним навантаженням, необхідно конструктивно зменшувати величину циклічних напружень в покриттях. Одним із варіантів підвищення витривалості бетонних покриттів є влаштування основ із матеріалів, укріплених цементом.

Основні положення розрахунку витривалості цементобетонних покриттів розроблені з використанням результатів досліджень руйнування бетону залежно від різних чинників на стандартних лабораторних зразках – призмах і балочках [3]. В натурних умовах робота плити дорожнього

бетонного покриття істотно відрізняється від умов випробування лабораторних зразків. У досліджуваній на згин балочці за прикладення циклічних повторних навантажень згинальний момент залежить тільки від відділі між опорами і величини навантаження, тобто упродовж всього випробування підтримується одинаковий рівень напружень $\left(\frac{\sigma}{R_{3z}}\right)$, де σ – величина максимальних

циклічних напружень, а R_{3z} – границя міцності бетону на розтяг при згині. У плитах на пружній основі величина згинального моменту залежить не тільки від величини навантаження, а й від жорсткості дорожнього одягу загалом, тобто від жорсткості покриття і основи. Жорсткість покриття визначається модулем пружності бетону і товщиною плити покриття. До оцінки жорсткості основи можна підійти по-різному, залежно від того, чи являє собою основа плиту із укріплених цементом матеріалів, чи просто це є незв'язний матеріал. У разі влаштування основ із матеріалів, укріплених цементом, загальна жорсткість дорожнього одягу зростає, що веде до деякого зростання згинальних моментів за однакових навантажень. Загальний згинальний момент розподіляється пропорційно до жорсткостей плит покриття і основи, і за рахунок того, що частину моменту сприймає плита основи, напруження в плитах покриттів нижчі, ніж на укріплених основах.

Крім того, на неукріплених основах спостерігається зростання початкового рівня напружень за рахунок накопичення залишкових деформацій в основах, що призводить до зниження витривалості бетонних покриттів. Зниження витривалості бетонних покриттів можливе і за наявності основ із матеріалів, укріплених цементом, якщо плити покриття і основи нерівно напружені. Умова рівнонапруженості плит покриття і основи має такий вигляд:

$$H_o = \frac{H_n \cdot E_n \cdot R_o}{E_o \cdot R_{3z}}, \quad (1)$$

де H_o і H_n – відповідно товщини плит основи із матеріалу, укріпленого цементом, і цементобетонного покриття, см; E_o і E_n – відповідно модулі пружності матеріалів плит основи і покриття, МПа; R_o і R_{3z} – відповідно границі міцності на розтяг при згині матеріалів основи і покриття, МПа.

Для вивчення впливу основ на витривалість бетонних дорожніх покриттів в лабораторії кафедри автомобільних шляхів Національного університету “Львівська політехніка” була змодельована ділянка бетонного покриття завдовжки 6 м із шести монолітних плит в М 1:3. Розмір однієї плити в плані (1×2) м, дві середні плити постійно випробовувались, змінювалась товщина плит покриття і конструкція основи. Всього було випробувано 9 різних конструкцій монолітних цементобетонних покриттів: плити завтовшки 5,7 і 9 см на ґрунтових основах, на основах із піскоцементу завтовшки 5 і 10 см. Плити покриттів були виконані із важкого бетону класу В 20 з міцністю на розтяг при згині 3,5–4,0 МПа, а плити основ із піскоцементу (пісок дрібний + 9 % портландцементу М 400) – з міцністю на розтяг при згині 1,0–1,2 МПа.

Для створення повторних динамічних навантажень була запроєктована віброустановка із зусиллям на два штампи, віддаль між якими становила 60 см, 23–35 кН. Навантаження прикладали на дві середні плити через два штампи, що моделюють задню вісь розрахункового автомобіля. Найбільш напруженими в плиті покриття є середина вільного краю, середина защемленого краю і центр плити. У цих точках виставлялись тензорезистори для фіксації моменту появи тріщини, а також вібродатчики для визначення динамічних прогинів плити. Напруження в цих точках визначались за формулами як для плит на пружній основі, так і для контролю за кривизною перерізів. Основними параметрами, що фіксувались за цих випробувань, були рівні напружень $\left(\frac{\sigma}{R_{3z}}\right)$ в різних точках плити і відповідна для них кількість циклів навантажень від початку випробування до утворення тріщини у цьому перерізі (N).

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз експериментальних результатів випробувань дев'яти типів покриттів на різних основах показує, що за показниками витривалості їх можна

розділити на три групи. До першої групи належать покриття на ґрунтових основах, що мають найнижчу витривалість. До другої групи належать покриття на піскоцементних основах, в яких відношення товщин плит покриття і основи становить 1,5–1,8 або 0,5–0,7. Їх витривалість дещо вища, ніж в покриттів першої групи. І найбільшу витривалість за однакових рівнів напружень показали покриття на піскоцементних основах, в яких відношення товщин плит покриття та основи становить 0,8–1,2 (третья група покриттів).

Зниження витривалості першої і другої груп покриттів за однакових рівнів напружень пояснюється ростом залишкових деформацій основ для першої групи і нерівномірним напруженням плит покриттів і основ – для другої групи. Поява першої тріщини в найбільш напруженому перерізі (середина вільного краю плити) по-різному впливає на подальший напружено-деформівний стан покриття залежно від групи покриттів. Так, для третьої групи покриттів цей вплив практично незмінний: прогини і динамічна кривизна залишаються незмінними зі збільшенням кількості циклів навантажень. Для другої групи покриттів спостерігається значно більша швидкість розвитку тріщини із-за неоднакової напруженості плит покриття та основи. А для першої групи (відсутність укріплених цементом основ) характерний лавиноподібний розвиток тріщини із-за різкого росту рівня напружень в зруйнованому перерізі. Результати випробувань моделей плит на витривалість наведено в таблиці.

Результати випробування моделей цементобетонних плит на різних основах

| № з/п | Товщина покриття і основи Н _п +Н _о | Циклічне навантаження на два штамп-пи, кН | Середина вільного краю | | Центр плити | | Середина защемленого краю | |
|-------|--|---|----------------------------------|---|----------------------------------|---|----------------------------------|---|
| | | | рівень напружень $\sigma/R_{зг}$ | кількість циклів до початку появи тріщини N | рівень напружень $\sigma/R_{зг}$ | кількість циклів до початку появи тріщини N | рівень напружень $\sigma/R_{зг}$ | кількість циклів до початку появи тріщини N |
| 1 | 5+0 | 23 | 1,14 | 15 | 0,39 | 66000 | 0,62 | 11000 |
| | 5+0 | 15 | 0,79 | 1020 | 0,27 | – | 0,45 | 50000 |
| 2 | 7+0 | 23 | 0,68 | 1230 | 0,33 | – | 0,58 | 9000 |
| | 7+0 | 35 | 1,10 | 16 | 0,52 | 20000 | 0,75 | 1500 |
| 3 | 9+0 | 23 | 0,50 | 126000 | 0,22 | – | 0,31 | – |
| | 9+0 | 35 | 0,75 | 1600 | 0,34 | – | 0,47 | 830000 |
| 4 | 5+5 | 23 | 0,78 | 34000 | 0,27 | – | 0,42 | 1500000 |
| | 5+5 | 35 | 1,05 | 800 | 0,37 | – | 0,61 | 200000 |
| 5 | 7+5 | 23 | 0,49 | 800000 | 0,23 | – | 0,39 | – |
| | 7+5 | 35 | 0,70 | 28000 | 0,35 | – | 0,42 | 1300000 |
| 6 | 9+5 | 23 | 0,44 | 2000000 | 0,15 | – | 0,25 | – |
| | 9+5 | 35 | 0,65 | 41000 | 0,22 | – | 0,36 | – |
| 7 | 5+10 | 23 | 0,59 | 60000 | 0,25 | – | 0,39 | – |
| | 5+10 | 35 | 0,84 | 4000 | 0,37 | – | 0,58 | 10000 |
| 8 | 7+10 | 23 | 0,46 | 1000000 | 0,19 | – | 0,35 | – |
| | 7+10 | 35 | 0,69 | 50000 | 0,28 | – | 0,52 | 40000 |
| 9 | 9+10 | 23 | 0,26 | – | 0,13 | – | 0,20 | – |
| | 9+10 | 35 | 0,37 | – | 0,19 | – | 0,28 | – |

Примітка. Прочерки в таблиці означають, що тріщини у вказаних перерізах після прикладення 2000000 циклів не з'явилися.

Використовуючи експериментальні результати (таблиця) і метод найменших квадратів, отримуємо такі рівняння кривих витривалості для трьох типів покриттів:

– перша група покриттів

$$K = \frac{\sigma}{R_{зг}} = 1,36 - 0,195 \lg N ; \quad (2)$$

– друга група покриттів

$$K = \frac{\sigma}{R_{32}} = 1,42 - 0,166 \lg N; \quad (3)$$

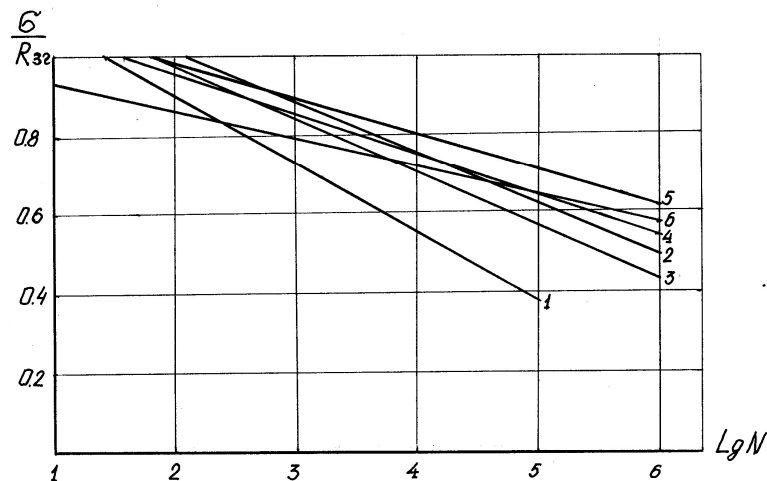
– третя група покриттів

$$K = \frac{\sigma}{R_{32}} = 1,45 - 0,160 \lg N, \quad (4)$$

де K – граничний коефіцієнт витривалості, якщо N прямує до 2000000 циклів.

Найбільший коефіцієнт витривалості мають покриття третьої групи, в яких відношення товщин плит покриття та укріпленої цементом основи близьке до 1.

Графік кривих витривалості для трьох типів покриттів і, для порівняння, – для лабораторних зразків різних дослідників показано на рисунку.



Підсумковий графік кривих витривалості бетону при згині:

1 – $K=1,36-0,195 \lg N$ (покриття на ґрунтових і неукріплених основах);

2 – $K=1,45-0,160 \lg N$ (покриття на укріплених цементом основах за $H_0/H_n=0,7-1,2$);

3 – $K=1,42-0,166 \lg N$ (покриття на укріплених цементом основах за $H_0/H_n=1,5-2,0; 0,5-0,7$);

4 – $K=1,151-0,101 \lg N$ (зразки балочки $4 \times 4 \times 16$; І.М. Грушко); 5 – $K=1,161-0,09 \lg N$

(зразки балочки $7 \times 7 \times 21$; І.П. Корчинський); 6 – $K=1,0-0,07 \lg N$ (зразки балочки $15 \times 15 \times 160$; А.П. Кирилов)

Висновки. Випробування моделей бетонних покриттів на різних основах повторними навантаженнями показало, що тип основи істотно впливає на їх витривалість. Найбільшу витривалість мають покриття на ущільнених цементних основах, якщо відношення товщини плит покриття та основи близьке до одиниці.

1. Чернигов В.А. Методические рекомендации по расчету цементобетонных покрытий на основаниях различных типов. – М.: СоюздорНИИ, 1972 – 63 с. 2. Highway research Board. Special report 61D “The AASHO Road test”. – Washington, 1962. – С. 24–31. 3. Баженев Ю.М. Бетон при динамическом нагружении. – М.: Стройиздат, 1970. – 271 с.