

В. Ф. Оробей, д.т.н., О. Ф. Дашченко, д.т.н., Л. В. Коломієць, д.т.н., О. М. Лимаренко, к.т.н.

ДО РОЗРАХУНКУ КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Наведено рішення задачі Коші крутильних коливань тонкостінних стержнів, які є складовими елементами несучої системи підйомно-транспортних машин, з урахуванням всіх членів рівняння В.З. Власова. Показано застосування цих рішень для задач динаміки крутильних коливань тонкостінних стержневих систем за алгоритмом методу граничних елементів. Результати рішень наведені в чисельній і візуальній формах.

Ключові слова: підйомно-транспортні машини, Matlab, метод граничних елементів, тонкостінний стержень, чисельні методи, крутильні коливання.

V. F. Orobie, DSc, A. F. Dashchenko, DSc, L. V. Kolomic, DSc, A. M. Lymarenko, PhD

THE CALCULATION OF TORSIONAL VIBRATIONS OF CONSTRUCTIVE ELEMENTS LIFTING MACHINERY BOUNDARY ELEMENT METHOD

The solutions of the Cauchy problem of torsional vibrations of thin rods, which are the constituent elements of the support system handling machines, including all members of V. Z. Vlasov's equations are given. The application of these solutions for the problems of the dynamics of torsional vibrations of thin-walled rod systems on the boundary element method algorithm is shown. Results of solutions in numerical and visual forms are shown

Keywords: lifting machinery, Matlab, boundary element method, thin-wall bar, numerical methods, torsional vibrations.

УДК 666:691.32

И. П. Солоненко, к.т.н.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса

ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОНА

В статье рассматривается влияние количества проведенных испытаний на прочность при сжатии для материалов дорожного покрытия из цементобетона на точность полученных результатов. Получены закономерности влияния количества испытаний образцов на показатели точности результатов измерений, таких как: среднее значение, среднеквадратичная ошибка, доверительный интервал погрешности измерения и величина относительной погрешности результатов измерений. Полученные результаты и рекомендации могут быть использованы при проведении научно-исследовательских работ, в инженерно-строительной практике, а также в учебном процессе.

Ключевые слова: испытание, автомобильные дороги, прочность при сжатии, цементобетон, точность измерения.

Введение

Развитие экономики Украины, не возможно без развития транспортной инфраструктуры. Она включает в себя строительство, ремонт и реконструкцию автомобильных дорог.

Наметившаяся концепция увеличения массы грузовых транспортных средств ведет к необходимости применения в дорожном строительстве материалов с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками [1].

Особенно это актуально для дорожного покрытия, на которое непосредственно воздействуют нагрузки, вызванные транспортным потоком.

Наиболее высокие эксплуатационные показатели имеют материалы дорожного покрытия, выполненные на основе цементобетона. Такие материалы обладают высокими физико-механическими, технологическими и экологическими качествами. Это обусловило широкое распространение

цементобетонних покриттів (ЦБП) в США, Канаде, Японії і других країнах світа [2].

Програма розвитку автомобільних доріг в Україні [1] також передбачає застосування в дорожньому будівництві покриттів з ЦБП, що говорить про важливість і необхідності розробки і впровадження таких матеріалів. Успішне рішення цієї складної науково-технічної задачі потребує забезпечення якості при виробництві цього матеріалу, що, в свою чергу, обумовлює контроль точності вимірювань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Рішенням наукових проблем, пов'язаних з застосуванням ЦБП в транспортному будівництві, займалися в різні роки такі вчені як: Батраков В. Г. [3], Радовський Б. С. [4], Солодкий С. І. [5], Мишутин А. В. [6] і др. Іми на основі теоретичних досліджень і випробувань були розроблені сучасні методи визначення показників якості для ЦБП.

Одним з показників якості дорожнього покриття для автомобільних доріг є міцність при стисненні (ДСТУ Б В.2.7-214:2009) [7]. К сожалению, в розглянутому нормативному документі відсутні чіткі вказівки про необхідну кількість випробувань. Так в ДСТУ Б В.2.7-214:2009 дані рекомендації, які стосуються тільки того, що кількість вимірювань на міцність при стисненні повинно бути не менше трьох.

Такі вказівки не конкретні і дозволяють при виконанні вимірювань керуватися суб'єктивним мнением і особистим досвідом досліджувача. Це підтверджується значущим розбросом в характеристиках в'язущого застосованого при будівництві дорожнього покриття (рис. 1).

Як видно з наведеного сертифіката якості для портландцементу значення міцності при стисненні на 28 днів лежить в межах від 50 до 55 МПа. Отже, бетон, виготовлений з застосуванням такого цементу, буде так само мати суттєві відхилення. Величина, яку буде перевищувати вимоги ДСТУ (0,1 МПа) [7].

Аналіз практичного виконання таких вимірювань отриманих при виконанні наукових досліджень [2] показав, що невелике число виконаних вимірювань веде до значущого розбросу результатів і, як наслідок, до збільшення похибки.

Зменшення величини похибки вимірювань фізико-механічних показників матеріалу для ЦБП може бути досягнуто за рахунок визначення

раціонального кількості необхідних вимірювань і наступної їх обробки.

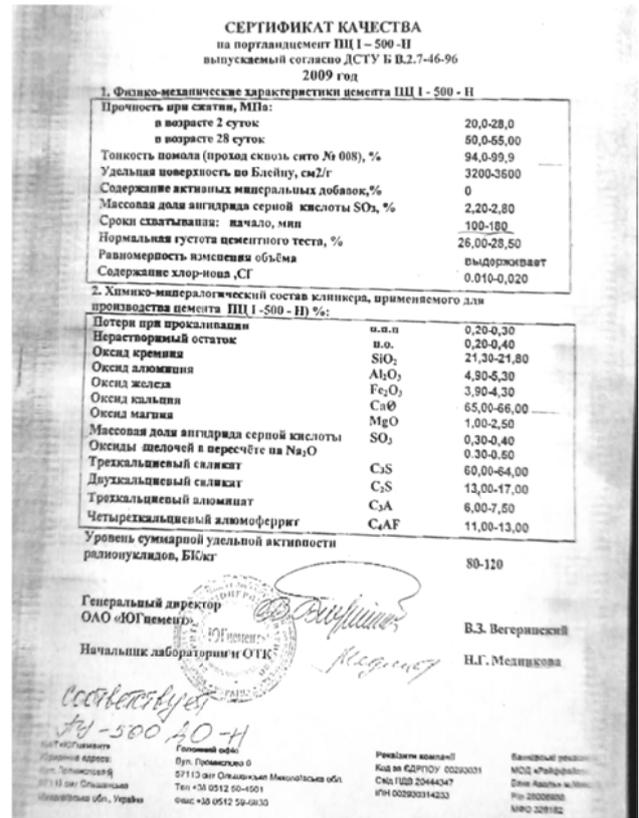


Рисунок 1 – Сертифікат якості на портландцемент ПЦ – І – Н 500

Цель статьи

Опираючись на результати, приведені в роботах [1-6], була сформульована мета статті: визначення раціонального кількості вимірювань показника міцності при стисненні для матеріалу ЦБП, яке забезпечувало б необхідну точність рішення інженерно-технологічних і наукових завдань.

Основной материал

Дослідження точності вимірювань характеристик ЦБП проводилися для показника – міцність при стисненні ($R_{сж}$).

В якості матеріалу ЦБП, що піддавався випробуванню, використовувався склад, описаний в роботі [2] (табл. 1).

Таблица 1 – Состав материала

№ п/п	Компонент	Количество
1	Портландцемент ПЦ – І – Н 500	470 кг/м ³
2	Щебень гранитный кубической формы (фр. 5-20)	1055 кг/м ³
3	Песок (M _{кр} 2,5)	578 кг/м ³
4	Добавка Marefluid № 200	1% от m Ц



Рисунок 4 – Образец после испытания на прочность при сжатии

Полученные результаты обрабатывались в следующие последовательности:

- Вычислялось среднее значение из n измерений, согласно формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

- Погрешность отдельного измерения определялось по формуле:

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x} \quad (2)$$

- Вычисление среднеквадратичной ошибки среднего арифметического, производилось из выражения:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

- Значение надежности (P) принималось: $P=0,95$.

- Определение коэффициента Стьюдента (t) для надежности $P = 0,95$ и числа произведенных измерений n , принималась по таблице, приведенной в работе [8].

- Доверительный интервал погрешность измерения, определялся по формуле

$$\Delta x = S_x \cdot t \quad (5)$$

- Полученный результат записывался в виде

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \quad (6)$$

- Оценка относительной погрешности результатов измерений, вычислялась из выражения:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\% \quad (7)$$

Полученные результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты обработки данных измерений $R_{сж}$

№ п/п	\bar{x}	S_x	Δx	ε
3	51,37	0,667	2,870	5,893
7	50,93	0,565	1,382	2,781
10	51,25	0,448	1,013	2,362
20	51,10	0,338	0,707	1,419
50	51,11	0,175	0,352	0,704
100	51,08	0,124	0,245	0,490

Выводы

Как показали проведенные исследования, с повышением количества измерений растет точность результата, так при увеличении с 3 до 7 повышается примерно в два раза, с 3 до 10 в 2,5 раз, а с 3 до 20 в 2,7 раза. Дальнейшее измерение не приводят к существенному увеличению точности измерений.

Таким образом, можно сделать вывод, что для получения результата с отклонением среднего значения ε не превышающим 3 % количество выполняемых испытаний должно быть не менее 7.

Для получения $\varepsilon=1,5\%$, требуемое количество испытаний не менее 20, а если необходимо обеспечить $\varepsilon=1\%$, то количество испытаний требуется увеличить до 20. Дальнейший рост количества испытаний не значительно увеличивает точность измерений. Так для 50 наблюдений $\varepsilon=0,7\%$, а для 100 соответственно $\varepsilon=0,5\%$. Такое большое количество испытаний требует значительных материальных затрат, времени и не всегда целесообразно.

Список использованных источников

1. Сколько в Украине будет стоить ремонт дорог, и какие трассы улучшат. По материалам: Сегодня. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: domik.ua. (Доступно: 02.02. 2016 г.).

2. Солоненко И. П. Структура и свойства модифицированных цементобетонных покрытий для автомобильных дорог: дис. на соискание ученой степени к-та тех. наук: спец. 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» / И. П. Солоненко // – Одесса: 2015. – 155 с.

3. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – 2-е изд., [перераб. и доп.] / Батраков В. Г. – М., 1998. – 768 с.

4. Радовский Б. С. Строительство дорог с цементобетонными покрытиями в США: новые тенденции (организация и направления исследований в области цементобетонных покрытий) / Б. С. Радовский // «Дорожная техника». – Санкт-Петербург, 2010. – № 10. – С. 62 – 70.

5. Солодкий С. Й. Зміна тріщиностійкості дорожнього бетону в експлуатаційній стадії / С. Й. Солодкий, С. М. Толмачев // Вісник ОДАБА. – Одеса, 2014. – № 55. – С. 230 – 235.

6. Дворкін Л. Й. Гідротехнічні та дорожні бетони / Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін, В. С. Дорофєєв, А. В. Мішутін // Навчальний посібник. – Одеса: Евен, 2012. – 214 с.

7. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. – [Чинний від 2009-12-22]. – К: Держкоммістобудування України, 2009. – 35 с.

8. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. 2-е изд. – М.: Наука, 1976. – 280 с.

Поступила в редакцію 16.05.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Братченко Г. Д., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, г. Одеса.

І. П. Солоненко, к.т.н.

ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ З ЦЕМЕНТОБЕТОНУ

У статті розглядався вплив кількості проведених випробувань на міцність при стисненні для матеріалів дорожнього покриття з цементобетону, на точність отриманих результатів. Отримано закономірності впливу кількості випробувань зразків на показники точності результатів вимірювань, таких як: середнє значення, середньоквадратична помилка, довірчий інтервал похибок та величина відносної похибки результатів вимірювань. Отримані результати та рекомендації можуть бути використані при проведенні науково-дослідних робіт, у інженерно-будівельній практиці, а також у навчальному процесі.

Ключові слова: випробування, автомобільні дороги, міцність при стиску, цементобетон, точність вимірювання.

I. Solonenko, PhD

MATERIALS TESTING WITH CEMENT-CONCRETE PAVEMENT

The paper examines the impact of the number of tests carried out on the compressive strength of the material for the pavement of cement concrete, the accuracy of the results. Regularities of influence of the number of samples to test the accuracy of performance measurements, such as mean, standard error, confidence interval measurement error and the value of the relative error of the measurement results. The results and recommendations can be used for carrying out research works, engineering construction practice, as well as in the educational process.

Keywords: testing, roads, compressive strength, cement concrete, the measurement accuracy.