

УДК 539.3:624.21.095

RESEARCH OF STRENGTH AND CONDITION OF CEMENT- CONCRETE PAVEMENT ON BRIDGES BY NON-DESTRUCTIVE METHODS

I.P. Gameliak,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Airports

A.N. Kharchenko,Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of
Transport Construction and Property Management**A.N. Dmytrychenko,**

PhD, Associate Professor, Associate Professor of Department of Transport Law and Logistic

V.N. Tsybul'skyi,

PhD, Senior Lecturer of Department of Materials Resistance and Mechanical Engineering

O.O. Hustieliev*National Transport University, Kyiv*

DOI: 10.32347/2410-2547.2022.108.243-254

The article presents the results of determining the strength of non-destructive methods of cement concrete pavement on bridges. According to the results of the research, a differential curve, a reliability curve and the inverse value of the accumulated frequency of compressive strength of cement concrete are constructed. It is established that the cement concrete of the investigated objects corresponds to the strength class according to the normative documents. However, the results of visual, instrumental and thermal imaging inspection of areas on the bridges revealed a number of defects in the cement-concrete pavement and pavement slabs, which can lead to loss of the pavement structure strength. In particular, it was found that the destruction of the inspected reinforced concrete slabs of bridges mainly occurs under the influence of corrosion and loss of the working part volume of the steel reinforcement, unsatisfactory condition of the compensation seams on the supports. It is determined that cracks in reinforced concrete slabs occur due to low resistance of concrete to bending loads, due to which steel reinforcement is exposed to aggressive environments. In turn, it was proved that structural cracks in concrete occurred due to excessive loading, which led to overstrain of the structure, and non-structural cracks - due to internal stresses caused by thermal loads and various linear expansions of materials. Thermal imaging study revealed a significant difference in temperature in the pavement structural elements, which in the future leads to the destruction of cement-concrete pavement. It was found that the peeling of the protective layer of metal reinforcement on the studied bridges is caused by the phenomenon of electro-chemical corrosion.

The experience analysis of cement-concrete pavement of the studied objects allows to prepare proposals for the construction of cement-concrete pavement of bridges and overpasses using modern materials, in particular, non-metallic reinforcement.

Keywords: bridges, non-destructive methods, strength, cement-concrete pavement, thermal imaging inspection, reinforcement.

Introduction. The modern advanced applications in science field of road repairs and construction opens a real prospect of increasing the transit attractiveness in our country. Significant weight load using transport corridors falls on the road surface and construction of road bridges. Since the main

disadvantage of asphalt pavements on bridges is insufficient track resistance and low durability then the necessity arises in replacing them on cement-concrete pavements, taking into account modern engineering solutions. This solve the problem in necessity to impose seasonal restrictions on heavy vehicles passage, and the associated overpayment for passage, which compensates cost of road repairs. Based on analysis of foreign experiences, existing regulations and requirements for cement-concrete pavement on bridges and it is gives possibility to choose an effective technology for installation and maintenance [1-8].

Main part. In Ukraine, pavement structures (PS) are classified into two main types - non-rigid and rigid. At the same time, experience shows that under different climatic conditions, intensity and traffic composition, cement concrete pavement are more durable (18 – 50 years) than asphalt (6 – 12 years) [9-12].

At present, the vast majority of roads in Ukraine have asphalt pavements with a carrying capacity of no more than 115 kN (11.5 tons) per axle, and a total elasticity modulus up to 300 MPa. Load from 13 tons an axis demands increase in total elasticity modulus of to 390... 400 MPa, thus tension in a paving layer reaches to 7,0... 7,5 MPa that in 2,5... 3,0 times exceeds limits of durability and shear resistance of usual asphalt concrete. To avoid overstraining the pavement is advisable to use special technical solutions [7, 12-13].

In 2002, for the first time in Ukraine, cement-concrete pavement was laid on bridges as part of the aftermath of a catastrophic flood in the Zakarpattia region on Shopurka river in Velykyi Bychkiv in the Rakhiv district on the H 09 highway. However, cement-concrete pavement performance indicators have been insufficiently studied.

In 2019, the research team of the National Transport University performed instrumental and thermal imaging surveys of bridges with cement-concrete pavements. Also, the strength was determined by non-destructive methods (sclerometer) of bridges cement-concrete pavement H 09 highway (Table 1).

At the points where the strength study of the cement concrete pavement was performed, the following defects were found:

- local chipping in area of deformation joints;
- exposure of crushed stone of cement-concrete pavement;
- shrinkage cracks;
- longitudinal and transverse cracks;
- oscillations of the bridge during the passage of heavy vehicle;
- destruction of bridge slabs due to peeling of the protective layer from metal reinforcement;
- corrosion of metal reinforcement due to the opening of cracks;
- uneven subsidence of the ground on the approaches;
- unsatisfactory condition of expansion joints.

It was also found that the cement concrete of the investigated bridge corresponds to the strength class B 40 (Fig. 1-2).

For in-depth analysis of defects in pavements and structures, a survey was conducted on problem areas of the bridge by thermal imaging (Fig. 3-5).

Table 1

The results of cement concrete strength measuring with a sclerometer
(Bridge M-1. Km. 6 + 000)

Point number	1	2	3	4	5	Average	The standard deviation	Coefficient of variation
1	50	50,5	51	41	47	47,9	4,16	8,7
2	46	46	45	43	42	44,4	1,82	4,1
3	53	42	46,5	45	48,5	47	4,11	8,7
4	53	45	46,5	45,5	53	48,6	4,05	8,3
5	54	48	54	53	43	50,4	4,83	9,6
6	45	43	41	44	49	44,4	2,97	6,7
7	37,5	42,5	35	46,5	37	39,7	4,70	11,8
8	53	53	48	54	54,5	52,5	2,60	4,9
9	57	53	54	47,5	50,5	52,4	3,60	6,9
10	53	54	46	54,5	50	51,5	3,54	6,9
11	53,5	54	47	46	53	50,7	3,87	7,6
12	53	55,5	51	53	59	54,3	3,07	5,7
13	53	43	37	40	43	43,2	6,02	13,9
14	45	51	47	52	42	47,4	4,16	8,8
15	46	47	50	52	48	48,6	2,41	5,0
16	45	53	51	53	50,5	50,5	3,28	6,5
17	44	45	40	41	37	41,4	3,21	7,8
18	42	43	41	43	46	43	1,87	4,4

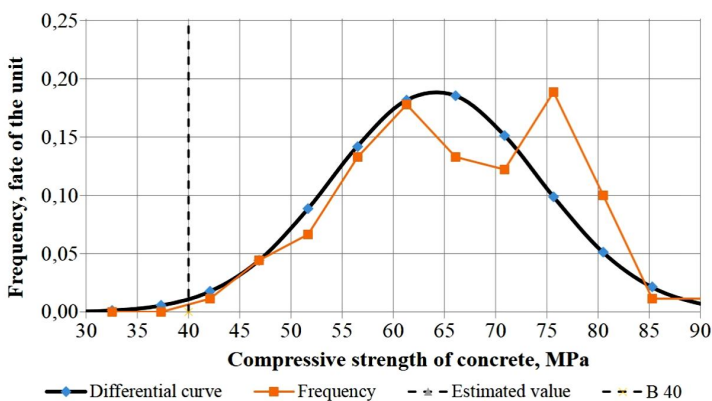


Fig. 1. Differential curve and polygon of compressive strength frequency

Histogram analysis of the pavement temperature changes on the bridge showed that the temperature difference between cement and asphalt pavement is 7-10 °C at an air temperature of 29 °C.

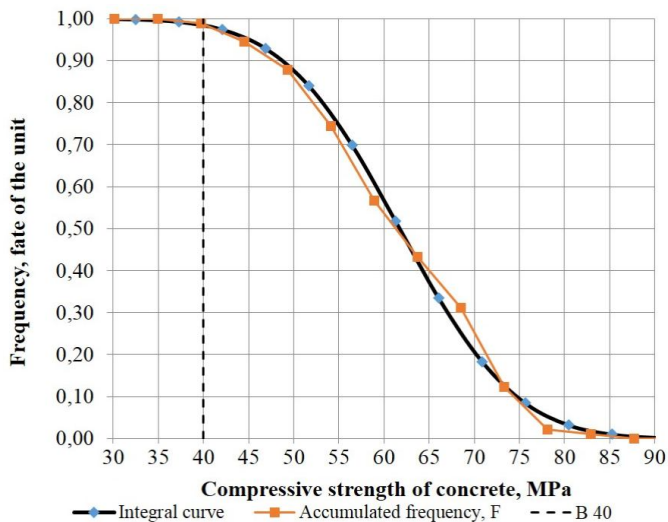


Fig. 2. Reliability curve and inverse accumulated frequency value of cement concrete compressive strength on one section

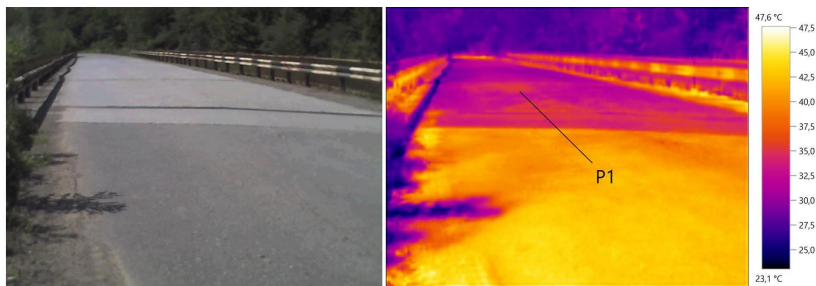


Fig. 3. General view of the M 1 bridge and thermal imaging

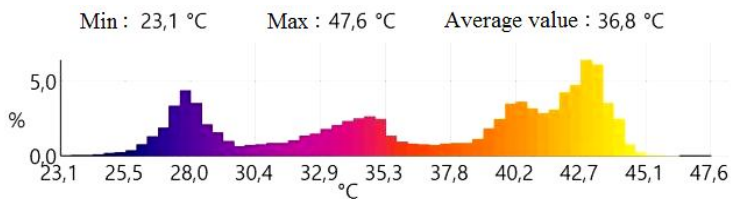


Fig. 4. Histogram of the bridge temperature changes

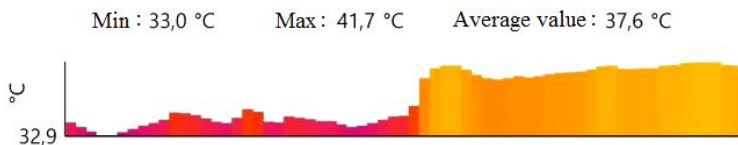


Fig. 5. Histogram of the pavement temperature changes

Thermal imaging evaluation of study local chipping in deformation joints places (Fig. 6-8) showed a significant temperature change in the seam structure and pavement.

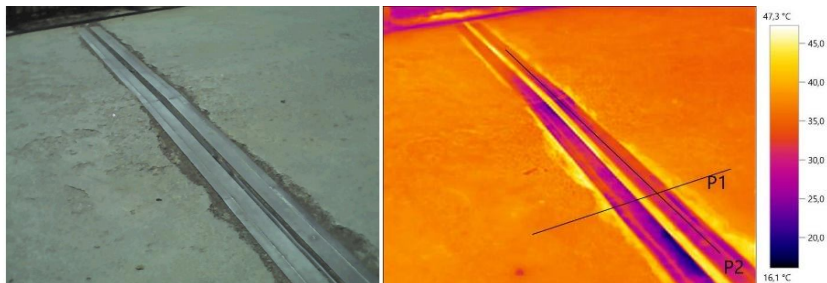


Fig. 6. General view of the expansion joint and thermal imaging

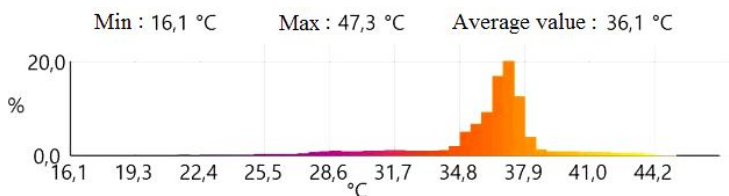


Fig. 7. Histogram of temperature changes around the expansion joint

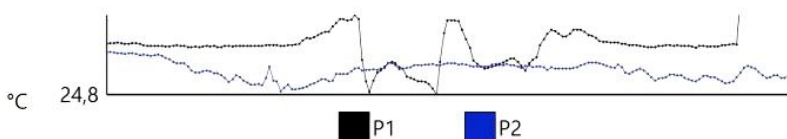


Fig. 8. Graph of temperature distribution in the directions of profile lines P1, P2

In the area of concrete pavement peeling and potholes near the seam destruction, temperature was 36°C, and the temperature inside the seam was 42°C.

Table 2

The results statistical processing of cement concrete test data, reinforced with steel in section 1

Indicator	1	2	3	4	5	6	7
Max	54,0	50,00	14,00	52,29	4,43	9,75	50,02
Min	42,0	32,00	2,00	39,00	0,98	2,10	33,49
Dimension, max-min	12,0	18,00	12,00	13,29	3,45	7,66	16,53
Average	49,75	41,13	8,63	45,54	2,96	6,63	40,69
Standart	3,64	5,16	3,32	3,89	0,99	2,42	4,96
Coefficient of variation	7,32	12,55	38,54	8,54	33,54	36,58	12,20

To determine the reliability results of study, was performed a similar instrumental and thermal imaging survey on experimental areas of cement-concrete pavement on the bridges M 07 highway Kyiv - Kovel.

The M 07 highway was reconstructed due to the unsatisfactory cement-concrete pavement condition and inconsistency of carriageway geometrical parameters. To ensure the homogeneity of the partially destroyed concrete pavement and the removal of internal stresses, the guillotine was broken into fragments. The results of statistical processing to determine the strength of cement concrete on the inspected bridges on M 07 highway are given in table. 2-3.

Table 3

The results statistical processing of cement concrete test data, reinforced with steel in section 2

Indicator	1	2	3	4	5	6	7
Max	54,0	46,00	16,00	49,50	4,67	10,50	45,68
Min	48,0	36,00	6,00	39,78	2,12	4,71	33,33
Dimension, max-min	6,0	10,00	10,00	9,72	2,55	5,79	12,35
Average	51,00	41,00	10,00	45,38	3,33	7,39	39,92
Standart	1,81	3,02	2,56	2,67	0,69	1,71	3,12
Coefficient of variation	3,55	7,35	25,58	5,88	20,85	23,09	7,81

As a result of the recalculation, it was obtained that the concrete strength of two sections is almost the same and corresponds to the strength class B 40.

Table 4

The results of statistical processing of all experimental data to determine the cement concrete strength

Indicator	Value
Max, MPa	71,73
Min, MPa	31,44
Dimension max-min, MPa	40,29
The average value of compressive strength, MPa	55,23
Standart, MPa	9,08
Coefficient of variation	16,44
Estimated value, MPa	40,33
The amount of test data	137
Intervals (Number of ranges)	8,098
Accepted Intervals n	8
Accepted step h	4,6
Compression concrete class	B 40

According to the test results, the compressive strength varies from 31.4 to 71.7 MPa. The average value of compressive strength is 40.33 MPa. With

supplies of 95%, the strength class of cement concrete in the section № 1 is installed B 40.

According to the results of the sections inspection M 07 highway, longitudinal and transverse cracks, chipped corners, protrusions, ruptures and clogging of joint seals, destruction and cracks in expansion joints, peeling and chipping of cement concrete slabs, subsidence and protrusion coverage were found on the bridges (Fig. 9-14).



Fig. 9. General view and thermal imaging joint study of cement-concrete pavement with asphalt-concrete

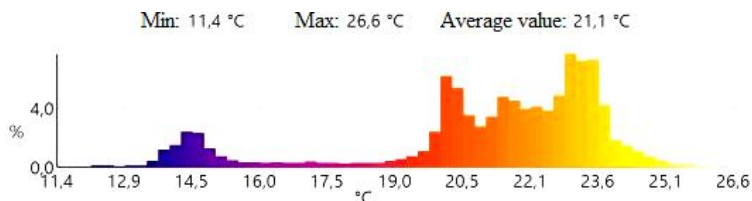


Fig. 10. Temperature changes histogram around the joint of cement-concrete pavement with asphalt-concrete

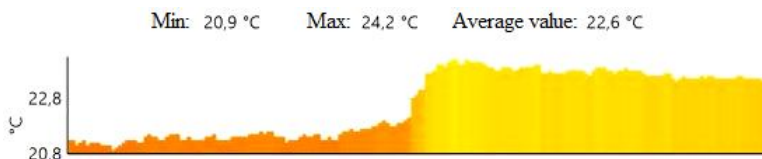


Fig. 11. Temperature changes histogram of the pavement

Analysis of research shows that the reinforced concrete slabs of bridges destruction is mainly due to the process of corrosion and loss of volume steel reinforcement working part, unsatisfactory condition of the expansion joints on the supports. On the other side, cracks occur in reinforced concrete slabs due to low resistance of concrete to bending loads, due to which steel reinforcement is exposed to aggressive environments. Structural cracks in concrete occur due to excessive loading, which leads to overstrain of the structure, and non-structural cracks occur due to internal stresses caused by thermal loads and various linear expansions of materials [3].

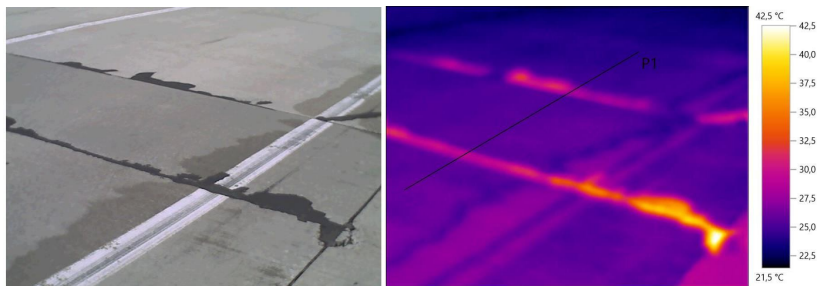


Fig. 12. General view and thermal imaging study of the compensation seam filled with mastic

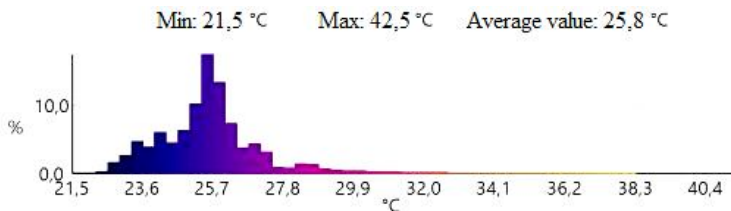


Fig. 13. Histogram of temperature changes around the compensation seam filled with mastic

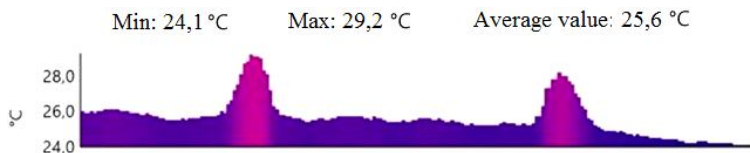


Fig. 14. Graph of temperature changes in the direction of the profile P1

To solve the research problems and determine the prospects for further research by author's team, is proposed, to use a number of methods and design solutions, such as treatment of steel reinforcement with anti-corrosion materials, use of non-metallic reinforcement and high-performance concrete. In particular, new non-corrosive materials have recently been actively sought to reinforce concrete structures, such as fibrous polymer composite (FRP), which is estimated to solve the above problem, especially in harsh environment [7].

Conclusions. According to results of visual, instrumental and thermal imaging inspection, was found that one of the main problems that causes cement concrete pavement destruction on highway road sections and on bridges is the condition of expansion joints. Therefore, at least three expansion joints without pins and gaskets must be installed in front of bridges and overpasses. Seams should be filled with highly compressible material, such as sand treated with bitumen.

On category I-III roads with embankments over 3 m high made of large fragmented soils, with embankments in swamps with partial peat, on overpasses through railways, where is expected uneven subsidence of the ground, is recommended to arrange cement-concrete pavements and reinforced concrete.

And it is established that the peeling of the protective metal reinforcement layer is caused by the phenomenon of electro-chemical corrosion. Therefore, it is advisable to use non-metallic reinforcement for cement-concrete pavement and slabs of bridges carriageway.

REFERENCES

1. Transportation for America. The Fix We're In For: The State of Our Nation's Bridges. Washington, USA, 2013. Pp.8. URL: <https://www.infrastruc tureusa.org/the-fix-were-in-for-the-state-of-our-nations-bridges-2013/>
2. *Gucunski N., Maher A., Basily B., La H., Lim R., Parvardeh H. and Keel S.-H.* Robotic platform rabbit for condition assessment of concrete bridge decks using multiple nde technologies. HDKBR INFO Magazin. Vol. 3 No. 4, 2013. Pp.5-12. URL: <https://www.researchgate.net/publication/281897822>.
3. *Amir Gheitasil and Devin K. Harris.* Effect of Deck Deterioration on Overall System Behavior, Resilience and Remaining Life of Composite Steel Girder Bridges, 2014 SEI Structures Congress, Boston, MA. URL: <https://arxiv.org/abs/1402.4180>
4. *Elói Figueiredo, Ionut Moldovan, Manuel Barata Marques.* Condition Assessment of Bridges: Past, Present and Future A Complementary Approach. Universidade Católica Editora. Pp. 199. URL:<https://www.researchgate.net/publication/260341703>
5. FRP Reinforcement for Concrete: Performance Assessment and New Construction Volume I: Sierrita De La Cruz Creek Bridge. Technical Report. GRANT: DTRT13-G-UTC45 Project Period: 10/1/2015 –6/1/16. Pp. 37. URL:<https://www.researchgate.net/publication/310843748>
6. *Koch, G.H., Payer, J.H., Brongers, M.P.H., Thompson, N.G., and Virmani, Y.P. Payer, J.H.* Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States. Report, National Association of Corrosion Engineers (NACE), Report No. FHWA-RD-01-156, 2002. Pp. 773. URL: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/39217>
7. *Tsybul'skiy V.M., Kharchenko A.N.* Features of sliding structures design of bridges reinforced with composite materials. Modern engineering and innovative technologies. Issue №15, Part 1. Indexed in INDEX COPERNICUS (ICV: 84.35), Germany, 2021. Pp. 75-83. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-15-01-096
8. *Gooranorimi, O., Bradberry, T., Dauer, E., Myers, J., Nanni. A.* FRP Reinforcement for Concrete: Performance Assessment and New Construction Volume I: Sierrita De La Cruz Creek Bridge. 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/310843748_FRP_Reinforcement_for_Concrete_Performance_Assessment_and_New_Construction_Volume_I_Sierrita_De_La_Cruz_Creek_Bridge
9. *Gameliak I.P., Shurhaia A.H., Yakymenko Ya.M., Chyzhenko N.P., Karpiuk O.A.* Porivniansia suchasnykh dobavok dlia vysokomitsnoho dorozhnoho betonu (Comparison of modern additions is for a visokomitsnoho travelling concrete). Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo: Naukovo-tehnichniy zbirnyk. Vyp. 92. K.: NTU, 2014. P. 38 – 49.
10. *Gameliak I.P., Koretskiy A.S., Koretskiy S.S.* Pro neobkhdnist budivnytstva tsementobetonnykh pokryttiv v Ukraini (About the necessity of building of цементобетонних coverages for Ukraine). Avtoshliakhovyk Ukrainy 5/201. Naukovo-tehnichniy zbirnyk, 2013. P. 24 – 26.
11. *Khyshmakh M., Maylian D.R., Polskoi P.P., Bliahoz A.M.* Prochnost y deformatsiynost yzhybaemykh elementov yz tiazheloho betona, armuovanyykh stekloplastykovoio y stalnoi armaturoi (Durability and deformation of the bent elements from a heavy concrete, reinforced glass-plastic and gagers). Noveye tekhnolohy. Maikop: MHTU, 2012. Vypusk 4. P.147-152.
12. *Gameliak I.P., Koval T.I.* Udoskonalennia metodyky vyprobuvan na vtomu betonnykh pereriziv elementiv armovanyykh nemetalevoiu kompozytnoio bazaltoplastykovoio armaturoiu (Improvement of method of tests on the fatigues of betonnykh cuts of elements reinforced by a non-metal composite basalt-plastic armature). Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo. Vyp. 99, 2017. P.184-201.
13. *Gameliak I.P., Koval T.I.* Matematychna model vtomnoi mitsnosti nemetalevoi sterzhnevoi armaturoy (Mathematical model of tireless durability of the non-metal cored armature). ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering. Poltava: PNTU, 2017. T. 1 (43). P. 162-168. Rezhym dostupu: <http://journals.nupp.edu.ua/zn/article/view/120>.

Гамеляк І.П., Харченко А.М., Дмитриченко А.М., Цибульський В.М., Густелєв О.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ТА СТАНУ ЦЕМЕНТОБЕТИОННОГО ПОКРИТТЯ НА МОСТАХ НЕРУЙНІВНИМИ МЕТОДАМИ

В статті наведені результати визначення міцності неруйнівними методами цементобетонного покриття на мостах. За результатами дослідження побудована диференційна крива, крива надійності та обернена величина накопиченої частоти міцності на стиск цементобетону. Встановлено, що цементобетон досліджуваних об'єктів відповідає класу міцності згідно нормативних документів. Проте, за результатами візуального, інструментального та тепловізійного обстеження ділянок на мостах виявлено ряд дефектів цементобетонного покриття та плит проїзної частини, які можуть призвести до втрати міцності конструкції дорожнього одягу. Зокрема, встановлено, що руйнування обстежених залізобетонних плит мостів переважно відбувається під впливом процесу корозії та втрати об'єму робочої частини сталеві арматури, незадовільного стану компенсаційних швів на опорах. Визначено, що тріщини в залізобетонних плитах виникають через низьку стійкість бетону на згинальні навантаження, через які сталеві арматура піддається впливу агресивного зовнішнього середовища. В свою чергу доведено, що структурні тріщини в бетоні виникали через надмірне навантаження, що призвело до перенапруження конструкції, а неструктурні тріщини – внаслідок внутрішніх перенапружень, що спричинені тепловими навантаженнями та різними лінійними розширеннями матеріалів. Тепловізійним дослідженням було виявлено значну розбіжність температур в елементах конструкції дорожнього одягу, що в майбутньому призводить до руйнування цементобетонного покриття. Виявлено, що відшаровування захисного шару сталеві арматури на досліджуваних мостах спричинене вищим електро-хімічною корозією.

Аналіз досвіду влаштування цементобетонного покриття досліджуваних об'єктів дозволяє підготувати пропозиції щодо конструювання цементобетонного дорожнього одягу мостів та шляхопроводів з використанням сучасних матеріалів, зокрема, неметалевої арматури.

Ключові слова: мости, неруйнівні методи, міцність, цементобетонне покриття, тепловізійне обстеження, арматура.

Гамеляк І.П., Харченко А.Н., Дмитриченко А.Н., Цыбульский В.Н., Густелев А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И СОСТОЯНИЯ ЦЕМЕНТОБЕТИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА МОСТАХ НЕРАЗРУШАЮЩИМИ МЕТОДАМИ

В статье приводятся результаты определения прочности методами неразрушающими цементобетонное покрытие на мостах. По результатам исследования построена дифференциальная кривая, кривая надежности и обратная величина накопленной прочностной частоты на сжатие цементобетона. Установлено, что цементобетон изучаемых объектов соответствует классу прочности, указанному в нормативных документах. Однако по результатам обследования участков на мостах выявлен ряд дефектов цементобетонного покрытия и плит проезжей части, которые могут привести к потере прочности конструкции дорожной одежды. Тепловизионным исследованием было выявлено значительное расхождение температур в элементах конструкции дорожной одежды, что в будущем может привести к разрушению цементобетонного покрытия.

Анализ опыта устройства цементобетонного покрытия исследуемых объектов позволяет подготовить предложения по конструированию цементобетонной дорожной одежды мостов и путепроводов с использованием современных материалов, в частности, неметаллической арматуры.

Ключевые слова: мости, неразрушающие методы, прочность, цементобетонное покрытие, тепловизионное обследование, арматура.

УДК 539.3:624.21.095

Гамеляк І.П., Харченко А.М., Дмитриченко А.М., Цибульський В.М., Густелєв О.О. Дослідження міцності та стану цементобетонного покриття на мостах неруйнівними методами // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірн. – К.: КНУБА. 2022. – Вип. 108. – С. 243-254.

У статті наводяться результати визначення міцності цементобетонного покриття на мостах неруйнівними методами.

Лл. 14. Табл. 4. Бібліогр. 13 назв.

UDC 539.3:624.21.095

Gameliak I.P., Kharchenko A.N., Dmytrychenko A.N., Tsybul'skyi V.N., Hustieliev O.O. Research of strength and condition of cement-concrete pavement on bridges by non-destructive methods // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles. – K.: KNUBA. 2022. – Issue 108. – P. 243-254.

The article presents the results of determining the strength of cement-concrete pavement on bridges by non-destructive methods.

Fig. 14. Tab. 4. Ref. 13.

УДК 539.3:624.21.095

Гамеляк І.П., Харченко А.Н., Дмитриченко А.Н., Цибульський В.Н., Густелєв А.А. Исследование прочности и состояния цементобетонного покрытия на мостах неразрушающими методами // Сопротивление материалов и теория сооружений. – К.: КНУБА, 2022. – Вип. 108. – С. 243-254.

В статті приводяться результати определения прочности цементобетонного покрытия на мостах неразрушающими методами.

Ил. 14. Табл. 4. Библиогр. 13 назв.

Автор (вчена ступень, вчене звання, посада): доктор технічних наук, завідувач кафедри аеропортів НТУ, ГАМЕЛЯК Ігор Павлович.

Адреса: 01010 Україна, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, Національний транспортний університет, ГАМЕЛЯКУ Ігорю Павловичу.

Роб. тел. +38 (044) 280-70-73;

Мобільний тел.: +38 (050) 352-41-24;

E-mail: gip65n@gmail.com.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9246-7561>

Автор (вчена ступень, вчене звання, посада): доктор технічних наук, доцент кафедри Кафедра транспортногo будівництва та управління майном НТУ, ХАРЧЕНКО Анна Миколаївна.

Адреса: 01010 Україна, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, Національний транспортний університет, ХАРЧЕНКО Анні Миколаївні.

Роб. тел. +38 (044) 280-79-09;

Мобільний тел.: +38 (067) 255-76-68;

E-mail: anna-x3@ukr.net.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8166-6389>

Автор (вчена ступень, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортного права та логістики НТУ, ДМИТРИЧЕНКО Андрій Миколайович.

Адреса: 01010 Україна, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, Національний транспортний університет, ДМИТРИЧЕНКУ Андрію Миколайовичу.

Роб. тел. +38 (044) 280-70-73;

Мобільний тел.: +38 (050) 281-60-06;

E-mail: dmytrychenkoa@gmail.com.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6144-7533>

Автор (вчена ступень, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, старший викладач кафедри опору матеріалів та машинознавства НТУ, ЦИБУЛЬСЬКИЙ Віталій Миколайович.

Адреса робоча: 01010 Україна, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, Національний транспортний університет, ЦИБУЛЬСЬКОМУ Віталію Миколайовичу.

Адреса домашня: 02081 Україна, м. Київ, вул. Золбунівська, 11, кв.16, ЦИБУЛЬСЬКОМУ Віталію Миколайовичу

Роб. тел. +38 (044) 280-43-68;

Мобільний тел.: +38 (097) 705-88-76;

E-mail: mega.sopromat@ukr.net

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3150-3965>