

## ЗАСТОСУВАННЯ ВАПНЯКОВОГО ЩЕБЕНЮ ДЛЯ БЕТОНІВ ЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

**Мишутін А.В., д.т.н., проф., Кровяков С.О., к.т.н., доц.,  
Полторапавлов А.О., асп.,**

*(Одеська державна академія будівництва та архітектури)*

Для дорожніх покриттів жорсткого типу і транспортних споруд ефективним можна вважати застосування бетонів на місцевих заповнювачах, наприклад, на карбонатному (вапняковому) щебені. Їх конкурентоздатність забезпечується порівняно низькою собівартістю самого заповнювача, більш легким його подрібненням, а також меншою вартістю доставки. Бетони на карбонатних заповнювачах досить широко застосовувалися 50-70-е роки минулого століття [1,2], але в сучасному транспортному будівництві використовуються дуже рідко, що можна пояснити низьким практичним досвідом використання подібних заповнювачів в Україні. З розвитком будівельних технологій відкривається перспектива отримання енергоефективних, міцних і довговічних бетонів на місцевих легких заповнювачах.

Метою наших досліджень було вивчення можливості застосування щебеню з твердих порід вапняку в бетонах жорстких дорожніх покриттів. Застосовувався вапняковий щебінь фракції 5-20 мм з насипною щільністю 1180 кг/м<sup>3</sup>. Для порівняння всі експерименти також проводилися на повністю аналогічних за складом бетонах на гранітному щебені з насипною щільністю 1360 кг/м<sup>3</sup>.

Проводився 2-х факторний експеримент [3]. Варіювалися наступні фактори складу бетону:

$X_1$  – кількість портландцементу, від 300 до 500 кг/м<sup>3</sup>;

$X_2$  – кількість поліпропіленової фібри Ваусон, від 0 до 1 кг/м<sup>3</sup>.

Всі склади пластифікований суперпластифікатором С-3 в кількості 0.8% від маси цементу.

Всі досліджені бетонні суміші (в обох серіях) мали рівну рухливість ОК = 2 ± 0.5 см, що досягалося підбором кількості води. Аналіз зміни водопотреби показав, що найменше В/Ц в обох серіях мають склади з максимальною кількістю портландцементу і без фібри. При використанні карбонатного щебеню водопотреба і відповідно В/Ц сумішей є дещо вищою, що пояснюється тим, частина води поглинається крупним заповнювачем. В цілому, за рахунок застосування суперпластифі-

катору С-3 всі досліджені суміші мали досить низькі показники В/Ц (від 0.34 до 0.49 для складів на вапняковому щебені та від 0.32 до 0.46 – на гранітному).

Щільність бетонів на вапняковому щебені коливалася від 2270 до 2300 кг/м<sup>3</sup>, аналогічних складів на гранітному щебені – від 2380 до 2400 кг/м<sup>3</sup>. Тобто при використанні карбонатного заповнювача з щільних порід об'ємна маса бетону дорожнього покриття несуттєво відрізняється від об'ємної маси розповсюдженого важкого бетону на гранітному щебені.

Проведений аналіз механічних властивостей матеріалу показав, що кількість поліпропіленової фібри не впливає на міцність досліджених бетонів при стиску. На рис. 1 показано вплив кількості цементу на міцність бетонів жорстких дорожніх покриттів. Як видно з діаграм, міцність бетонів при стиску на карбонатному щебені була дещо нижчою, ніж на гранітному щебені. Однак по мірі збільшення кількості цементу ця різниця майже зникає і при кількості в'язучого 450-500 кг/м<sup>3</sup> вона не перевищує 1.5 МПа, тобто 3..4%.

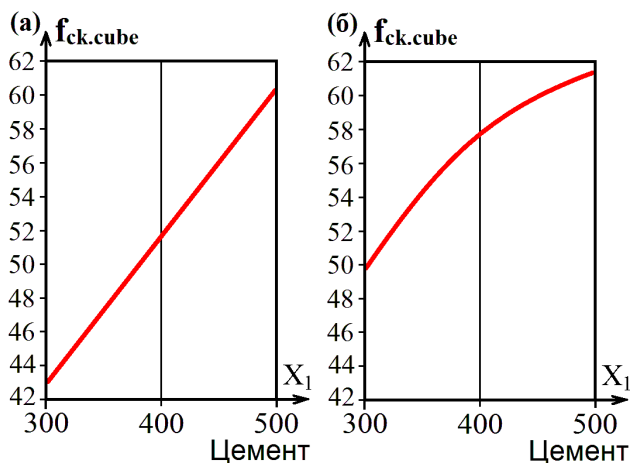


Рис.1. Вплив кількості портландцементу на міцність бетонів при стиску; а – склади на карбонатному щебені, б – склади на гранітному щебені

Важливо відзначити, що для дорожніх покриттів міцність при стиску не можна вважати основною характеристикою. Найважливішим показником якості бетону є міцність на розтяг при згині, так як вона враховується в розрахунках дорожнього одягу. У типовому розрахунку

задається клас бетону по міцності на стиск, однак відповідно до класу задається показник міцності на розтяг при згині. Вплив варійованих факторів на міцність на розтяг при згині бетонів дорожніх покриттів описують наведені нижче експериментально-статистичні (ЕС) моделі (індекс «к» – карбонатний щебінь, індекс «г» – гранітний щебінь):

$$f_{\text{ctk,к}} \text{ (МПа)} = 7.78 + 0.55x_1 - 0.07x_1^2 - 0.03x_1x_2 + 0.09x_2 - 0.07x_2^2 \quad (2)$$

$$f_{\text{ctk,г}} \text{ (МПа)} = 8.07 + 0.44x_1 \pm 0x_1^2 - 0.27x_1x_2 + 0.34x_2 - 0.40x_2^2 \quad (1)$$

Побудовані за даними ЕС-моделями діаграми показані на рис.2. Аналіз діаграм дозволяє зробити висновок, що міцність бетонів дорожніх покриттів за розтяг при згині несуттєво залежить від виду крупного наповнювача (щебеню). Цей ефект можна пояснити припущенням, що при використанні гранітного щебеню поверхні розділу фаз у важких бетонах є більш «різкими», ніж у бетонах на вапняковому заповнювачі. Вапняк є доволі пористим заповнювачем, через що проявляє незначний ефект «самовакумування», який покращує адгезію між розчинною частиною бетону і заповнювачем.

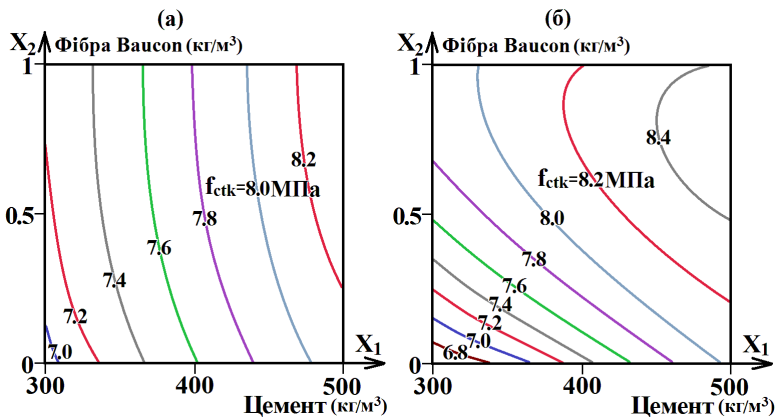


Рис.2. Вплив варійованих факторів складу на міцність бетону на розтяг при згині: а – склади на гранітному щебені, б – склади на карбонатному щебені

Найбільшу міцність показують склади, в яких застосовано приблизно 0.8-0.9 кг/м<sup>3</sup> дисперсного волокна. Більше дозування фібри вже не

ефективне, що можна пояснити подвійним ефектом за рахунок застосування фібри. З одного боку, вводиться дисперсна арматура, що покращує здатність матеріалу опиратися розтягуючим напруженням, в іншого – фібра декілька підвищує В/Ц суміші. У цілому, за рахунок введення фібри міцність бетонів дорожніх покриттів зростає на 0.4-0.9 МПа для складів на гранітному щебені та на 0.3-0.4 МПа для складів на карбонатному щебені.

Зносостійкість є важливим показником якості для бетонів дорожніх покриттів, тому що в значній мірі визначає довговічність і надійність верхніх шарів покриття. За стандартною методикою для всіх досліджених складів бетонів була визначена їх стиранність (зносостійкість).

Побудовані за відповідними ЕС-моделями діаграми, що відображають вплив варійованих факторів складу на стиранність бетонів, показані на рис.3. Їх аналіз дозволяє сказати, що збільшення кількості цементу і введення поліпропіленової фібри знижує стиранність бетону дорожнього покриття. При цьому для бетонів на карбонатному щебені діапазон зміни величини  $G_1$  значно вище, ніж для бетонів на гранітному щебені. Дисперсне армування знижує стиранність бетонів як на гранітному, так і карбонатному щебені приблизно з рівною ефективністю. Тобто при введенні 0.5-0.6 кг/м<sup>3</sup> фібри зносостійкість матеріалу підвищується достатньо відчутно, подальше підвищення дозування фібри вже менш ефективне. В цілому стиранність бетонів на карбонатному заповнювачі була вищою, ніж аналогічних важких бетонів. Проте при підвищенні кількості цементу (450-500 кг/м<sup>3</sup>) і введенні більше 0.5 кг/м<sup>3</sup> фібри показники стиранності бетону на пористому заповнювача несуттєво відрізняються від стиранності «контрольного» бетону на гранітному щебені.

Дослідження морозостійкості бетонів жорстких дорожніх покриттів показати, що незалежно від виду крупного заповнювача бетони мають марку по морозостійкості не нижче F400 (при втраті маси до 3%), що забезпечують їх високу довговічність. Дослідження морозостійкості проводилося за прискореним методом у солоній воді, тобто бетони на вапняковому щебені мають достатньо високу морозосолеустійкість, що важливо для матеріалу дорожніх покриттів.

За рахунок дисперсного армування морозостійкість бетонів додатково підвищується приблизно на 50 циклів [4]. Також, як відомо, фібробетони мають високу ударостійкість, тобто стійкість до динамічних навантажень, характерних для дорожніх покриттів [5].

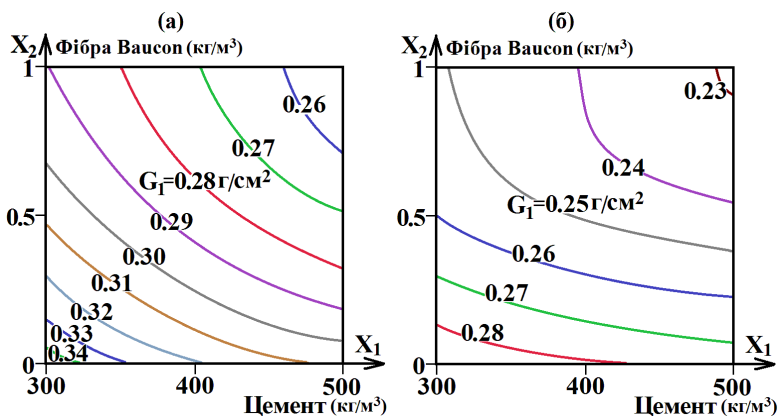


Рис.3. Вплив варійованих факторів складу на стиранність бетону.  
 а – склади на гранітному щебені, б – склади на карбонатному щебені

### Висновок

Таким чином результати досліджень показали, що бетони на вапняковому (карбонатному) щебені можна ефективно використовувати в нижніх шарах двошарових дорожніх покриттів, в тому числі, з асфальтобетонним шаром зносу. Також можна вважати ефективними бетони на вапняковому щебені в одношарових покриттях на ділянках, що піддаються значним навантаженням, проте не мають інтенсивного руху (наприклад, на паркінгах).

### Summary

The efficiency of limestone gravel for concrete rigid pavements was investigated. Properties of concrete on the limestone and granite rubble were compared. Tensile strength and frost resistance of concrete on limestone is not lower than the concrete on granite rubble. Abrasion concrete limestone slightly is higher. It was established that limestone concrete rubble can be used effectively in the lower double-layer of pavement. Also, concrete rubble limestone can be used to cover car parks and petrol stations.

## *Литература*

1. Маилян Р.Л. Бетон на карбонатных заполнителях / Р.Л. Маилян. - Ростов, 1967. – 276 с.
2. Якубович М.А. Бетон и железобетон на ракушечниках и известняках Украины / М.А. Якубович – Киев: Госстройиздат УССР, 1958. – 71 с.
3. 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.
4. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции / Ф.Н. Рабинович – М.: Издательство АСВ, 2004. – 560 с.
5. Выровой В.Н. Бетон в условиях ударных воздействий / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, С.Б. Фиц. – Одесса: Внешрекламсервис, 2004. – 270 с.