

цев значительно превосходит минимальные требования стандарта в части этого показателя. Таким образом, в результате лабораторных экспериментов показана практическая целесообразность применения не только широко разрекламированной импортной комплексной добавки Rediset® WMX-8017, но и отечественных адгезионных присадок уральской «Амдор ТС-1» и бийской «БАП-ДС-3» марки «В» в оптимальных дозировках в технологии так называемых «теплых» смесей с температурой укладки 100-120°C.

Полученные результаты легли в основу разработанного и принятого в производство стандарта организации КГКУ «Алтайавтодор» СТО Р 03443488-5718-032-2015 «Приготовление и применение асфальтобетонных смесей с пониженными температурами выпуска, укладки и уплотнения. Технологический регламент».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 9128-2009 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.

2. Добавка для производства теплых смесей «Амдор-ТС-1» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://amdor.spb.ru/produkcija_kompanii/adgezionnye_prisadki/amdorts1. – Загл. с экрана.

3. Добавки для теплых смесей Rediset®. Рекламный буклет ООО «Эмульсионно-битумные технологии» г. Москва [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://emulbittech.ru/dobavkidlyateplyhsmeseyi>. – Загл. с экрана.

4. ГОСТ 22245-90 Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.

5. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.

Свиридов В.Л. – д.т.н., профессор кафедры «Транспортное строительство» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: unkc-ts2@mail.ru.

Долинский Я.А. – профессор кафедры «Транспортное строительство» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

Махров Е.Ю. – начальник отдела контроля качества и внедрения новой техники КГКУ «Алтайавтодор», E-mail: mahrov@altdor.ru.

УДК 621.159.2

ВЛИЯНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ НА ОСАДКУ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

А. А. Соболев

Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрено влияние фильтрационной анизотропии лёссовидных макропористых грунтов на скорость осадки оснований фундаментов, произведено сравнение скорости осадки изотропного и анизотропного по водопроницаемости грунтов с учётом поправочного коэффициента на фильтрационную анизотропию, сделаны выводы о влиянии фильтрационной анизотропии на свойства лёссовидных грунтов.

Ключевые слова: лёссовидные грунты, водопроницаемость, осадка, фильтрационная анизотропия, фильтрационная консолидация.

В настоящее время перед проектными и строительными организациями возникает задача освоения новых площадок и территорий, занятых слабыми грунтами, возведения на них зданий, сооружений, жилых районов и дорог. В вопросе повышения эффективности строительства существенно важным является совершенствование методов проектирования оснований и фундаментов, стоимость устройства которых может достигать до 20-30% стоимости зданий и сооружений. Сложность

инженерно-геологических условий площадок строительства, уникальность современных сооружений, повышение технологических нагрузок и этажности зданий требуют более полного учета реальных свойств грунтов оснований, что можно обеспечить только при использовании новейших достижений в области механики грунтов и совершенствования методов расчета. Для получения более точных расчетных данных необходимо иметь

более полные знания о реальных свойствах грунта.

В Алтайском крае распространены лёссовидные макропористые грунты, которые нередко и служат в качестве оснований зданий и сооружений, оснований дорожного полотна и т.д. Известно, что процесс уплотнения грунта оснований (осадка и просадка) зависит от скорости отжатия воды из пор. Следовательно, необходимо знать фильтрационные свойства грунтов оснований. Одной из особенностей лёссовидных грунтов является ярко выраженная анизотропия фильтрационных свойств, обусловленная природой их образования. Из-за наличия характерных макропор в виде вертикальных канальцев, водопроницаемость лёссовидных грунтов в вертикальном направлении превышает водопроницаемость в горизонтальном направлении, что оказывает существенное влияние на распространение воды в грунте и, следовательно, на величину деформации основания.

Теоретические решения, широко используемые в практике проектирования и лежащие в основе большинства нормативных документов этого обстоятельства не учитывают (учитывается только анизотропия биогенных грунтов и илов на уровне рекомендаций).

В современных расчетах осадки лёссовидные грунты условно считаются изотропными. Теория фильтрационной консолидации разработана для изотропных грунтов и в случае лёссовидных грунтов будет давать неточные расчетные данные.

Основной задачей теории фильтрационной консолидации является определение осадки слоя грунта под действием сплошной нагрузки, а также определение времени, за которое произойдет эта осадка. Осадка слоя грунта, для основного случая определяется по формуле

$$s_t = hm_v p \left[1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N} + \frac{1}{9} e^{-9N} + \dots \right) \right], \quad (1)$$

где N – постоянный множитель, определяемый как

$$N = \frac{\pi^2 c_v}{4h^2} t;$$

h – толщина слоя грунта; m_v – коэффициент относительной сжимаемости; p – давление на грунт; c_v – коэффициент консолидации; t – время консолидации.

Под степенью консолидации понимается часть уплотнения – осадка за время t . Сте-

пень консолидации выражена следующим уравнением

$$U = \frac{s_t}{s}, \quad (2)$$

где: s_t – осадка за данное время; s – полная стабилизационная осадка.

Время t соответствующее данной степени консолидации

$$t = \frac{4 \cdot h^2}{\pi^2 \cdot C_v} \cdot N. \quad (3)$$

Значения N определяется в зависимости от степени консолидации U для различных случаев загрузки по специальной стандартной таблице для равномерного распределения давлений по глубине, и для давлений, изменяющихся по закону треугольника (увеличение давления на слои грунта при увеличении глубины).

Для облегчения расчетов пользуются табличными данными. Для других случаев загрузки значения N определяют по интерполяции.

Произведем сравнительный вариант расчета осадок грунта основания как изотропного, и с учетом фильтрационной анизотропии. Поправка на анизотропию α определяется графически (рисунок 1). Данный график был построен на основании зависимости полученной исходя из рассмотрения физико-математической модели процесса фильтрации воды в анизотропном грунте с преобладающей вертикальной водопроницаемостью, где скорости распространения воды в грунте в горизонтальном и вертикальном направлениях рассматривались как векторные величины, общая направляющая величина которых определялась в зависимости от этих двух [1].

Физический смысл коэффициента α состоит в том, что он показывает во сколько раз отток воды при изотропной модели (условной) в стороны больше по сравнению с анизотропной (фактической) моделью, с преобладающей вертикальной водопроницаемостью.

Пример 1. Определить осадки слоя грунта через различные промежутки времени: 1 год, 2 года и 5 лет, если давление на грунт $p = 2 \text{ кгс/см}^2$ (0,2 МПа), толщина слоя грунта $h = 5 \text{ м}$, коэффициент относительной сжимаемости $m_v = 0,01 \text{ см}^2/\text{кгс}$, коэффициенты фильтрации $k_{\text{ф. верт}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ см/сек}$, $k_{\text{ф. гор}} = 2,86 \cdot 10^{-4} \text{ см/сек}$.

ВЛИЯНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ НА ОСАДКУ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

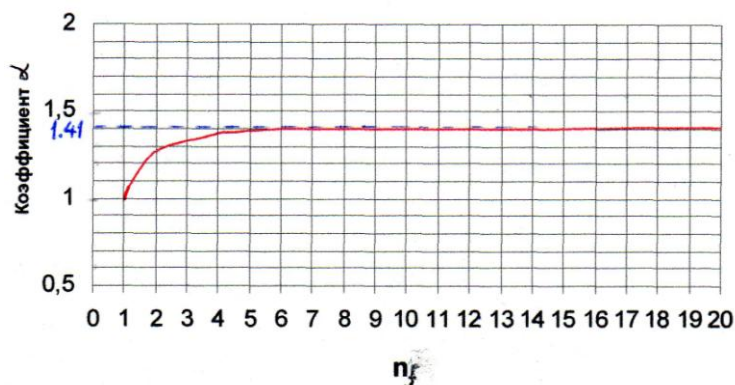


Рисунок 1 – График определения поправочного коэффициента на анизотропию α в зависимости от степени фильтрационной анизотропии η_f

1. Расчет без учета фильтрационной анизотропии:

Определим величину постоянного множителя N по формуле

$$N = \frac{\pi^2 c_v}{4h^2} t$$

Предварительно найдем величины коэффициента консолидации c_v , учитывая, что $1 \text{ см/с} \approx 3 \cdot 10^7 \text{ см/год}$ и $\gamma_w = 1 \text{ гс/см}^3 = 0,001 \text{ кгс/см}^3$.

$$c_v = \frac{k_\phi}{m_v \gamma_w} \approx \frac{1 \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot 10^7}{0,01 \cdot 0,001} = 30000 \text{ см}^2 / \text{год}$$

Тогда

$$N \approx \frac{9,98 \cdot 30000}{4 \cdot 500^2} t \approx 0,3t$$

Полную стабилизационную осадку слоя грунта при сплошной нагрузке определим по формуле

$$s = hm_v p = 500 \cdot 0,01 \cdot 2,0 = 10 \text{ см}$$

Для вычисления осадки s_t через 1 год после загрузки подставим данные в формулу (1) величины

$$e^{-N} = e^{-0,3 \cdot 1} = 0,741;$$

$$e^{-9N} = e^{-9 \cdot 0,3 \cdot 1} = 0,067.$$

Тогда осадка рассматриваемого слоя грунта через 1 год

$$s_1 = hm_v p \left[1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N} + \frac{1}{9} e^{-9N} \right) \right] =$$

$$= 10 \left[1 - 0,81(0,741 + 0,007) \right] = 3,9 \text{ см}.$$

Осадку через 2 года определим по той же формуле (1), ограничиваясь первым членом ряда

$$e^{-N} = e^{-0,3 \cdot 2} = 0,549;$$

$$s_1 = hm_v p \left[1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-N} \right] =$$

$$= 10 \left[1 - 0,81 \cdot 0,549 \right] = 5,6 \text{ см}.$$

Для $t = 5$ лет

$$s_5 = 10(1 - 0,81e^{-0,35}) = 8,2 \text{ см}.$$

Кривая изменения осадок во времени для изотропного варианта показана на рисунке 2.

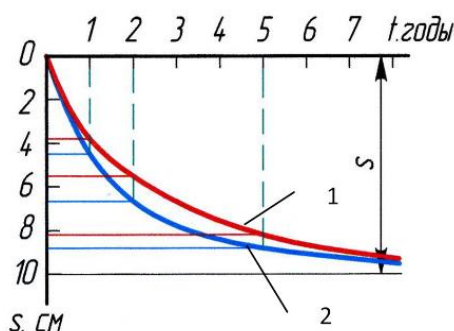


Рисунок 2 – Кривая осадок грунта как функция времени:

1 – осадки изотропного по водопроницаемости грунта, 2 – осадки анизотропного грунта с преобладающей вертикальной водопроницаемостью

2. То же, с учетом фильтрационной анизотропии:

Определяем степень фильтрационной анизотропии

$$n_f = \frac{k_{\text{верт}}}{k_{\text{гор}}} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{2,86 \cdot 10^{-4}} = 3,5.$$

По графику (рисунок 1) определяем поправку на анизотропию – $\alpha=1,35$. Далее умножаем α на $K_{\text{верт}}$ в расчетной формуле коэффициента консолидации

$$c_v = \frac{\alpha k_{\phi}}{m_v \gamma_w} \approx \frac{1,35 \cdot 1 \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot 10^7}{0,01 \cdot 0,001} = 40500 \text{ см}^2 / \text{год}.$$

Тогда

$$N \approx \frac{9,98 \cdot 40500}{4 \cdot 500^2} t \approx 0,4t.$$

Полную стабилизационную осадку слоя грунта при сплошной нагрузке определим по формуле

$$s = h m_v p = 500 \cdot 0,01 \cdot 2,0 = 10 \text{ см}.$$

Для вычисления осадки s_t через 1 год после загрузки подставим данные в формулу (1) величины

$$e^{-N} = e^{-0,41} = 0,670;$$

$$e^{-9N} = e^{-9 \cdot 0,41} = 0,035.$$

Тогда осадка рассматриваемого слоя грунта через 1 год

$$s_1 = h m_v p \left[1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N} + \frac{1}{9} e^{-9N} \right) \right] = 10 [1 - 0,81(0,67 + 0,035)] = 4,29 \text{ см}.$$

Осадку через 2 года определим по той же формуле (1), ограничиваясь первым членом ряда

$$e^{-N} = e^{-0,42} = 0,449;$$

$$s_1 = h m_v p \left[1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-N} \right] = 10 [1 - 0,81 \cdot 0,449] = 6,36 \text{ см}.$$

Для $t = 5$ лет

$$s_5 = 10(1 - 0,81e^{-0,45}) = 8,9 \text{ см}.$$

Таким образом, при учете фильтрационной анизотропии осадка грунта основания под нагрузкой оказывается больше. Так для одного года на 10% больше, для 2 лет на 13%, для 5 лет на 8%. Построим график зависимости величины осадки от времени консолидации (рисунок 2). Как видно из этого графика, в случае учета фильтрационной анизотропии прогнозируемая величина осадок будет больше на 8-13% по сравнению с изотропным решением. Изотропное решение даст заниженные величины осадок слоев грунта, которые в свою очередь могут привести к назначению недостаточных размеров подошвы фундаментов, что, в свою очередь, может привести к развитию неравномерных деформаций основания и конструкций зданий и сооружений в целом.

Учет природной фильтрационной анизотропии грунтов позволяет более полно учитывать реальные свойства грунтов и на этапе проектирования более обоснованно назначать размеры подошвы ленточных фундаментов, избегая принятия ошибочных решений на этапе проектирования фундаментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соболев, А. А. Исследование фильтрационной анизотропии лёссовидных макropористых грунтов Приобского плато [Текст]: дис. ... на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / А. А. Соболев. – Барнаул: Изд-во: АлтГТУ, 2010. – С. 78.

Соболев А.А. – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: asoblv@mail.ru.