

UDC 691.327:666.973.2:666.64-492.3:624.041.06
DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.34.13>

INVESTIGATION OF SHRINKAGE DEFORMATIONS OF KERALITE CONCRETE ON CARBONATE SAND

**Stolevych Igor Anatoliyovych¹, Posternak Oleksandr Oleksiyovych²,
Kovtunenکو Oleksiy Volodymyrovych³, Petrash Svitlana Victorivna⁴,
Urazmanova Nadiia Fanisivna⁵**

¹ Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Materials Resistance,

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa, Ukraine,
e-mail: stolevich.i.a@gmail.com, orcid: 0000-0001-6729-8532

² Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Structures,

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa, Ukraine,
e-mail: alex.bk@ukr.net, orcid: 0000-0002-7016-6941

³ Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Materials Resistance,

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa, Ukraine, e-mail:
akovtunenکو@odaba.edu.ua, orcid: 0000-0002-0542-0261

⁴ Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Materials Resistance,

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa, Ukraine,
e-mail: svet_lana_petrash@odaba.edu.ua, orcid: 0000-0002-8567-3962

⁵ Assistant at the Department of Architectural Structures,

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa, Ukraine,
e-mail: nadegdaurazmanova@odaba.edu.ua, orcid: 0000-0002-3415-4150

Abstract. Purpose. The aim of the work is to study the shrinkage of keralite concrete on carbonate sand including under the influence of composition factors.

Methodology. The study of shrinkage and creep of keralite concrete on carbonate sand was carried out according to the method of experiment planning.

The factors taken as factors are:

1. Cement consumption C , $\text{kg}/\text{m}^3 - X_1$.

2. Aggregate-structural factor $r - X_2$.

3. Age of concrete by the moment of loading t_0 , days. - X_3 .

Shrinkage strains were determined according to the requirements of [10].

Results. Our experiments and experiments [4; 9; 13; 14; 17] confirmed the known rule about the independence of the effect of cement consumption within the usual norms for obtaining mixtures of the same mobility. Consequently, an increase in cement consumption at constant water consumption leads to an increase in the strength and relative volume of crystalline aggregate, which, like inert aggregate, has a restraining effect on the volumetric changes in the gel accompanied by concrete shrinkage. Water is the cause of moisture-physical phenomena in cement stone causing its shrinkage. Therefore, for the most complete reflection of the influence of composition factors, it is necessary to introduce water consumption into the structure of the dependence.

Scientific novelty. The consistent application of dispersion, correlation and regression analyses of the results of experimental studies allowed to establish the

structure of dependence between $\varepsilon_{sc}(\infty, t_w)$ and the composition factors W, C, r , to determine the coefficients at the regression terms and the necessary static characteristics.

Practical significance. Prediction of shrinkage strain limits $\varepsilon_{sc}(\infty, t_w)$ is important for their normalisation and further design of concrete compositions. However, the practical use of the regression equation for predicting $\varepsilon_{sc}(\infty, t_w)$ is difficult because it only indirectly takes into account the influence of such a factor as the amount of mixing water.

Keywords: shrinkage deformation, water, cement, concrete, regression equation, aggregate-structural factor.

INTRODUCTION

Increasing the reliability of predicting the magnitude of shrinkage deformations of keralite concrete on carbonate sand is associated with the need for further studies of various factors, and, first of all, formulation factors. In connection with these research objectives was to clarify the influence of formulation factors on the development in time and the limiting values of shrinkage deformations, the establishment of dependencies for calculating the limiting values of shrinkage deformations and their development in time, taking into account the main characteristics of the composition of keralite concrete on carbonate sand.

ANALYSES OF PAST STUDIES

Numerous studies of concrete on dense and porous aggregates [1; 5–8; 12; 15; 19] have made it possible to classify the factors affecting shrinkage deformations in several ways. These are factors related to the formulation and technology of concrete preparation, operating conditions and environmental effects, etc.

PURPOSE

To identify the nature and degree of influence of formulation factors on shrinkage deformations depending on the age of keralite concrete. Therefore, it seems appropriate to analyse the change of regression coefficients in mathematical models at different ages of observation.

RESULTS AND DISCUSSION

Formulation and technological factors have a determining influence on shrinkage deformations. The peculiarities of concrete on porous aggregates increase their influence [11; 16; 20].

Approximate dependences [2; 3; 18], obtained from the average values of experimental values of shrinkage deformations do not fully take into account the peculiarities of keralite obeton on carbonate sand and cannot provide

the required reliability of shrinkage deformation calculation at the design stage.

This problem was solved by constructing and analysing regression equations estimating the influence of cement consumption and aggregate-structural factor on relative shrinkage deformations $\varepsilon_{sc}(\infty, t_w)$ at concrete ages $t=14, 28, 90, 180, \infty$ days. Table 1 shows the values of coefficients at regression terms for the obtained equations and their statistical characteristics.

Verification by Fisher's criterion showed the adequacy of the models to the experimental values of shrinkage deformations at each of the considered ages ($F_{ad} < F_{tab.}$) and their information value ($F_{inf.} > F_{tab.}$). Preliminary analysis of the coefficients at the regression terms in the obtained regression equations shows that the increase in the age of keralite concrete leads to a change in the nature of the influence of formulation factors on shrinkage deformations.

In order to assess the statistical significance of these changes, the calculated values of shrinkage strains at each of the adopted concrete ages were determined using the mathematical models by substituting the coded values of factors x_1 and x_2 into the above equations. These values were taken as initial values for further analyses.

The statistical significance of these changes in the nature of the influence of the studied factors on the shrinkage deformations was assessed by the methods of dispersion analysis.

One of the prerequisites for the use of analysis of variance in this case is to check the homogeneity of the reproducibility variance due to experimental error. This error is characterised by the dispersion values calculated at each of the considered ages on samples whose concrete composition is determined by zero levels of the investigated factors. The test of the null hypothesis by the Hartley criterion confirmed their homogeneity. It follows that, firstly, all factors, except the formulation, in the conditions

of these experimental studies do not have a statistically significant effect on shrinkage deformations; secondly, for further analysis, the average variance of reproducibility can be accepted:

$$\overline{S^2} = 1 / m \sum_{i=1}^m S_{\epsilon_{sc}}^2 = 153,8 / 5 = 30,76.$$

The regularities of connection between the limiting values of shrinkage deformations $\epsilon_{sc}(\infty, 1)$ and the investigated factors of composition C and r are expressed by the regression equation, the coefficients of which are given in Table 2 for $t = \infty$. The analysis of the influence of these factors on $\epsilon_{sc}(\infty, t_w)$ is given above.

Analysis of significant coefficients at regression terms shows that shrinkage deformations at all ages of concrete depend linearly on cement consumption. The aggregate-structural factor r has a greater influence (2–4 times) than cement consumption on $\epsilon_{sc}(t, t_w)$. It has a non-linear character. The effect of interaction of the investigated factors is manifested only in the early age of concrete and practically disappears by 90 days.

Consecutive application of dispersion, correlation and regression analyses of the results of experimental studies allowed to establish the structure of dependence between $\epsilon_{sc}(\infty, t_w)$ and

Table 1

Coefficients and static characteristics of regression equations $\epsilon_{sc}(t, 1) \cdot 10^5$

Concrete age t, day	Coefficients at regression terms						Values of Fisher's criterion for testing the adequacy of models	Fisher's criterion values for testing the information utility of models	Reproducibility variance	Average coefficient of variation	Values of the Hartley criterion for testing the hypothesis of homogeneity of reproducibility dispersions			
	b_0	b_1	b_2	b_{11}	b_{22}	b_{12}						$F_{ad.}$	$F_{tabl.}$	$F_{inf.}$
14	15	1*	5	-1*	0,6*	3	4,18	19,33	7,96	4,06	4,2	11,6	14,6	18,7
28	36	-11	18	-2*	8	-9	5,27	19,25	50,4	4,74	11,5	9,5	5,4	16,3
90	81	-24	65	7*	21	-7*	2,64	19,3	40,2	4,74	31,6	7,2	2,2	13,7
180	117	-23	81	12*	16	-2*	1,32	19,33	7,1	5,96	44,7	6,1	1,8	10,8
∞	127	-20	84	13*	22	1*	0,78	19,33	68,7	4,06	61,8	6,3	-	-

Note: Asterisk indicates statistically insignificant coefficients.

Table 2

Statistical characteristics of shrinkage deformations ϵ_{sc}

№	Factor	t = 14 day.			t = 28 day.			t = 90 day.			t = 180 day.			t = ∞		
		ϵ_{sc}	$S^2 \epsilon_{sc}$	$Cv \epsilon_{sc, \%}$	$\overline{\epsilon_{sc}}$	$S^2 \epsilon_{sc}$	$Cv \epsilon_{sc, \%}$	$\overline{\epsilon_{sc}}$	$S^2 \epsilon_{sc}$	$Cv \epsilon_{sc, \%}$	$\overline{\epsilon_{sc}}$	$S^2 \epsilon_{sc}$	$Cv \epsilon_{sc, \%}$	$\overline{\epsilon_{sc}}$	$S^2 \epsilon_{sc}$	$Cv \epsilon_{sc, \%}$
1	C at r = 0,25	7,3	0,915	14,8	24,7	5,3	10,6	42,7	305,3	46,2	60,0	489,0	41,6	73,3	432,3	32,0
2	C at r = 0,625	14,3	1,4	7,2	34,7	122,3	12,0	86,7	592,3	31,6	125,0	577,0	21,7	135,7	456,3	17,8
3	C at r = 1	17,3	14,3	24,8	60,7	401,3	37,2	172,7	977,3	20,4	222,0	673,0	13,2	239,0	784,0	13,2
4	r at C = 250kg/M ³	15,7	9,3	21,9	61,0	313,0	32,7	127,0	5331	64,8	162,7	6974	57,9	176,0	7761	56,5

Continuation of the table 2

5	r at C = 400кг/м³	15,0	25,0	7,3	41,3	343,8	50,5	96,0	288,0	19,9	127,7	5307	50,6	139,7	6681	65,9
6	r at C = 550кг/м³	15,7	29,2	12,3	28,3	100,3	39,2	79,0	3511	84,5	116,7	6326	76,8	132,3	6594	69,2

the composition factors W, C, r, to determine the coefficients at the regression terms and the necessary static characteristics.

Taking into account the results of the analysis of the influence of composition factors on shrinkage deformations, a generalised composition factor $X = (W/C) + r$ was assigned as an argument. The random variables $X = (W/C) + r$ and $\epsilon_{sc}(\infty, t_w)$ obey the law of normal distribution. The test of the null hypothesis that the general correlation coefficient is $H_0: \rho_{xy} = 0$ equal to zero is rejected in favour of the alternative hypothesis, indicating a linear relationship between $\epsilon_{sc}(\infty, t_w)$ and $X = (W/C) + r$. Subsequent regression analysis allowed us to determine the coefficients at the regression terms

$$\epsilon_{sc}(\infty, 1) \cdot 10^5 = 144,7[(W/C) + r] - 73,1, \quad (1)$$

The development in time of the shrinkage process of keralite concrete on carbonate sand can be approximated reliably enough by the dependence

$$\epsilon_{sc}(t, t_w) = \epsilon_{sc}(\infty, t_w) (1 - e^{-a_s(t-t_w)}), \quad (2)$$

where a_s - shrinkage growth rate parameter in time.

Mathematical and static processing of experimental values of $\epsilon_{sc}(t, t_w)$, allowed for each concrete composition to establish the value of the parameter a_s and its relationship with the studied factors in the form of a second degree polynomial

$$a_s = 0,0124 - 0,0311X_1 + 0,0042X_2 - 0,0031X_1X_2 + 0,0002X_1^2 + 0,0006X_2^2, \quad (3)$$

Correlation and regression analyses allowed us to establish the existence and type of dependence between the shrinkage growth

rate over time parameter a_s and the generalised composition factor $(W/C) + r$.

$$a_s = 0,0101[(W/C) + r], \quad (4)$$

Taking into account the obtained equations (1) and (4), the dependence (2) can be represented in the following form

$$\epsilon_{sc}(t, 1) = [144,7(W/C+r) - 73,1] \cdot [1 - e^{-0,0101(W/C+r)(t-1)}], \quad (5)$$

Dependence (5) is convenient because it allows to predict shrinkage deformations of keralite concrete on carbonate sand at any moment of time $t > 1$ day. This dependence can be used to normalise intermediate values of shrinkage deformations of keralite concrete on carbonate sand.

The analysis of this equation allows us to draw the following conclusions: the rate of increase of shrinkage deformation in time depends on both factors, and the factor X_2 has 1.5 times more influence than the factor X_1 ; there is a linear relationship between the parameter a_s and the considered factors, provided that one of them takes fixed values; reduction of cement consumption and increase in the content of carbonate sand in the aggregate mixture leads to an increase in the rate of increase of shrinkage deformation in time.

Mathematical and statistical calculations and statistical characteristics of regression equation (4) are given in Table 3.

CONCLUSIONS

1. Shrinkage deformations of keralite concrete on carbonate sand are subject to the basic laws inherent in concrete on other types of aggregates. The available dependencies

Table 3

Statistical characteristics of the equations regressions $\epsilon_{sc}(t, 1)$ and a_s .

№ equations	Average values		Dispersion		Correlation coefficients		A measure of individual dispersion δ_{ϵ_s}	Critical value of the sample correlation coefficient $r/1-\alpha/2$
	X_{av}	Y_{av}	S_x^2	S_y^2	r_{xy}	ρ_{xy} at $\alpha=0.05$		
4.1	1,405	130	0.246	6653	0,68	$\neq 0$	63,9	0,602
4.4	1,405	0,0142	0,246	0,0002	0,53	$\neq 0$	0,014	0,602

for predicting the shrinkage deformations of concrete do not fully take into account the peculiarities of keralitic concrete on carbonate sand and cannot provide the required reliability of the calculation.

2. The shrinkage strains are statistically significantly dependent on formulation factors, loading age and observation time, and the level of acting stresses.

3. It is recommended to use dependence (2) to predict shrinkage deformations of keralite concrete on carbonate sand with known characteristics of concrete. The values of $\varepsilon_{sc}(\infty, t_w)$ and $\varepsilon_{sc}(\infty, 1)$ are recommended to be calculated by expressions (1).

BIBLIOGRAPHY

[1] Chandra S., Berrtsson L. *Lighttight Aggregate Concrete Science, Technology and Applications*. Norwich, UK, USA. Noyes Publications/William Andrew Publishing. 2002. 100 p.

[2] Kravchenko S.A., Stolevich I.A., Kostyuk A.I., Urazmanova N.F. Study of the effect of crack formation on the performance of wall panels. IX International Scientific-Practical Conference «Actual Problems of Engineering Mechanics» (APEM-2022), P. 118–119.

[3] Kravchenko S.A., Posternak O.O., Kostyuk A.I., Stolevich I.A., Urazmanova N.F. The effect of crack formation on the performance of wall panels. IX міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми інженерної механіки» 17-20 травня 2022 року.

[4] Kim M. O., Qian X., Lee M. K., Park W-S., Jeong S. T., Oh N. S. Determination of Structural Lightweight Concrete Mix Proportion for Floating Concrete Structures. *Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*. 2017. Vol. 29. Iss. 6. P 315–325.

[5] Małgorzata Rodacka, Lucyna Domagała, Rafał Szydłowski. Assessment of Properties of Structural Lightweight Concrete with Sintered Fly Ash Aggregate in Terms of Its Suitability for Use in Prestressed Members. *Materials (Basel)*. 2023 Aug 2;16(15), 5429. doi: 10.3390/ma16155429.

[6] Petr Havlásek, Vít Šmilauer, Lenka Dohnalová, Radoslav Sovják. Shrinkage-induced deformations and creep of structural concrete: 1-year measurements and numerical prediction. *Cement and Concrete Research*. Volume 144, June 2021, 106402. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2021.106402>.

[7] Sebastián Labbé, Mauricio Lopez. Towards a more accurate shrinkage modeling of lightweight and infra-lightweight concrete. *Construction and Building Materials*. Volume 246, 20 June 2020, 118369. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118369>.

[8] Zareef M. A. E. An Experimental and Numerical Analysis of the Flexural Performance of Lightweight Concrete Beams reinforced with GFRP Bars. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. vol. 13. no. 3. pp. 10776–10780, Jun. 2023.

[9] Агафонова І.П., Постернак О.О., Кравченко С.А., Агаєва О.А., Столевич І.А. Дослідження міцнісних і деформативних властивостей керамзитобетону на цементно-зольному в'язучому. *Нові технології в будівництві* : науково-технічний журнал. Київ. НДІБВ. 2021. №40. С. 38–43. DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.40.5>.

[10] ДСТУ Б В.2.7-216:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення деформацій усадки та повзучості. [Чинний від 01.09.2010]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 21 с.

[11] Кравченко С.А., Постернак О.О., Зінченко С.В., Агаєва О.А., Столевич І.А. Дослідження міцнісних і деформативних властивостей керамзитобетону на цементно-зольному в'язучому. *Нові технології в будівництві* : науково-технічний журнал. Київ. НДІБВ. 2021. №39. С. 54–60. DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.8>.

[12] Кравченко С.А., Постернак О.О. Несуча здатність та деформативність згинальних елементів з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому при довготривалій дії навантаження. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. праць. Рівне. УДУВГП. 2018. № 35. С. 85–94.

[13] Кравченко С.А., Постернак О.О. Основні деформативні властивості керамзитобетонів. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. праць. Рівне. УДУВГП. № 36. 2018. С. 47–54.

[14] Кравченко С.А., Постернак О.О., Столевич І.А. Конструкційні та конструкційно-теплоізоляційні легкі бетони на пористих заповнювачах. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. праць. Рівне. УДУВГП. 2015. № 31. С. 213–221.

[15] Кравченко С.А., Постернак О.О., Столевич І.А. Несуча здатність та деформативність елементів і конструкцій з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві* : зб. наук. праць. Луцьк. Луцький національний технічний університет. 2021 № 16. С. 85–92. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6\(16\)-11](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-11).

[16] Очеретний В. П., Ковальський В. П., Машницький М. П., Діденко А. Ф. Використання відходів промисловості для виробництва ефективних будівельних матеріалів. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві* : науково-технічний збірник. Вінниця. ВНТУ. 2010. № 2. С. 53–55.

[17] Проектування керамзитобетонів з урахуванням рецептурно-технологічних факторів і конструкцій на їх основі для монолітного будівництва : монографія / В.С. Дорофеев, А.І. Костюк та ін. Одеса. ОДАБА. 2014. 176 с.

[18] Столевич І.А., Постернак О.О., Костюк А.І., Уразманова Н.Ф., Кравченко С.А. Деформативні властивості керамзитобетону на карбонатному піску та цементно-зольному в'язучому в залежності від впливу чинників складу. *Збірник наукових праць «Теорія та практика дизайну»*. 2023. №28. С. 96–103. URL: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.28.10>.

[19] Столевич І.А., Постернак О.О., Петраш С.В., Костюк А.І., Уразманова Н.Ф. Бетони на пористих

заповнювачах в будівництві. *Збірник наукових праць «Теорія та практика дизайну»*. 2024. №32. С. 63–69. DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.32.8>.

[20] Столевич І.А., Постернак О.О., Петраш С.В., Ковтуненко О.В., Уразманова Н.Ф. Research and analysis of the influence of recipe and technological factors on the strength of expanded clay concrete on quartz sand. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. №21. С. 235–243. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-25](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-25).

REFERENCES

[1] Chandra, S., & Berrtsson, L. (2002). *Lighttight Aggregate Concrete Science, Technology and Applications*. Norwich, UK, USA. Noyes Publications/William Andrew Publishing [in English].

[2] Kravchenko, S.A., Stolevich, I.A., Kostyuk, A.I., & Urazmanova, N.F. (2022). Study of the effect of crack formation on the performance of wall panels. *IX International Scientific-Practical Conference «Actual Problems Of Engineering Mechanics»*. (Vol. 2840), <https://doi.org/10.1063/5.0169189> [in English].

[3] Kravchenko, S.A., Posternak, O.O., Kostyuk, A.I., Stolevich, I.A., & Urazmanova, N.F. (2022). The effect of crack formation on the performance of wall panels. Study of the effect of crack formation on the performance of wall panels. *IX International Scientific-Practical Conference «Actual Problems Of Engineering Mechanics» (APEM-2022)*, (pp.118-119) [in English].

[4] Kim, M. O., Qian, X., Lee, M. K., Park, W-S., Jeong, S. T., & Oh, N. S. (2017). Determination of Structural Lightweight Concrete Mix Proportion for Floating Concrete Structures. *Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*. (Vol. 29), (pp. 315-325) [in English].

[5] Małgorzata Rodacka, Lucyna Domagała & Rafał Szydłowski. (2023). Assessment of Properties of Structural Lightweight Concrete with Sintered Fly Ash Aggregate in Terms of Its Suitability for Use in Prestressed Members. *Materials (Basel)*. (16). <https://doi:10.3390/ma16155429>[in English].

[6] Petr Havlásek, Vít Šmilauer, Lenka Dohnalová & Radoslav Sovják (2024). Shrinkage-induced deformations and creep of structural concrete: 1-year measurements and numerical prediction. *Cement and Concrete Research*. (Vol.144). <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2021.106402>. [in English].

[7] Sebastián Labbé & Mauricio Lopez (2020). Towards a more accurate shrinkage modeling of lightweight and infra-lightweight concrete. *Construction and Building Materials*. (Vol. 246). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118369> [in English].

[8] Zareef, M. A. E. (2023). An experimental and numerical analysis of the flexural performance of lightweight concrete beams reinforced with GFRP bars. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 13, 10776–10780 [in English].

[9] Ahafonova, I.P., Posternak, O.O., Kravchenko, S.A., Ahaieva, O.A., & Stolevych, I.A. (2021). Doslidzhennia mitsnisnykh i deformatyvnykh vlastyvoستي keramzytobetonu na tsementno-zolnomu viazhuchomu [Research of durability and deformation properties of keramzite concrete on cemente-ash

astriгент]. *Novi tekhnologii v budivnytstvi – New technologies in building*, 40, 38–43. DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.40.5>. [in Ukrainian].

[10] Budivelni materialy. Betony. Metody vyznachennia deformatsii usadky ta povzuchosti [Building materials. Concrete. Methods for determining shrinkage and creep deformations]. (2010). *DSTU BV.2.7-216:2009 from 1st September 2010*. Kyiv : Minrehionbud Ukraine [in Ukrainian].

[11] Kravchenko, S.A., Posternak, O.O., Zinchenko, S.V., Ahaieva, O.A. & Stolevych I.A. Doslidzhennia mitsnisnykh i deformatyvnykh vlastyvoستي keramzytobetonu na tsementno-zolnomu viazhuchomu [Research of durability and deformation properties of keramzite concrete on cemente-ash astringent]. *Novi tekhnologii v budivnytstvi – New technologies in building*, 39, 54–60. DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2021.39.8>. [in Ukrainian].

[12] Kravchenko, S.A., & Posternak, O.O. (2018). Nesucha zdatnist ta deformatyvnist zghynalnykh elementiv z keramzytobetonu na bahatokomponentnomu viazhuchomu pry dovhotryvalii dii navantazhennia [Bearing capacity and deformability of flexural elements made of expanded clay concrete on a multi-component binder under long-term load action]. *Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy – Resource-saving materials, constructions, buildings and structures*, 35, 85–94 [in Ukrainian].

[13] Kravchenko, S.A., & Posternak, O.O. (2018). Osnovni deformatyvni vlastyvoستي keramzytobetoniv [The basic deformation properties of claydite concretes]. *Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy – Resource-saving materials, constructions, buildings and structures*, 36, 47–54 [in Ukrainian].

[14] Kravchenko, S.A., Posternak, O.O., & Stolevych, I.A. (2015). Konstruktsiini ta konstruktsiino-teploizoliatsiini lehkii betony na porystykh zapovniuvachakh [Structural and structural and heat-insulating lightweight concretes on porous aggregates]. *Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy – Resource-saving materials, constructions, buildings and structures*, 31, 213–221 [in Ukrainian].

[15] Kravchenko, S.A., Posternak, O.O., & Stolevych, I.A. (2021). Nesucha zdatnist ta deformatyvnist elementiv i konstruktsii z keramzytobetonu na bahatokomponentnomu viazhuchomu [Load-bearing capacity and deformability of expanded clay concrete elements and structures on multicomponent binder]. *Suchasni tekhnologii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi – Modern Technologies and Methods of Calculations in Construction*, 16, 85–92. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6\(16\)-11](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-11). [in Ukrainian].

[16] Ocheretnyi, V. P., Kovalskyi, V. P., Mashnytskyi, M. P., & Didenko, A. F. (2010). Vykorystannia vidkhodiv promyslovosti dlia vyrobnytstva efektyvnykh budivelnnykh materialiv [Use of industrial waste for the production of effective building materials]. *Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi – Modern Technology, Materials and Design in Construction*, 2, 53–55 [in Ukrainian].

[17] Dorofiev, V.S., Kostyuk A.I., Stolevych, I.A., Posternak, O.O., & Pushina, N.V. (2014). *Proektuvannia*

keramzytobetoniv z urakhuvanniam retsepturno-tehnologichnykh faktoriv i konstruksii na yikh osnovi dlia monolitnoho budivnytstva : monohrafiia [Design of expanded clay concrete taking into account recipe-technological factors and constructions based on them for monolithic construction: monograph]. Odesa: ODABA [in Ukrainian].

[18] Stolevych, I.A., Posternak, O.O., Kostiuk, A.I., Urazmanova, N.F., & Kravchenko, S.A. (2023). Deformatyvni vlastyvoli keramzytobetonu na karbonatnomu pisku ta tsementno-zolnomu viazhuchomu v zalezhnosti vid vplyvu chynnykiv skladu [Deformation properties of expanded clay aggregate concrete on carbonate sand and cement-ash astringent depending on the influence of composition factors]. *Teoriia ta praktyka dyzainu – Theory and practice of design*. 28, 96–103.

<https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.28.10> [in Ukrainian].

[19] Stolevych, I.A., Posternak, O.O., Petrash, S.V., Kostiuk, A.I., & Urazmanova, N.F. (2024). Betony na porystykh zapovniuvachakh v budivnytstvi [Concretes on porous aggregate in building]. *Teoriia ta praktyka dyzainu – Theory and practice of design*. 32. 63–69. DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.32.8>. [in Ukrainian].

[20] Stolevych, I.A., Posternak, O.O., Petrash, S.V., Kovtunenکو, O.V., & Urazmanova, N.F. (2024). Research and analysis of the influence of recipe and technological factors on the strength of expanded clay concrete on quartz sand. *Suchasni tekhnologii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi – Modern technologies and methods of calculations in construction*. 21. 235–243. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-25](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-25).

АНОТАЦІЯ

Столевич І., Постернак О., Ковтуненко О., Петраш С., Уразманова Н. Дослідження деформацій усадки кералітобетону на карбонатному піску

Мета. Метою роботи є дослідження усадки кералітобетону на карбонатному піску в тому числі під впливом факторів складу.

Методологія. Дослідження усадки і повзучості кералітобетону на карбонатному піску проводили за методикою планування експерименту.

В якості факторів прийняті:

1. Витрата цементу C , кг/м³ – X_1 .

2. Агрегатно-структурний фактор r – X_2 .

3. Вік бетону до моменту завантаження t_0 , діб. – X_3 .

Деформації усадки визначались у відповідності з вимогами [10].

Результати. Наші дослідження і дослідження [4; 9; 13; 14; 17] підтвердили відома правило про незалежність впливу витрати цементу в межах звичайних норм для отримання сумішей однакової рухомості. Отже, збільшення витрати цементу при постійній витраті води, призводить до підвищення міцності та відносного об'єму кристалічного зростку, який, як і інертний заповнювач, здійснює стримуючий вплив на об'ємні зміни гелю, що супроводжуються усадкою бетону.

Причиною вологофізичних явищ у цементному камені, що викликають його усадку, є вода. Тому для найбільш повного відображення впливу факторів складу в структуру залежності необхідно ввести витрату води.

Наукова новизна. Послідовне застосування дисперсійного, кореляційного і регресійного аналізів результатів експериментальних досліджень дозволило встановити структуру залежності між $\varepsilon_{sc}(\infty, t_w)$ і факторами складу B , C , r , визначити коефіцієнти при членах регресії та необхідні статичні характеристики.

Практична значущість. Прогнозування граничних величин деформацій усадки $\varepsilon_{sc}(\infty, t_w)$ має важливе значення для їх нормування і подальшого проектування складів бетону. Однак практичне застосування рівняння регресії для прогнозування $\varepsilon_{sc}(\infty, t_w)$ складно, оскільки воно лише непрямим чином враховує вплив такого фактору, як кількість води затворення.

Ключові слова: деформації усадки, вода, цемент, бетон, рівняння регресії, агрегатно-структурний фактор.

АВТОРСЬКА ДОВІДКА:

Столевич Ігор, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів, Одеська державна академія будівництва і архітектури, Одеса, Україна, e-mail: stolevich.i.a@gmail.com, orcid: 0000-0001-6729-8532

Постернак Олександр, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри залізобетонних конструкцій і транспортних споруд, Одеська державна академія будівництва і архітектури, Одеса, Україна, e-mail: alex.bk@ukr.net, orcid: 0000-0002-7016-694

Ковтуненко Олексій, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опору, Одеська державна академія будівництва і архітектури, Одеса, Україна, e-mail: akovtunenکو@odaba.edu.ua, orcid: 0000-0002-0542-0261

Петраш Світлана, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів, Одеська державна академія будівництва і архітектури, Одеса, Україна, e-mail: svet_lana_petrash@odaba.edu.ua, orcid: 0000-0002-8567-3962

Уразманова Надія, асистент кафедри архітектурних конструкцій, Одеська державна академія будівництва і архітектури, Одеса, Україна, e-mail: nadegdaurazmanova@odaba.edu.ua, orcid: 0000-0002-3415-4150