



Research Article

Received: September 18, 2025

Accepted: November 3, 2025

Published: December 14, 2025

ISSN 2304-6295

Technological factors of complex-modified strengthened soils for road construction

Vdovin Evgeniy Anatolyevich¹ Stroganov Victor Fedorovich¹ Bulanov Pavel Efimovich^{1*} Vybornov Daniil Romanovich¹

¹Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation; vdovin007@mail.ru (V.E.A.); svf08@mail.ru (S.V.F.); pavel.bulanov1991@yandex.ru (B.P.E.); dan.vibor.yandex.ru@gmail.com (V.D.R.)

Correspondence: * pavel.bulanov1991@yandex.ru; contact phone +79520444348

Keywords:

Укрепленные грунты, технологические факторы, метод комплексной модификации, дорожная одежда, физико-механические характеристики

Abstract:

Comprehensive modification methods for strengthened soils offer a promising approach to mitigating the negative impact of clay minerals and expanding the potential for using clay soils in road pavement construction. Industrial application of comprehensive modification methods for strengthened soils in road construction requires data on the influence of process factors on the physical and mechanical properties of road pavement materials. It has been established that the role of process factors in the comprehensive modification of strengthened soils has not been adequately studied and is a pressing issue when it comes to using complex clay systems in road construction. The study examines the following process factors of comprehensively modified strengthened clay soils that influence changes in the physical and mechanical properties of materials during the construction of pavement layers: the order of component introduction into the soil (water, binder, modifiers), the size of soil aggregates present in the strengthened soil, the compaction coefficient and moisture content, and the duration of the construction process. Graphical and analytical relationships were obtained for the influence of process factors on the compressive strength, flexural tensile strength, and frost resistance coefficient of strengthened soils. It was demonstrated that the use of integrated modification methods enables improved soil strengthened process efficiency. The negative impacts of mixture heterogeneity and insufficient fineness of soil aggregates were reduced, while the efficiency of mechanisms was increased, both during the mixture preparation stage and during subsequent installation of the structural layers of road pavements.

1 Introduction

This section contains the bulk of references to literature. Links are formatted, for example, like this [1]; or so [2], [3]; or so [4]–[6]. Shape them using the free Mendeley software. We will send you training materials as needed. It's simple, convenient, and saves you time and effort.

You can end this section like this (but not necessarily like this):

The object of the study was ...

The subject of the research was ...

Goal...

Tasks...



2 Materials and Methods

В качестве глинистого грунта для исследований влияния метода изменения ионно-обменного комплекса в укрепленных грунтах применялся суглинок легкий пылеватый. Исследуемый грунт имел следующие физические свойства: влажность на границе текучести – 30,04 %, на границе раскатывания – 18,42 %, число пластичности – 0,1162, содержание песчаных частиц (2,00-0,05 мм) в грунте по массе – 90,86 %. Укрепление глинистого грунта производилось портландцементом (ПЦ) марки ЦЕМ I 42,5Н ЗАО «Вольскцемент» (г. Вольск, Россия). Содержание портландцемента в укрепленных грунтах составляло: 6 %, 10 % и 14 % от массы глинистого грунта. Для изучения влияния метода изменения ионно-обменного комплекса в укрепленных грунтах применен ряд электролитов, заранее растворенные в воде различной концентрации. Гидроксид натрия NaOH (ГН), карбонат натрия Na₂CO₃ (КН), сульфат натрия Na₂SO₄ (СН), хлорид кальция CaCl₂ (ХК), гидроксид калия КОН (ГК), сульфат калия K₂SO₄ (СК) – вводились в количестве 0,1 %, 0,2 %, 0,3 %, 0,4 %, и 0,5 % от массы глинистого грунта; железо хлористое 6-водное FeCl₃·6H₂O (ХЖ), алюминий хлористый 6-водный AlCl₃·6H₂O (ХА), сульфат железа FeSO₄ (СЖ), алюминий сернокислый 18-водный Al₂(SO₄)₃·18H₂O (СА), магний хлористый 6-водный: MgCl₂·6H₂O (ХМ) – вводились в количестве 0,1 %, 0,25 %, 0,5 %, 1 %, и 2 % по массе грунта.

Перед приготовлением образцов определяли максимальную плотность и оптимальную влажность глинистых грунтов и цементогрунтовых смесей по ГОСТ 22733. Для приготовления и испытания образцов смесей с максимальной крупностью зерен до 5 мм использовали малый прибор стандартного уплотнения СОЮЗДОРНИИ. В соответствии с ГОСТ 23558 определены следующие показатели образцов в возрасте 28 суток: предел прочности при сжатии, предел прочности на растяжение при изгибе, коэффициент морозостойкости. Морозостойкость определялась после 15 циклов переменного замораживания и оттаивания образцов укрепленный грунтов с последующим испытанием на предел прочности при сжатии.

3 Results and Discussion

Text, text, text

4 Conclusions

Text, text, text

5 Acknowledgements

Text, text, text

6 Fundings

Text, text, text

References

References must meet the requirements <https://unistroy.spbstu.ru/en/references/>.