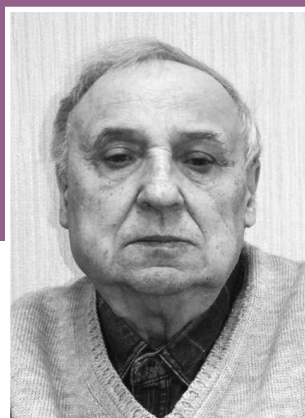




СТРОИТЕЛЬНАЯ НАУКА

УДК 624.131



Валерий Сеськов, Татьяна Лепешко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ (K_{ϕ}) ПРИ УПЛОТНЕНИИ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ СОСТАВУ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. В настоящее время при проектировании и строительстве оснований зданий и сооружений, в дорожном и гидротехническом строительстве часто используются песчано-гравийные подушки (насыпки) [1], когда необходимо уплотнять грунт (K_y) и определять коэффициент фильтрации (K_{ϕ} , м/сут). Коэффициент уплотнения (K_y) и коэффициент фильтрации (K_{ϕ}) обычно определяются в лабораторных условиях и при строительстве на стройплощадке, т. е. при $K_y = 0,95-1,0$ определяется K_{ϕ} . При строительстве после уплотнения грунта (песчаного), обычно виброкатками, грунт по грансоставу часто не соответствует проектному. Поэтому необходимо уточнять и вновь проводить испытания в лаборатории, что достаточно трудоемко и требует дополнительного времени. Если K_y в основном определяется на строительной площадке статическим или динамическим зондированием [2, 8], то определение K_{ϕ} требует дополнительных затрат и времени в лаборатории и на стройплощадке. Получение корреляционной зависимости между грансоставом и K_{ϕ} значительно ускорит процесс строительства и снизит стоимость испытаний, т. к. определение грансостава менее трудоемко.

Annotation. Nowadays, sand and gravel cushions (embankments) are often used in the design and construction of bases of buildings and structures, in road and hydraulic engineering construction [1], where it is necessary to compact the soil (K_y) and determine the filtration coefficient (K_{ϕ} , m/day). Compaction coefficient (K_y) and filtration coefficient (K_{ϕ}) are usually determined in laboratory conditions and during construction at the construction site, i.e. K_{ϕ} is determined at $K_y = 0,95-1,0$. During construction after compaction of the soil (sandy) usually with vibratory rollers, often the soil by grain composition does not correspond to the design soil. Therefore, it is necessary to specify and retest in the laboratory, which is quite labour-intensive and requires additional time. If K_y is mainly determined at the construction site by static or dynamic probing [2, 8], then determination of K_{ϕ} requires additional costs and time in the laboratory and at the construction site. Obtaining a correlation between grain composition and K_{ϕ} will significantly accelerate the construction process and reduce the cost of testing, since the determination of grain composition is less labour-intensive.

ВВЕДЕНИЕ

Коэффициент фильтрации грунтов зависит от многих факторов: грансостава, т. е. размеров (дисперсности) частиц (d), формы частиц (окатонность), минералогического состава, плотности в естественном состоянии, влажности, давления (напряжений) в толще слоев [3].

В статье авторами рассматривается изменение K_ϕ в зависимости от степени уплотнения (в интервале $K_y = 0,95-1,0$) песчаных грунтов (кроме пылеватых), которые применяются при устройстве оснований для зданий, автомобильных дорог, дамб, при уплотнении песчаных грунтов естественного состояния (рыхлых) и т. д.

За основу корреляционных зависимостей между K_ϕ и K_y приняты коэффициент максимальной неоднородности (P_m) и содержание частиц $< 0,1$ мм в гранулометрическом составе при определении (построении) кумулятивной кривой песчаного грунта, так как их влияние на K_ϕ является основным.

Определение K_ϕ и K_y в основном выполняли по методу института «СоюздорНИИ» и университета «МАДИ» (Москва) [4], определяя максимальную плотность при оптимальной влажности в пределах $K_y = 0,95-1,0$, с определением в этих пределах K_ϕ [4]. Частично использовали «трубку Каменского» для определения K_ϕ [5].

При разработке корреляционных зависимостей также использованы материалы лабораторных испытаний РУП «Белгипродор» (В.М. Сеськова), РУП «Институт БелдорНИИ» (В.Н. Яромко, В.В. Штабинский) – определение K_ϕ , K_y , графики кумулятивных (суммарных) гранулометрического состава песчаных грунтов на строящихся объектах Беларуси.

В экспериментальных исследованиях о влияниях грансостава уплотненного песчаного грунта на K_ϕ приняты два показателя – коэффициент максимальной неоднородности (P_m) и содержание частиц грунта $< 0,1$ мм, от которых в основном зависит K_ϕ .

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

МЕТОДИКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика экспериментальных исследований заключается в следующем: отбираются образцы песчаных грунтов и строятся графики кумулятивной кривой гранулометрического состава песка, по которому определяется коэффициент максимальной неоднородности (P_m) и содержание частиц $< 0,1$ мм в процентах [2, 7].

Далее в приборе «СоюздорНИИ» определяется удельный вес γ_d , K_y и K_ϕ при максимальной плотности и оптимальной влажности [2, 4, 6].

На рис. 1 показан пример построения кумулятивных графиков (кривых) гранулометрического состава песчаного грунта.

Экспериментально-теоретические исследования проходят в несколько этапов.

1. Определяется гранулометрический состав песчаного грунта в соответствии с ГОСТ 12536 и сводится в таблицу [2, 9].

В соответствии с СТБ 943 [10] определяется тип грунта – песок средней крупности.

2. По данным таблицы строится суммарный (кумулятивный) график гранулометрического состава грунта (рис. 1).

3. По формуле $P_m = \frac{d_{50} \cdot d_{95}}{d_5}$,

где d_{50} , d_{95} и d_5 – диаметры частиц, мм, меньше которых в данном грунте содержится по массе соответственно 50 %, 95 %, 5 % частиц [2], определяется коэффициент максимальной неоднородности, обычно 2–3 графика, в данном примере 3 – $P_{m1} = 10,18$ мм, $P_{m2} = 10,15$ мм, $P_{m3} = 10,9$ мм.

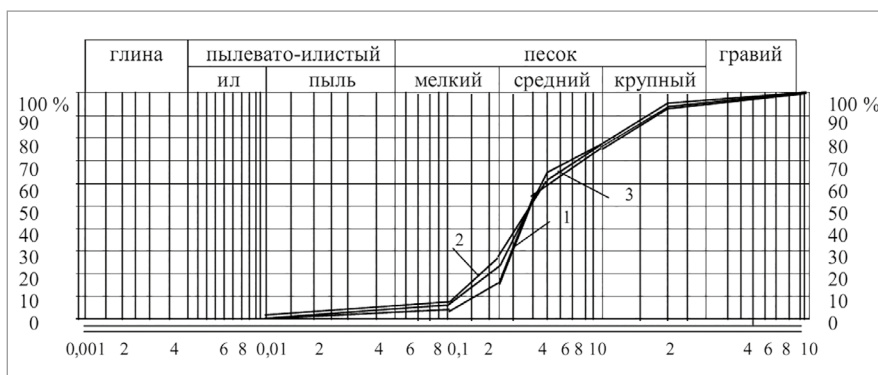
Средние $\approx \bar{P}_m = 10$ мм; $\bar{\gamma}_d = 18,1$ кН/м³ и оптимальная влажность $\bar{W}_0 = 12,5$ %.

Прибором «СоюздорНИИ» определяется K_ϕ и процентное содержание частиц $< 0,1$ мм ≈ 4 % [9].

Полученные результаты вносятся в графики зависимости $K_\phi = f(P_m)$ и $K_\phi = f(< 0,1)$, т. е. каждая точка на графиках соответственно 2–3 испытания P_m (среднее значение) и $< 0,1$ %, среднее значение при K_ϕ м/сут (рис. 2, 3). На графиках они обрабатываются статистическими методами [11] для установления корреляционной зависимости $K_\phi = f(P_m)$ и $K_\phi = f(< 0,1)$. Для окончательного определения K_ϕ результаты суммируются и определяется среднее значение K_ϕ .

Таблица

Номер испытаний	Диаметр частиц гранулометрических фракций грунта, мм					
	от 5 до 2	от 2 до 1,0	от 1,0 до 0,5	от 0,5 до 0,25	от 0,25 до 0,1	от 0,1 до 0,05
1	7,40	16,87	12,20	45,55	14,97	2,95
2	9,49	19,74	12,77	31,94	22,35	3,71
3	8,29	17,34	13,01	40,29	15,71	5,36



1, 2, 3 – номера испытаний

Рис. 1. Суммарный график гранулометрического состава грунта

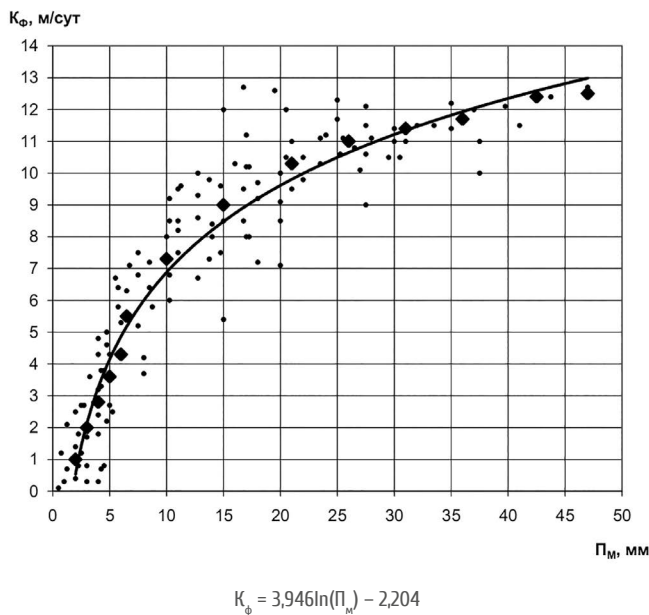


Рис. 2. Корреляционная зависимость между коэффициентом фильтрации K_f и коэффициентом максимальной неоднородности P_m ($K_f = f(P_m)$)

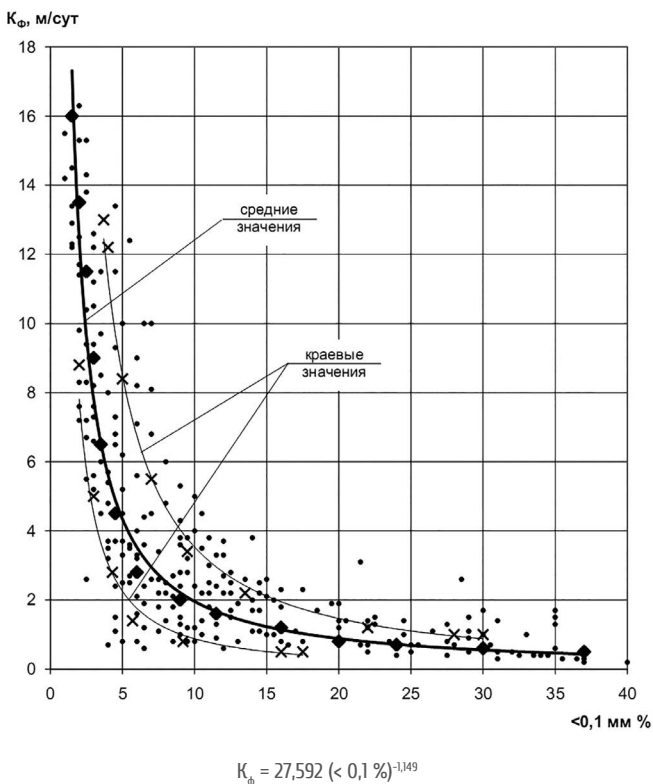


Рис. 3. Корреляционная зависимость между коэффициентом фильтрации K_f и содержанием частиц $< 0,1$ мм ($K_f = f(< 0,1)$)

Это позволяет исключить случайные ошибки при испытаниях.

Все эти результаты получают на стадии разработки проекта оснований зданий и сооружений (в том числе автомобильных дорог и гидротехнических сооружений), т. е. где требуются определения K_f .

В процессе строительства песчано-гравийной подушки основания автодорог могут в какой-то степени отличаться от проектных (разные карьеры, технологические процессы и т. д.), требуют дополнительных испытаний, что повышает стоимость, сроки строительства.

Полученные корреляционные зависимости позволяют уточнить K_f и уменьшить стоимость и время на дополнительные испытания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенных исследований получены корреляционные зависимости K_f , м/сут от коэффициента максимальной неоднородности P_m , мм, песчаных грунтов, уплотненных вибродинамическими методами в интервале $K_f = 0,95-1,0$, а также от содержания частиц в гранулометрическом составе уплотненного грунта $< 0,1$ мм в процентах (%) по массе.
2. Это позволяет в процессе строительства земляных сооружений (подушки оснований зданий, автодорог, гидротехники) контролировать K_f (м/сут) по графикам гранулометрического состава песчано-гравийного грунта.
3. Контроль с использованием полученных корреляционных зависимостей позволяет уменьшить стоимость и время лабораторных и полевых испытаний.
4. Точность, т. е. погрешность применения корреляционных зависимостей по сравнению с лабораторными испытаниями, не превышает 15 %, в пределах $K_f = 0,95-1,0$, $K_f = 0,5-16$ м/сут и $P_m = 1-50$ мм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фундаменты зданий и сооружений на уплотненных песчано-гравийных подушках. Правила проектирования: ТКП 45-5.01-66-2007 (02250). – Введ. 01.09.07. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2007. – 71 с.
2. Проектирование и устройство оснований из насыпных, малопрочных и слабых грунтов, уплотненных вибродинамическим методом: П5-2000 к СНБ 5.01.01-99. – Введ. 01.01.2002. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2001. – 30 с.
3. Сергеев Е.М. Грунтоведение / Е.М. Сергеев, Г.А. Голодковская. – М. : МГУ, 1971. – 596 с.
4. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности: ГОСТ 22733-2016. – Введ. 01.01.2017. – М. : Стандартинформ, 2016. – 15 с.
5. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. – М. : Недра, 1975. – 303 с.
6. Земляные сооружения. Контроль степени уплотнения грунтов: СТБ 2176-2011. – Введ. 01.07.2011. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2011. – 49 с.
7. Сеськов В.Е. Уплотнение насыпных грунтов в сложных инженерно-геологических условиях / Международная научно-техническая конференция – Геотехника Беларуси: Наука и практика. – Минск : БНТУ, 23–25.10.2013.
8. Сеськов В.Е. Технология уплотнения грунтов оснований зданий и сооружений вибродинамическими методами / В.Е. Сеськов, В.Н. Лях. – Минск: БелНИИС, 1997. – 62 с.
9. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава: ГОСТ 12536-2014. – Введ. 01.07.2015. – М. : Стандартинформ, 2014. – 23 с.
10. Грунты. Классификация: СТБ 943-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск : Госстандарт, 2007. – 20 с.
11. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний: ГОСТ 20522-2012. – Введ. 01.07.2013. – М. : Стандартинформ, 2012. – 19 с.