

Б. Б. ТЕЛТАЕВ, А. Ж. МУРАТБЕК

РАСЧЕТ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ПРИ НАЛИЧИИ ХЛОРИДА НАТРИЯ

(Представлена академиком НАН РК К. Х. Токмурзиным)

Дана оценка водно-солевого режима грунтовых оснований автомобильных дорог при наличии хлорида натрия с применением метода диаграмм плавкости. Определены суммарные осадки в грунтовом основании автомобильной дороги при различных содержаниях хлорида натрия.

Наличие легкорастворимых солей в грунте на территории Казахстана – явление довольно распространенное. Среди минералов группы галоидов наибольшее распространение получил галит – NaCl. Это минерал, характеризующийся слабой устойчивостью в воде, обусловленной особенностями строения и преобладанием ионного типа связи в структуре. Поэтому присутствие солей в грунтах сильно влияет на их механические

свойства, водопроницаемость, солевой состав порового раствора. Изучение деформационных характеристик грунтового основания автомобильных дорог при наличии легкорастворимых солей является актуальной задачей.

Для оценки водно-солевого режима грунтовых оснований автомобильных дорог нами был предложен метод диаграмм плавкости. Основой данного метода являются решения задач двух-

фазных систем в увязке с диаграммами плавкости двойной и тройной водно-солевых систем [1].

Естественная влажность грунта и температура в грунтовом основании автомобильных дорог являются исходными величинами при расчетах. Эти величины, а так же вид грунта были определены в ходе экспериментальных исследований, произведенных на участке автомобильной дороги «Алматы – Усть-Каменогорск» [2]. При исследовании влияния хлорида натрия на содержание влаги в грунте воспользовались правилом рычага, рассмотренным в трудах В. П. Древинга [3], в результате чего установили процентное содержание воды и соли. Эти показатели, а именно процентное содержание исследуемой соли - хлорида натрия, увязали с диаграммой плавкости соли [4].

При расчетах рассматривались двухфазные системы с различным процентным содержанием соли в растворе: 2, 5 и 8%. Это дало возможность подробнее проследить влияние засоленности почв на водно-солевой режим грунтового основания автомобильных дорог [5].

Согласно результатов расчета, фазовый состав солей в грунтовом основании при определенных условиях имеет различный характер. В результате растворения солей, имеющихся в грунтовом основании, увеличивается пористость. Увеличенная пористость грунта под действием

внешних нагрузок и собственного веса приводит к появлению дополнительной осадки грунтового основания, называемой суффозионной. Пористость грунта это есть отношение объема пор в образце ($V_{п}$) к объему самого образца (V_T). В расчетах обычно применяется коэффициент пористости грунта e [6].

$$e = \frac{V_{п}}{V_T}$$

Относительное изменение коэффициента пористости грунта только за счет растворения (частичного или полного) кристаллов соли с учетом зависимости между плотностями, массами и объемами соли и воды и с учетом уравнения баланса объемов [7], определяется по выражению:

$$\Delta e = -C \frac{\rho_T}{\rho_C}$$

где C – концентрация солей в грунте (или засоленность грунта); ρ_T – плотность твердых частиц (скелета) грунта; ρ_C – плотность кристаллов соли, содержащейся в грунте.

Учитывая вычисленные значения концентрации солей в грунте, т.е. содержание кристаллов в грунте, определили значения суффозионной пористости грунтового основания автомобильной дороги при содержании NaCl $C=2\%$, $C=5\%$ и $C=8\%$. Результаты расчетов приведены графически на рис. 1.

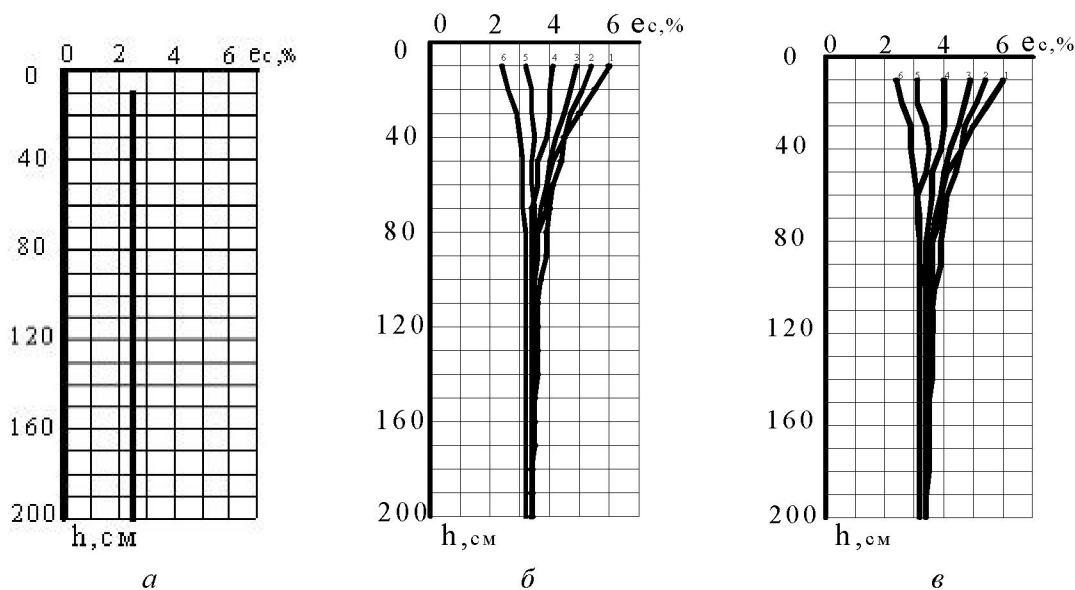


Рис. 1. Суффозионная пористость грунтового основания автомобильной дороги 1 – в марте месяце, 2 – в апреле, 3 – в мае, 4 – в июне, 5 – в июле, 6 – в августе: а – при содержании NaCl $C=2\%$; б – при содержании NaCl $C=5\%$; в – при содержании NaCl $C=8\%$

Характер изменения суффозионной пористости при содержании NaCl C=5% и C=8% повторяет характер распределения конечной влажности, но при этом для каждой из фигуративных точек как при концентрации соли 5% так и при концентрации соли 8% значения суффозионной пористости практически одинаковы. При C=2% значение суффозионной пористости по всей глубине грунтового основания неизменно, это связано с тем, что все фигуративные точки в данном случае лежат в зоне полного растворения солей.

Деформации оснований под действием нагрузок приводят к вертикальным смещениям – осадкам грунтового основания. Для определения осадков методом послойного элементарного суммирования необходимо определить глубину активной зоны сжатия, соответствующую такой глубине, ниже которой деформациями грунтовой толщи можно пренебречь.

Нами принята условная конструкция дорожной одежды, которая состоит из асфальтобетонного слоя толщиной 33 см и слоя основания из природной песчано-гравийной смеси толщиной 24 см. Грунт земляного полотна – супесь. На рис. 2 представлена расчетная схема сжимающих напряжений по способу послойного суммирования, согласно которой определена глубина активной зоны сжатия. Эта глубина должна удовлетворять условию: $\max \sigma_z \leq 0,2\gamma H$.

В нашем случае:

$$\gamma_{до} = \frac{\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3 + \gamma_4 h_4}{h_1 + h_2 + h_3 + h_4} =$$

$$= \frac{23,5 \cdot 0,05 + 22,5 \cdot 0,07 + 15,7 \cdot 0,18 + 19,6 \cdot 0,24}{0,05 + 0,07 + 0,18 + 0,24} = 17,9 \text{ кН/м}^3,$$

$$\gamma H_1 = 17,9 \cdot 0,54 = 9,66 \text{ кН/м}^2 = 9660 \cdot 10^{-6} \text{ МПа};$$

$$\gamma H_2 = 19 \cdot 2 = 38 \text{ кН/м}^2 = 0,038 \text{ МПа}.$$

При температуре асфальтобетонного покрытия 10°C глубина активной зоны составляет 206,61 см, а при температуре покрытия 50°C – 225,69 см.

Суммарные осадки грунтового основания определяются по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \cdot h_i \text{ см},$$

где h_i – толщина i -го слоя; ε – пористость i -го слоя, определяемая по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta e}{1 + e_n},$$

где e_n – начальный коэффициент пористости, принимаемый равным суффозионной пористости e_s , т.е. $e_n = e_s$.

Δe – соответствует разности начальной e_n и конечной e_k пористости:

Конечный коэффициент пористости определяется по формуле:

$$e_k = a \cdot \sigma_{zi},$$

где a – коэффициент сжимаемости, $a = 0,0055 \text{ см}^2/\text{кг} = 0,055 \text{ 1/МПа}$; σ_{zi} – вертикальное нормальное напряжение в середине элементарного слоя, МПа.

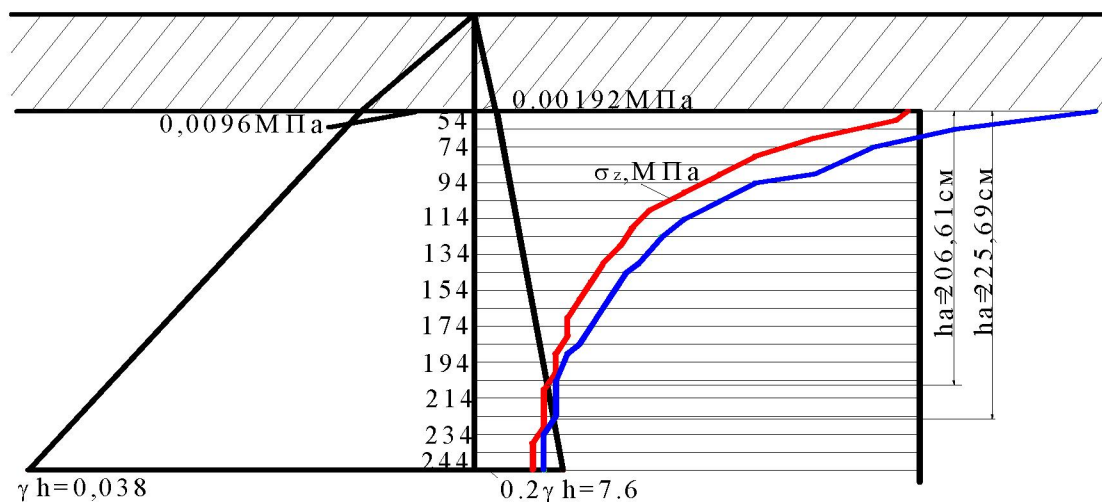


Рис. 2. Расчетная схема сжимающих напряжений по способу послойного суммирования

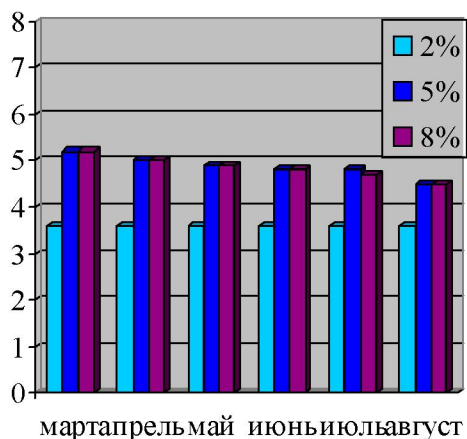


Рис. 3. Суммарные осадки в грунтовом основании автомобильной дороги при различных содержаниях NaCl (температура асфальтобетонного покрытия 10 °С)

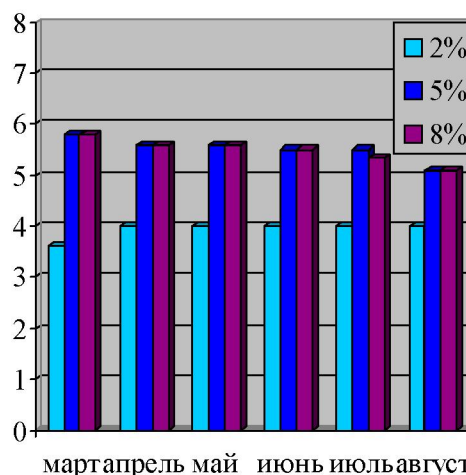


Рис. 4. Суммарные осадки в грунтовом основании автомобильной дороги при различных содержаниях NaCl (температура асфальтобетонного покрытия 50°С)

На рис. 3, 4 представлены диаграммы изменения суммарных осадков в грунтовом основании автомобильной дороги при различных содержаниях хлорида натрия. Максимальные суммарные осадки в грунтовом основании автомобильной дороги в марте месяце при содержании хлорида натрия 8%, что составляет 5,17 см, а минимальные суммарные осадки при содержании соли 2% – 3,55 см.

На основе выше изложенного установлено, что водно-солевой режим в точках грунтового основания автомобильной дороги зависит количества присутствующих солей и температурного режима в грунтовом основании. Также установлено, что при наличии солей в грунтовом основании автомобильной дороги имеют место дополнительные деформации. При увеличении содержания хлорида натрия, возрастают осадки в грунтовом основании. Следует отметить, что при относительно малом содержании солей (до 2%) показатели осадков для месяцев март-август имеют постоянное значение. При увеличении содержания солей, характер изменения осадков для каждого из месяцев различен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Телтаев Б.Б. Метод диаграмм плавкости для определения водно-солевого режима грунтовых оснований инженерных сооружений. Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы управления процессами перевозок на железнодорожном транспорте». Алматы: КазАТК, 1999. С. 144-150.

2. Телтаев Б.Б., Муратбек А.Ж., Жайсанбаев А.С. Экспериментальное исследование влажностного режима земляного полотна автомобильной дороги в предгорных условиях // Вестник КазАТК. 2006. №2(39). С. 36-38.

3. Древинг В.П. Правило фаз. М.: Издательство МГУ, 1954. 175 с.

4. Киргинцев А.Н., Трушников Л.Н., Лаврентьева В.Г. Растворимость неорганических веществ в воде. Л.: Химия, 1972. 248 с.

5. Телтаев Б.Б., Муратбек А.Ж. // Вестник НИИ РК. 2006. №2.

6. Цытович Н.А. Механика грунтов. М.: Высшая школа, 1983. 288 с.

7. Телтаев Б.Б., Муратбек А.Ж., Жайсанбаев А.С. Теоретические основы моделирования суффозионной осадки засоленного грунтового основания. Материалы Международной научно-технической конференции «Вторые Ержановские чтения». Актобе: Актюбинский государственный университет им. К. Жубанова, 2007.

Резюме

Еру диаграмма әдісін қолданып натрий хлориді болған жағдайдағы автомобиль жолдарының топырақ негізінің сұтұздық жағдайы бағаланған. Натрий хлориді әр түрлі мөлшерде болған жағдайдағы автомобиль жолдарының топырақ негізіндегі қосынды шөгугі анықталған.

Summary

The estimation of water-salt regime of road subgrate with natrium chlorides have been defined by the solubility diagram method. The additional displacements, caused by natrium chlorides at different concentrations have been defined.

АО «Казахский дорожный научно-исследовательский институт», г. Алматы;

Казахская академия транспорта и коммуникаций, г. Алматы

Поступила 3.09.07г.