

С. Й. Солодкий, І. Ю. Думич, Ю. В. Турба
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автомобільних доріг та мостів

ВПЛИВ ТОВЩИНИ ЦЕМЕНТОГРУНТОВИХ ОСНОВ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ БЕТОННИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

© Солодкий С. Й., Думич І. Ю., Турба Ю. В., 2018

Постійний приріст навантажень на дорожні покриття потребує постійного збільшення їх несучої здатності. Наведені результати експериментальних випробувань моделей бетонних покриттів на піскоцементних основах. Проведені експериментальні дослідження в лабораторії кафедри автомобільних доріг і мостів Національного університету “Львівська політехніка” на змодельованій ділянці покриття в масштабі 1:3 показали, що підвищувати несучу здатність бетонних дорожніх покриттів необхідно за рахунок влаштування основ із матеріалів укріплених цементом. Отримані рівняння регресії першого порядку, що характеризують залежність основних показників несучої здатності покриттів – пружних прогинів і граничних навантажень – від товщини покриттів і жорстких основ. У результаті експериментальних моделей бетонних покриттів на жорстких основах різної товщини встановлено, що по несучій здатності односантиметрова плита покриття еквівалентна приблизно 1,8–2,0 см плити жорсткої піскоцементної основи.

Ключові слова: бетонні дорожні покриття, піскоцементні та цементогрунтові основи, несуча здатність.

S. Solodkyy, I. Dumych, Yu. Turba
Lviv Polytechnic National University,
Department of Highways and Bridges

INFLUENCE OF THICKNESS OF CEMENT-GROUND BASES ON BEARING-CAPACITY OF CONCRETE ROAD SURFACES

© Solodkyy S., Dumych I., Turba Yu., 2018

Permanent increasing of loading on road surfaces requires a permanent increase their bearing capacity. In research paper presented experimental results of test specimens of concrete road surfaces on cement-sand bases. The experimental tests were conduct at laboratory of department highways and bridges at Lviv Polytechnic National University. The specimens were at scale 1:3 and included six plates by sizes 2×1 m united in construction by joint type. The full-length research object was 6 m and width 2 m. Two middle plates were testing to destruction specimens. After that, in this area placed new construction of surfaces and bases. The task were to determinate comparative dependence the limit loads and deflections in different thickness of surfaces and bases for more clear and detail estimation influence of this value. For reach this tasks were used orthogonal planning of experiment in the first order for the two-factor dependence on the three levels – tested $3^2 = 9$ constructions of surfaces. The thickness of test specimens of concrete plate were 50, 70 and 90 mm and the thickness of sand-cement bases were 0, 50 and 100 mm. The experimental results showed that for increasing bearing capacity of concrete road surfaces need to arrange bases of materials strengthened by cement. In this paper presented new results of regression equation in first

order, that characterized comparative dependence the limit loads and deflections in different thickness of surfaces and rigid bases. In experimental results of concrete plate specimens on different thickness of rigid bases determinate, that bearing-capacity of 10 mm had equivalent bearing-capacity of 18–20 mm plate on rigid sand-cement bases. However, by the received experimental results, the increasing of rigid bases cannot be sharp growth and must be optimal correlation of thickness of concrete plate surfaces and bases in condition of equally tense of plates.

Key words: concrete road surfaces, sand-cement bases, ground-cement bases, bearing-capacity.

Вступ. Несуча здатність монолітних бетонних покриттів значною мірою залежить від типу основи і передусім від того чи працює основа як плита, що може сприймати частину згинального моменту. Значне збільшення навантажень на дорожні покриття потребує постійного збільшення їх несучої здатності.

Аналіз останніх досліджень. Збільшення несучої здатності дорожніх покриттів потрібно робити не шляхом непомірного збільшення їх товщини, а за рахунок застосування основ із матеріалів оптимальної товщини, укріплених цементом [1], для дослідження яких у лабораторії кафедри автомобільних доріг і мостів Національного університету “Львівська політехніка” змодельовано ділянку покриття в масштабі 1:3, що складалась із шести плит розміром 2×1 м, об’єднаних у конструкцію по типу швів стиску. Загальна довжина ділянки 6 м, ширина 2 м, дві середні плити підлягали випробуванням, доводились до руйнування, а на їх місці влаштовувались нові конструкції покриттів і основ (рисунок).



*План лабораторної ділянки покриття
(цифрами показані номери позицій)*

Постановка мети і задач досліджень. При застосуванні основ, укріплених цементом, існує низка невирішених задач, основною з яких є вплив товщини жорстких основ на несучу здатність бетонних дорожніх покриттів. Метою досліджень є вирішення даної задачі.

Результати досліджень. Щоб застосувати ортогональне планування експерименту першого порядку для двофакторної залежності на трьох рівнях випробувано $3^2 = 9$ конструкцій покриттів. Товщина моделей плит покриттів становила 5, 7 і 9 см, а товщина піскоцементних основ відповідно 0, 5 і 10 см. Матеріал плит покриттів – бетон класу В 22,5, міцність на розтяг за згину якого становила 4 МПа. Матеріал основ – пісок дрібний, укріплений 8 % цементу М 400, міцність на розтяг при згині піскоцементу – 1 МПа. Статичні навантаження на покриття створювали за допомогою гідравлічного домкрата в комплекті з динамометром. Навантаження передавали на

покриття через гумові штампи діаметром 10 см. При цьому використовували три схеми прикладання навантаження:

- штамп у центрі плити (поз. 2), навантаження на штамп 20 кН;
- навантаження на 2 штампи 20 кН у середині плити, віддаль між осями щампів – 60 см;
- навантаження посередині вільного краю плити (поз. 1).

За перших двох схем випробування велись в пружній стадії, по третій схемі навантаження доводили до утворення кільцевої тріщини навколо штампів на вільному краю плити. Прогини плит покриття заміряли за допомогою індикаторів годинникового типу точністю 0,01 мм, що кріпили до поперечних металевих балочок, а згинальні моменти в плитах визначали за кривизною зігнутих січень.

Для того, щоб більш наглядно і, головне, кількісно оцінити вплив товщини жорстких основ на зміну показників несучої здатності покриттів – прогинів і граничних навантажень необхідно встановити залежності цих показників від товщини покриття H_1 і основи H_2 . Для цього застосовуємо ортогональне планування першого порядку для двофакторної залежності. Кодування рівнів факторів має вигляд:

$$X_1 = \frac{(H_1 - 7)}{2} \text{ і } X_2 = \frac{H_2 - 5}{5} \quad (1)$$

Складемо матрицю планування в кодованому виді для двофакторного експерименту (табл.).

Таблиця 1

Матриця планування в кодованому виді для двофакторного експерименту

№ дослідів	Матриця планування		Дослідні значення функції відклику		
	X_1	X_2	Y_1 , мм	Y_2 , мм	$P_{\text{гран.}}$, кН
1	-1	-1	0,55	0,52	10
2	0	-1	0,43	0,40	19
3	+1	-1	0,33	0,31	23
4	-1	0	0,37	0,33	30
5	0	0	0,32	0,24	35
6	+1	0	0,26	0,21	41
7	-1	+1	0,35	0,26	40
8	0	+1	0,30	0,20	46
9	+1	+1	0,23	0,15	56

де Y_1 – пружні прогини середини вільного краю плити при навантаженні на два штампи ($P = 20$ кН), мм; Y_2 – пружні прогини центра плити при навантаженні в центрі ($P = 20$ кН), мм; $P_{\text{гран.}}$ – граничне навантаження на середину вільного краю плити до утворення кільцевої тріщини, кН.

Залежності прогинів і граничних навантажень від товщини плит покриття та основи шукаємо у виді рівняння регресії першого порядку з використанням методу найменших квадратів:

$$Y = B_0 + B_1 H_1 + B_2 H_2. \quad (2)$$

У результаті перетворень і підрахунків отримуємо значення коефіцієнтів регресії для залежності пружних прогинів Y_1 і Y_2 і граничних навантажень $P_{\text{гран.}}$ від товщини плит покриття H_1 і піскоцементної основи H_2 . Для прогинів центра плити (поз. 2) за першої схеми прикладання навантаження $P = 20$ кН (штамп у центрі) рівняння регресії має вигляд:

$$Y_2 = 0,72 - 0,043H_1 - 0,023H_2 \quad (3)$$

Для прогинів середини вільного краю плити (поз. 1) при другій схемі прикладання навантаження (на два штампи) $P = 20$ кН рівняння регресії має вигляд:

$$Y_1 = 0,66 - 0,043H_1 - 0,014H_2 \quad (4)$$

Залежність граничних навантажень $P_{\text{гран.}}$ на позиції 1 до утворення кільцевої тріщини кругом штампів від товщини плит покриття та основи має вигляд:

$$P_{\text{гран.}} = -5,0 + 3,35H_1 + 3,0H_2 \quad (5)$$

У наведених рівняннях товщина плит вимірюється в см, прогини – в мм, навантаження в кН.

Кінцева перевірка отриманих рівнянь на адекватність, проведена за допомогою критерія Фішера, показала, що рівняння регресії адекватні дослідним даним у межах експериментальних товщин плит покриття та основи. Аналіз рівняння регресії показує, що в рівняннях прогинів коефіцієнти регресії за товщин плит покриттів приблизно в 1,8–2,2 раза більші від аналогічних коефіцієнтів при товщинах плит основ, а в рівняннях граничних навантажень ці коефіцієнти приблизно рівні. Отже, використовуючи результати експериментальних випробувань моделей бетонних покриттів на жорстких основах різної товщини, встановлюємо, що за несучою здатністю 1 см плити покриття еквівалентний приблизно 1,8–2,0 см плити жорсткої піскоцементної основи.

Але, як показали, наведені дослідження, збільшувати непомірно товщину жорстких основ не варто тому, що існує оптимальне співвідношення товщини плит покриття і основи із умови рівнонапруженості плит. Це співвідношення виражається формулою:

$$H_2 = \frac{n_2 H_1}{m_2}, \quad (6)$$

де $n_1 = \frac{E_1}{E_2}$ і $n_2 = \frac{R_{зг1}}{R_{зг2}}$; E_1 і E_2 – модулі пружності матеріалів покриття і основи, МПа; $R_{зг1}$ і $R_{зг2}$ – міцність на розтяг при згині матеріалів покриття і основи, МПа.

Для наших моделей бетонних покриттів на піскоцементних основах формула (6) має вид:

$$H_2 \approx 0,9 H_1. \quad (7)$$

Тобто, для наших дослідних моделей найбільшу несучу здатність мають конструкції 5+5, 7+5 і 9+10.

Висновок. Приведені експериментальні дослідження показали, що підвищувати несучу здатність бетонних дорожніх покриттів необхідно за рахунок влаштування основ із матеріалів укріплених цементом. Причому, товщина жорстких основ повинна визначатись згідно з формулою (7), яка для фактичних міцнісних показників натурних покриттів та основ має вигляд:

$$H_2 \approx (0,8 - 1,0) H_1. \quad (8)$$

Солодкий С. Й., Думич І. Ю. Вплив типу основи на витривалість монолітних бетонних покриттів // Журнал “Автошляховик України”. – 2017. – № 2. – С. 23–26.

References

Solodky S. Y. and Dumych I. Yu. (2017), “Vplyv typu osnovy na vytryvalists monolitnyh betonnyh pokryttiv” [Influens of type surfaces in durability of concrete road surfaces], *Journal of Motorway of Ukraine*, No. 2, pp. 23–26 [in Ukrainian].