

УСТОЙЧИВОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ АРМИРОВАННЫХ ОСНОВАНИЙ

Банников С. Н., канд. техн. наук

Ерохина Ю.А., маг. техн.наук

Архангельская Т.М., ст. преп.

(Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь)

В статье описывается методики оценки устойчивости и определения осадки водонасыщенных армированных оснований. Армированная среда рассматривается как трансверсально-изотропный слой грунта, лежащий на сжимаемом или несжимаемом изотропном основании. Приводятся данные о влиянии на осадку и устойчивость механических характеристик армированного грунта.

In article it is described methods of stability assessment and computation of the water-saturated reinforced bases settlement. The reinforced base is considered as a transversally isotropic soil layer lying on a compressible or incompressible isotropic base. Provides information about the mechanical characteristics reinforced soil influence on settlement and stability.

Строительство сооружений на слабых водонасыщенных грунтах связано со значительными трудностями в первую очередь это нарушением устойчивости оснований при их быстром загрузении, что проявляется в виде бокового выдавливания или выпора грунта основания за пределы подошвы в условиях нарушения его прочности. В связи с этим в настоящее время на первый план выходят мероприятия, связанные с повышением деформационных и прочностных характеристик грунта, что наиболее эффективно достигается за счет усиления грунта армирующими элементами в виде песчаных, гравийных, цементогрунтовых свай.

Нами предлагается вести оценку устойчивости армированного основания исход изизменения напряженного состояния основания при увеличении внешней нагрузки и на установлении непосред-

ственного безопасного (или допустимого) по условию работы сооружения напряженного состояния.

В качестве критерия при определении безопасной нагрузки применительно к строительству сооружений на армированных грунтах следует принять условие недопущения развития в основании зон разрушения.

Значение безопасной нагрузки $R_{кр}$ при которой развитие в усиленном основании сооружения областей предельного напряженного состояния грунта (областей разрушения) полностью исключается, если выполняется следующее условие:

$$\tau_{\max} \leq \tau_u \quad , \quad (1)$$

Или

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x_0} - \sigma_{z_0}}{2}\right)^2} + \tau_{xz}^2 \leq (\sigma_{z_0} + \gamma_{II} \cdot z) \cdot \operatorname{tg} \varphi_{II} \quad , \quad (2)$$

где τ_{\max} – максимальные касательные напряжения;

τ_u – предельное сопротивление грунта сдвигу;

c_{II}, φ_{II} – соответственно удельная сила сцепления и угол внутреннего трения усиленного грунта на глубине z ;

γ_{II} – удельный вес армированного грунта;

$\sigma_{x_0}, \sigma_{z_0}, \tau_{xz}$ – компоненты напряжений для начального момента после загрузки основания (для расчетной схемы показанной на (рис.1).

Начальные напряжения в скелете грунта нами предложено определять соответствии с выражениями:

$$\sigma_{z_0} = (1 - A)(\sigma_z - \sigma_x) \quad ; \quad \sigma_{x_0} = -A(\sigma_z - \sigma_x) \quad ;$$

$$\tau_{x_{z_0}} = \tau_{xz} \quad .$$

$$A = \frac{1}{1 + \Psi} \quad ; \quad \Psi = \frac{S_{11} + S_{13}}{S_{13} + S_{33}} \quad .$$

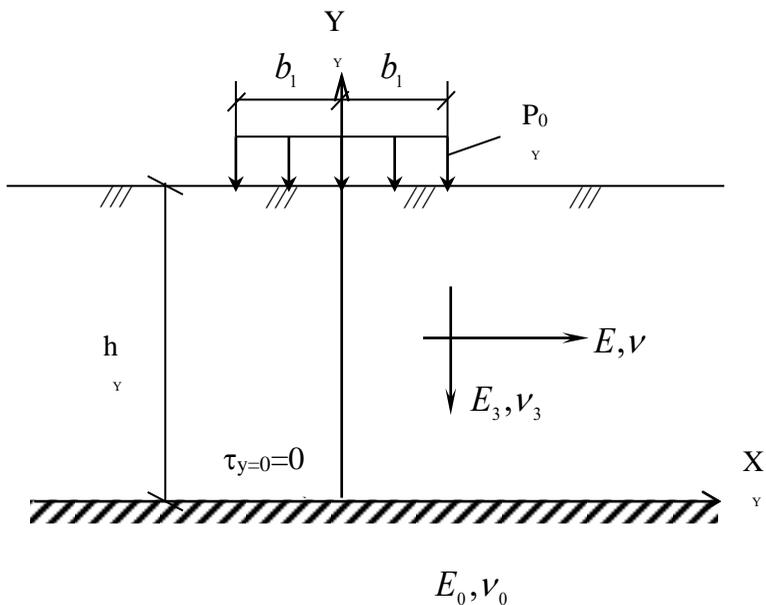


Рис. 1. Расчетная модель армированного грунта

Представляя левую часть выражения (2) в виде $\tau_{\max} = (P - \gamma_{II} \cdot d) \cdot \beta$ и проводя соответствующие преобразования, нашли

$$P_{\hat{e}\delta} = \frac{\sigma_{z0} [tg\varphi_{II} + \alpha_1 (tg\varphi_{II, \bar{n}\bar{a}} - tg\varphi_{II})] + (1 - \alpha_1) C_{II}}{\beta} + \gamma_{II} d \quad , \quad (3)$$

где

$$\beta = (\sigma_x + \sigma_z + \tau_{xz}) / P_o .$$

$$\sigma_z = \frac{2P_o}{\pi h} \int_0^{\infty} \left[A_1 ch \left(\frac{\gamma_1 z \alpha}{h} \right) + C ch \left(\frac{\gamma_2 z \alpha}{h} \right) \right] \cos \left(\frac{x \alpha}{h} \right) d\alpha \quad ;$$

$$\tau_{xz} = \frac{2P_o}{\pi h} \int_0^{\infty} \left[A_1 \gamma_1 ch \left(\frac{\gamma_1 z \alpha}{h} \right) + C \gamma_2 ch \left(\frac{\gamma_2 z \alpha}{h} \right) \right] \sin \left(\frac{x \alpha}{h} \right) d\alpha \quad ;$$

P – общая удельная нагрузка под подошвой фундамента (включая и собственный вес грунта);

d – глубина заложения подошвы фундамента.

$\alpha_1 = \frac{V_{\bar{a}\bar{d}}}{V_{\bar{a}\bar{d}}}$ – коэффициент, характеризующий долю армирующих

элементов в объеме усиливаемого грунта;

$V_{\text{ар}}$ – объем армирующих элементов;

$V_{\text{гр}}$ – объем грунта.

Значения коэффициентов S_{11} , S_{13} , S_{33} , A_1 , C и формулы для определения корней γ_1, γ_2 приведены в работе [1].

По своему физическому смыслу $\beta = \tau_{\text{max}}/P_0$ представляет собой безразмерную величину выраженную в долях от внешней нагрузки части касательных напряжений, действующих по наиболее опасным площадкам, которая должна быть компенсирована силами сцепления и трения для исключения нарушения его прочности.

В работе [2] показано, что максимальные значения β находятся под краем фундамента (площадки загрузки) на глубине, а конкретная величина зависит от толщины уплотняемого слоя и коэффициента анизотропии ($m = E/E_3$). Так, например, для коэффициента ($m=0.1$) значения β уменьшаются в 2 раза по сравнению с изотропным основанием, что в свою очередь ведет к увеличению допустимой нагрузки на основание в 2 раза. Таким образом, армирование вертикальными элементами существенно увеличивает несущую способность основания.

Нами также предложено производить расчет нестабилизированных осадок армированных водонасыщенных грунтов по следующей формуле:

$$S_t = S_k U_{\text{ср}} \quad , \quad (4)$$

где S_k – конечная стабилизированная осадка слоя грунта, усиленного дренающими элементами;

$U_{\text{ср}}$ – степень консолидации слоя, равная величине

$$U_{cp} = 1 - \frac{1}{h} \int_0^h \frac{P_{wt}}{P_{wo}} dy$$

или в приближенной форме

$$U_{cp} = 1 - \frac{1}{h} \sum_1^h \frac{P_{wt}}{P_{wo}} \Delta y \quad ,$$

где Δy – толщина расчетных слоев, на которое разбивается линейно-деформируемое основание;

P_{wt} – избыточное поровое давление в грунтовой массе для любого момента времени, определяемое при решении уравнения консолидации для пространственной задачи в виде:

$$\frac{\partial P_{w,t}}{\partial t} = \frac{E_3}{\gamma_w B_2} \left[K_x \frac{\partial^2 P_{w,t}}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 P_{w,t}}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 P_{w,t}}{\partial z^2} \right] \quad ,$$

где K_x, K_y, K_z – коэффициенты фильтрации воды через грунт соответственно в направлении осей x, y и z ;

$$B_2 = \frac{1 - \nu^2}{m} - 2\nu_3(1 + \nu) + 1 - \nu_3^2 m \quad ;$$

γ_w – удельный вес воды.

P_{wo} – начальное избыточное поровое давление, определяемое по формуле:

$$P_{wi} = \sigma_x + A(\sigma_y - \sigma_x) \quad ,$$

При изучении вопроса работы водонасыщенного армированного основания учитывалось влияние на степень консолидации (U_{cp}) следующих факторов:

– коэффициентов механической анизотропии ($n = E/E_3$) и бокового расширения грунтов (ν, ν_3);

- толщины уплотняемого слоя и ширины прикладываемой нагрузки в виде $\omega=h/b_1$;
- граничных условий по водопроницаемости;
- отношение горизонтальной проницаемости (K_x) к вертикальной (K_z);
- водопроницаемость армирующих элементов.

Учет этих факторов производили для двух случаев:

1. Уплотняемый водонасыщенный армированный слой грунта конечной толщины с проницаемой верхней частью лежит на несжимаемом водонепроницаемом основании (случай ППОН);
2. Уплотняемый водонасыщенный армированный слой грунта конечной толщины с проницаемой верхней частью лежит на несжимаемом водопроницаемом основании (случай ППОП).

Для расчета осадок по формуле (4) нами были разработаны номограммы по определению степени консолидации (U_{cp}). Они представлены на рис. 2,3.

Безразмерный фактор времени определялся по следующей формуле:

$$T = \frac{C_z t}{h^2} = \frac{E_z K_z}{B_2 \gamma_w} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta h^2} \quad (5)$$

По приведенным графикам, задаваясь интересующим нас моментом времени, по формуле (5) определяем фактор времени T и, учитывая коэффициент фильтрационной анизотропии, получаем соответствующую степень консолидации слоя толщиной h . Далее, подставляя значения U_{cp} в формулу (4), находим консолидационную осадку S_t . По результатам численного моделирования установлено, что, например, при $h/b_1=2$ время консолидации армированного слоя, имеющего $K_x/K_z=50$, сокращается по сравнению с изотропным по водопроницаемости основанием в 28 раз. Время 50% степени консолидации слоя увеличивается с ростом его толщины как для случая ППОН, так и для ППОП. Так, например, при сравнении оснований с $h/b_1=1$ и $h/b_1=5$ увеличение произошло в 11 раз для ППОН и в 16 раз для ППОП. Время консолидации оснований зависит также и от их граничных условий.

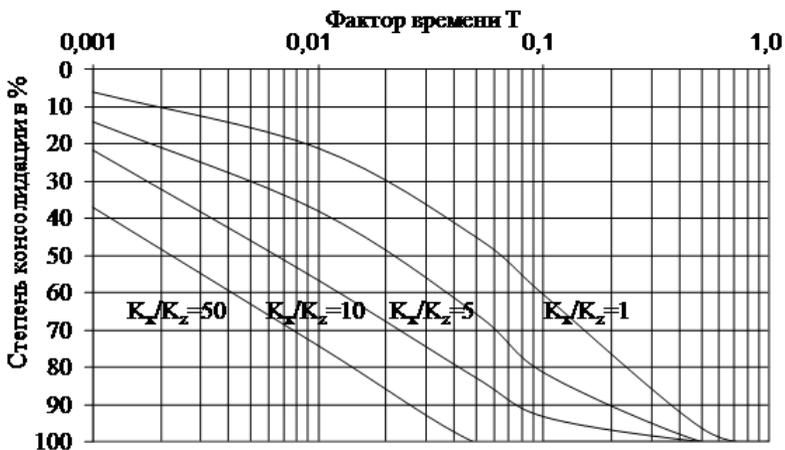


Рис.2. Графики зависимости степени консолидации водо-насыщенного армированного слоя грунта толщиной $h=5b_1$ от фактора времени (случай ППОН)

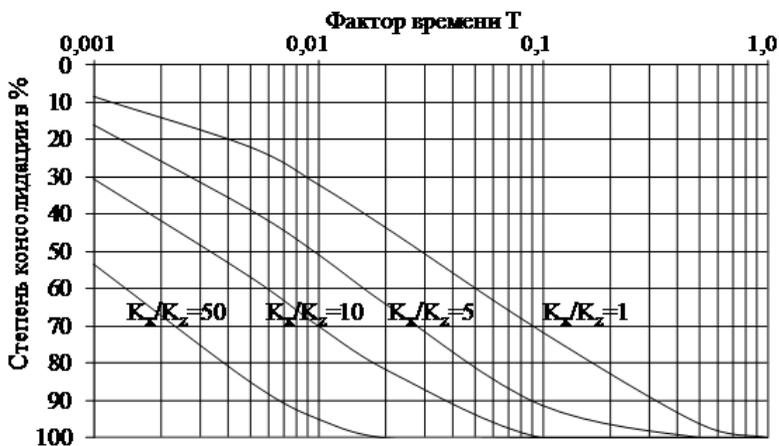


Рис.3. Графики зависимости степени консолидации водонасыщенного армированного слоя грунта толщиной $h=5b_1$ от фактора времени (случай ППОП)

ЛИТЕРАТУРА

1. Банников Н.Д., Банников С.Н. Напряженно-деформированное состояние армированного грунта нагруженного полосовой нагрузкой / Н.Д. Банников, С.Н. Банников // Механика грунтов и фундаментостроение. Труды 3 Украинской научно-технической конференции по механике грунтов и фундаментостроению. – Одесса, 17-19 сентября 1997 – с.7-8.

2. Банников С.Н., Джазаа Басем Безопасная нагрузка на водонасыщенный усиленный слой грунта конечной толщины/ С.Н. Банников, Джазаа Басем // Белорусская государственная политехническая академия. – Мн., 1999. – 5 с. – Деп. в ВИНТИ 7.05.99. – №1454-В99// РЖ: 09.Механика.-1999. – № 7. 11В69ДЕП. – С. 9.

УДК 624.131.5

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ШАРНИРНО-СОЕДИНЕННЫХ БАЛОК НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Босаков С.В., д-р техн.наук, проф.

(РУП «Институт БелНИИС», г. Минск, Беларусь)

Зиневич С.И., канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой
(Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь)

Козунова О.В., канд. техн. наук. доц.
(Белорусский государственный университет транспорта,
г. Гомель, Беларусь)

Из анализа научной литературы по расчету шарнирно-соединенных конструкций на упругом основании можно сделать вывод об отсутствии общего подхода к решению этой проблемы, справедливого для шарнирно-соединенных балок и плит, лежащих на любой модели упругого основания под действием произвольной внешней нагрузки. В рассматриваемой работе авторы предлагают универсальный подход для расчета шарнирно-соединенных балок