

ИСТИРАЕМОСТЬ И МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ДЛЯ АВТОДОРОГ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОНА

Мишутин А.В., д.т.н., проф., Солоненко И.П., ассистент

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина*

Постановка проблемы

При эксплуатации автомобильных дорог с бетонным покрытием (БП), происходит изнашивание его верхнего слоя, что обусловлено движением транспорта, а также циклическим замораживанием-оттаиванием бетона, которое происходит в зимнее время [1].

Цель исследования - изучить величину истираемости дорожного покрытия из цементобетона (ЦБ) в зависимости от его состава и с учетом морозостойкости.

Изучение свойств ЦБ покрытий, проводилось с применением методов планирования эксперимента [2]. Эксперимент проводится по 27-ти точечному плану (табл. 1). Факторы и их диапазон изменения выбирался по результатам приведенных в работах [3, 4]. В качестве факторов влияния принималось:

x_1 - количество портландцемента марки 500, от 370 до 570 кг/м³.

x_2 - количество суперпластификатора DYNAMON EASY 11 на основе акрилового полимера, от 0% до 1% от массы цемента.

x_3 - количество воздухововлекающей добавки РТ-1, от 0 до 0,05% от массы цемента.

x_4 - количество полипропиленовой фибры MAPEFIBRE NS 12/ NS 18, от 0 до 0,6 кг/м³.

x_5 - количество наполнителя микрокремнезем, от 0 до 15 кг/м³ от массы цемента.

Основная часть

Опыты проводились в ОГАСА, в лаборатории кафедры ПСЭАД, в следующей последовательности:

- подбор состава бетона, применяемый для изготовления образцов приведен в таблице 1;

- полученные образцы выдерживались в условиях нормального твердения в течение 28 суток ($t=20^{\circ}\text{C}$, $W=80\%$) [5];

- на 28 сутки образцы 7x7x7 см³ испытывались на истирание (прибор ЛКИ-3), согласно методике [6];

Таблица 1

План эксперимента и составы исследуемых бетонов

План						Состав бетона						
№	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	Ц, кг/м ³	Щ, кг/м ³	П, кг/м ³	DE л/м ³	PT-1, л/м ³	Ф, кг/м ³	МК, кг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	1	1	-1	570	1036	490	5,90	0,285	0,60	0
2	1	1	1	-1	1	570	1036	490	5,90	0,285	0	15
3	1	1	-1	1	1	570	1036	490	5,90	0	0,60	15
4	1	1	-1	-1	-1	570	1036	490	5,90	0	0	0
5	1	-1	1	1	1	570	1036	490	0	0,285	0,60	15
6	1	-1	1	-1	-1	570	1036	490	0	0,285	0	0
7	1	-1	-1	1	-1	570	1036	490	0	0	0,60	0
8	1	-1	-1	-1	1	570	1036	490	0	0	0	15
9	-1	1	1	1	1	370	1080	559	5,90	0,185	0,60	15
10	-1	1	1	-1	-1	370	1080	559	5,90	0,185	0	0
11	-1	1	-1	1	-1	370	1080	559	5,90	0	0,60	0
12	-1	1	-1	-1	1	370	1080	559	5,90	0	0	15
13	-1	-1	1	1	-1	370	1080	559	0	0,185	0,60	0
14	-1	-1	1	-1	1	370	1080	559	0	0,185	0	15
15	-1	-1	-1	1	1	370	1080	559	0	0	0,60	15
16	-1	-1	-1	-1	-1	370	1080	559	0	0	0	0
17	1	0	0	0	0	570	1036	490	2,95	0,142	0,30	7,50
18	-1	0	0	0	0	370	1080	559	3,85	0,092	0,30	7,50
19	0	1	0	0	0	470	1055	578	4,89	0,117	0,30	7,50
20	0	-1	0	0	0	470	1055	578	0	0,117	0,30	7,50
21	0	0	1	0	0	470	1055	578	2,44	0,235	0,30	7,50
22	0	0	-1	0	0	470	1055	578	2,44	0	0,30	7,50
23	0	0	0	1	0	470	1055	578	2,44	0,117	0,60	7,50
24	0	0	0	-1	0	470	1055	578	2,44	0,117	0	7,50
25	0	0	0	0	1	470	1055	578	2,44	0,117	0,60	15
26	0	0	0	0	-1	470	1055	578	2,44	0,117	0,60	0
27	0	0	0	0	0	470	1055	578	2,44	0,117	0,60	7,50

- образцы подвергались испытанию на морозостойкость (до -50 °С) по 3 методике [7], в морозильной камере УТИ 120-Х-1/-50;

- после исследований на морозостойкость (F 200) образцы, которые положительно прошли испытание, исследовались на истирание согласно [6].

Результаты опытов по истираемость модифицированных цементобетонных покрытий (ЦБП) до и после испытания на морозостойкость (F 200), представлены на рисунке 1.

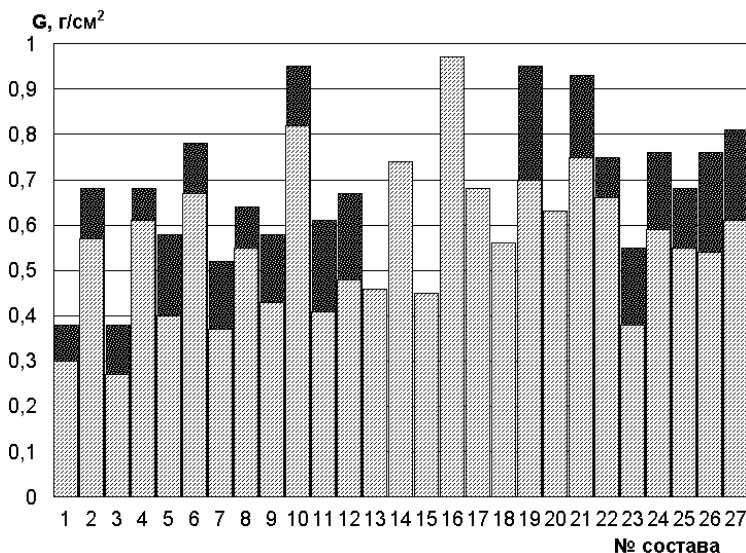






Рис. 1. Истираемость образцов ЦБП до  и после  испытания на морозостойкость (F 200), составы 13-18 и 20 не выдержали испытания на морозостойкость

Как видно из рисунка истираемость материала ЦБП для автомобильных дорог (АД) (рис. 1, ) наиболее эффективно снижается за счет применения полипропиленовой фибры. Составы с содержанием волокон в количестве 0,3-0,6 кг/м³ показывают уровень истираемости ниже до 0,3 г/см² (более 50%) аналогичных бетонов без фибры. То есть дисперсное армирование, эффективно повышает износостойкость материала дорожного покрытия из ЦБ. При повышении количества портландцемента (с 370 до 570 кг/м³) истираемость бетона снижается за счет увеличения прочности материала. Введение в состав бетона наполнителя МК (до 15 кг/м³) приводит к снижению уровня G (на 15%).

Наибольшее влияние на истираемость образцов ЦБП после испытания на морозостойкость (рис. 1, ) оказывает введение наполнителя МК (до 15 кг/м³) совместно с фиброй MN (до 0,6 кг/м³) снижают G_f до 0,5 г/см² (более 50%). Т.к. дисперсное армирование увеличивает поверхностную прочность материала покрытия, а применения наполнителя МК увеличивает прочность на сжатие образца, что ведет к увеличению стойкости к истираемости после испытания на морозостойкость.

Результаты испытания на истираемость ЦБП позволили рассчитать коэффициенты ЭС-моделей: для контрольных образцов (1) и для образцов после испытания на морозостойкость (2).

$$G \text{ (г/см}^2\text{)} = 0,63 - 0,04x_1 - 0,62x_1^2 + 0,02x_1x_2 + 0,01x_2x_3 + 0,04x_4x_5 - 0,04x_2 + 0,05x_2^2 + 0,02x_2x_4 + 0,03x_3x_5 - 0,13x_4 - 0,12x_4^2 + 0,02x_1x_5 - 0,03x_5 - 0,03x_5^2 \quad (1)$$

$$G_f \text{ (г/см}^2\text{)} = 0,85 - 0,08x_1 + 0,03x_2x_3 + 0,05x_4x_5 - 0,04x_2 + 0,02x_1x_3 + 0,05x_3x_5 + 0,07x_3^2 + 0,02x_1x_4 - 0,14x_4 - 0,13x_4^2 + 0,05x_1x_5 - 0,05x_5 - 0,12x_5^2 \quad (2)$$

Применение ЭС моделей (1, 2) может быть использовано в строительной практике для подбора состава ЦБ для покрытий автодорог.

Выводы

Введение в состав цементобетонных покрытий для автомобильных дорог наполнителя микрокремнезема (до 15 кг/см³), снижает истираемость на 15..20% до и после испытания на морозостойкость. Введение в состав бетонной смеси пластификатора Dynamon Easy 11 (1%) совместно с воздухововлекающей добавкой Mareplast PT-1 (0,05%) увеличивает подвижность бетонной смеси (18-20 см). Применение фибры (до 0,6 кг/м³) снижает истираемость бетона до 0,3 г/см² (60%) и после испытания на морозостойкость на 0,4 г/см² (50%).

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что введение в состав модифицированного цементобетонна рекомендуемый состав - воздухововлекающую добавку PT-1, пластификатора Dynamon Easy 11, наполнителя микрокремнезема и полипропиленовую фибру ведет к уменьшению истираемости ($G \leq 0,4$ г/см² при требуемой до 0,7 г/см²) и при обеспечении необходимой морозостойкости (F 200).

Summary

The article examines the change in the abrasion of the cement concrete pavement depending on its composition and subject frost. Studies suggest that the introduction of the modified cement - air-entraining additives PT-1, Dynamon Easy 11 plasticizer, filler silica fume and polypropylene fibers leads to a reduction of abrasion and ensure the necessary frost.

Литература

1. Толмачев С.Н., Кондратьев И.Г., Чугуенко А.Н., Гринченко Р.О. Взаимосвязь истираемости и морозостойкости дорожных бетонов. ХНАДУ. Харьков, 2005, с. 52-55.

2. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л.Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 327 с.

3. Солоненко И.П. Модифицированные цементобетонные композиции для дорожного покрытия // Вісник ОДАБА. Вып.№48. Частина 2 – Одеса: ТОВ «Зовнішрекламсервіс» 2012. – С. 98-103.

4. Солоненко И.П. Жесткие дорожные покрытия для автомобильных дорог. Вісник ОДАБА. Вип.№54. – Одесса: ТОВ «Зовнішрекламсервіс» 2014– С. 350-357.

5. ДСТУ Б В.2.7-114-2002 «Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань». Київ 2002. – 32с.

6. ДСТУ Б В.2.7-212:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення стиранності. Київ. 2009. – 8с.

ДСТУ Б В.2.7-49-96 Будівельні матеріали. Бетони. Прискорені методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні. Київ. 1997. – 10с.