

УДК 624.131

ПРОГНОЗ СКОРОСТЕЙ СМЕЩЕНИЯ СЛОЯ НАБУХАЮЩИХ ОПОЛЗНЕВЫХ МАСС ПО ПОДСТИЛАЮЩЕЙ КРОВЛЕ КОРЕННЫХ ПОРОД

С. Г. АЙРОЯН*

Кафедра гидрогеологии и инженерной геологии ЕГУ, Армения

В работе дан прогноз скоростей смещения слоя набухающих оползневых масс по подстилающей кровле коренных пород для случая, когда происходит процесс набухания, приводящий к снижению сопротивления сдвигу и коэффициента вязкости. Экспериментально-теоретическими исследованиями установлено, что при отсутствии процесса набухания изменение скоростей смещения набухающей оползневой массы с глубиной определяется квадратичной зависимостью $V_y = \rho g (Hy - y^2/2) \sin \alpha / \eta$, а в условиях набухания – линейной зависимостью $V_y = [y + (H - \sigma_{sw} / \rho g)] \sin \alpha / ktg \Psi$.

Ключевые слова: водноколлоидальное сцепление, вязкость глин, давление, ползучесть, влажность.

Определение скоростей смещения по наклонному напластованию вязкопластичных грунтовых масс с привлечением аппарата реологии грунтов впервые рассмотрено Н.Н. Масловым [1]. В рассмотренной выше задаче принимается, что реологические свойства грунтов с глубиной толщи не изменяются. Сопротивление сдвигу определяется следующей формулой:

$$\tau_{f,sl} = \sigma_z \operatorname{tg} \varphi + \Sigma w + C_{str}, \quad (1)$$

где σ_z – уплотняющее давление, $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент внутреннего трения, w – влажность, Σw – водноколлоидальное сцепление, C_{str} – структурное сцепление.

Для решения задачи прогноза скоростей смещения слоя набухающей грунтовой массы по наклонному напластованию необходимо установить показатели сопротивления сдвигу и определить условия, при которых могут проявляться деформации ползучести. Проявление ползучести может иметь место при одновременном соблюдении двух условий [1]:

$$\tau > \sigma_z \operatorname{tg} \varphi + \Sigma w + C_{str} \quad \text{и} \quad \tau < \sigma_z \operatorname{tg} \varphi + \Sigma w + C_{str}. \quad (2)$$

Указанная задача Н.Н. Масловым решена для случаев сдвиговой деформации слоя глинистого грунта по наклонной поверхности в соответствии с законами течения ньютоновской вязкой жидкости $\tau = \eta dV_y / dy$ и вязкопластического течения Бингама $\tau - \tau_{lim} = \eta dV_y / dy$.

Нормальное и касательное напряжения от собственного веса толщи высоты H для горизонта y соответственно равны (рис. 1):

* E-mail: hairoyan@ysu.am

$$\sigma = \rho g(H - y) \cos \alpha, \quad \tau = \rho g(H - y) \sin \alpha. \quad (3)$$

Для случая, когда физические и реологические свойства грунтов по высотгрунтовой толщ не изменяются (при уплотняющих давлениях $\sigma_{sw} < \sigma_z$, где σ_{sw} – давление набухания), для скорости пластического течения слоя грунта по наклонной поверхности Масловым получены следующие соотношения:

$$V_y = \rho g(Hy - y^2/2)(\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi) / \eta - C_{str} y / \eta. \quad (4)$$

Порог ползучести определяется по формуле

$$\tau_{lim} = \sigma \operatorname{tg} \varphi + C_{str} = \rho g(H - y) \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi + C_{str},$$

из чего следует, что при $\tau_{lim} = 0$, $\operatorname{tg} \varphi = 0$, $C_{str} = 0$

$$V_y = \rho g(Hy - y^2/2) \sin \alpha / \eta. \quad (5)$$

Для решения задачи прогноза скоростей смещения слоя набухающей грунтовой массы по наклонному напластованию использовались полученные нами закономерности изменения сопротивления сдвигу набухающих грунтов при замачивании в широких пределах изменяемости уплотняющих давлений.

На рис.1 приведены диаграммы сопротивления сдвигу набухающих бентонитовых глин в широких пределах изменяемости уплотняющих давлений $\sigma_{sw} > \sigma_z$, $\sigma_{sw} < \sigma_z$.

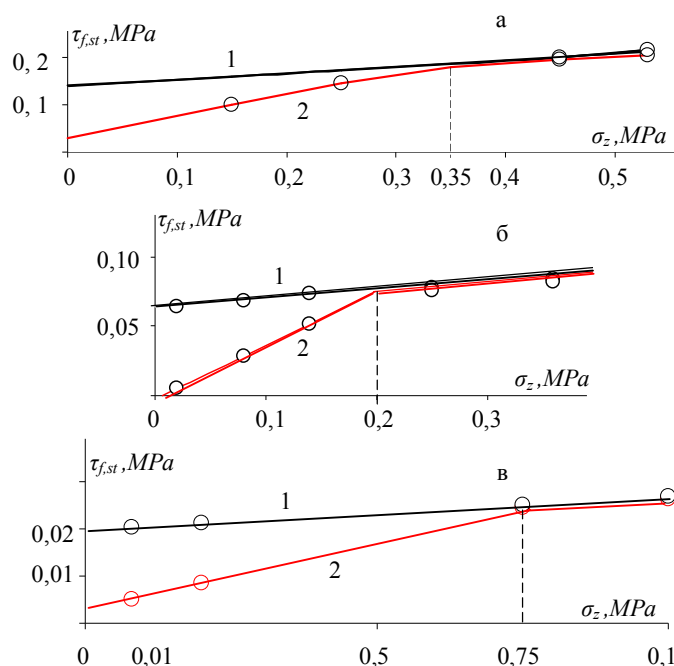


Рис. 1. Диаграмма сопротивления сдвигу набухающих бентонитовых глин при естественной влажности (1) и при полном водонасыщении (2): а) $w = 0,433$; б) $0,582$; в) $0,945$.

Из рис. 1 видно, что диаграмма сопротивления сдвигу является ломаной, с точкой перелома, соответствующей давлению набухания [2]. В пределах уплотняющих давлений $\sigma_{sw} > \sigma_z$ деформация набухания грунтов зависит от внешних давлений. В набухом состоянии бентонитовые глины полностью теряют внутреннее трение и структурное сцепление практически равно нулю (рис. 1). Непосредственные контакты между глинистыми частицами носят опосредствованный характер и исчезают, сцепление имеет вязкую воднокол-

лоидальную природу, т.е. $\operatorname{tg} \varphi=0, \Sigma w=0$. Фактически в пределах изменяемости уплотняющих давлений $\sigma_{sw} > \sigma_z$ эта диаграмма показывает зависимость водноколлоидального сцепления от уплотняющих давлений:

$$\Sigma w = \sigma \operatorname{tg} \Psi, \quad (6)$$

где $\operatorname{tg} \Psi$ – угловой коэффициент [2]. Следовательно, в естественных условиях при замачивании вследствие набухания Σw с высотой уменьшается.

Для решения задачи прогноза скоростей смещения слоя набухающей грунтовой массы по наклонному напластованию с учетом набухания использовались полученные автором зависимости между Σw и коэффициентом вязкости (η), рассчитанные для периода установившейся ползучести (течения), согласно которым независимо от состояния влажности-плотности отношение $\eta / \Sigma w$ практически является постоянной величиной [3]:

$$\eta / \Sigma w = k = \text{const.} \quad (7)$$

Процесс набухания при условии $\sigma_{sw} > \sigma_z$ возможен в интервале изменяемости в пределах от $y=H-\sigma_{sw} / \rho g$ до $y=H$. В интервале от $y=0$ до $y=H-\sigma_{sw} / \rho g$ процесс набухания отсутствует (рис. 2).

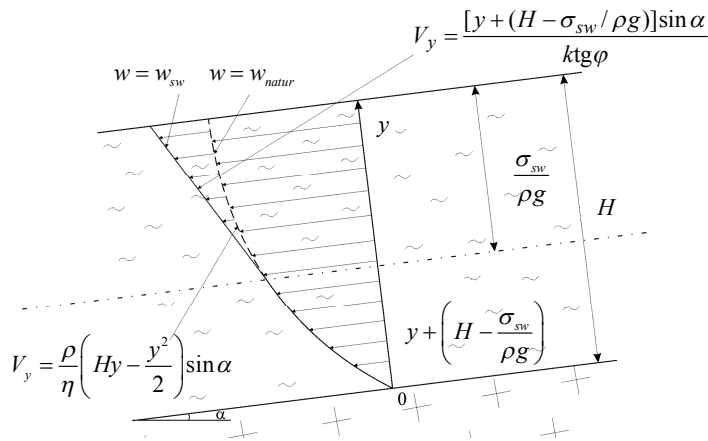


Рис. 2. Расчетная схема по прогнозу смещения набухающих оползневых масс по подстилающей кровле коренных пород.

В интервале от $y=H-\sigma_{sw} / \rho g$ до $y=H$ вследствие набухания изменяются как водноколлоидальное сцепление, так и коэффициент вязкости.

Для получения выражения (5) при условиях набухания одновременно с учетом полученных нами соотношений (6) и (7), а также условия

$$\rho g(H - y) \sin \alpha = \eta dV_y / dy \quad (8)$$

имеем

$$\rho g \left[y + \left(H - \frac{\sigma_{sw}}{\rho g} \right) \right] \sin \alpha = k \rho g \operatorname{tg} \Psi \left[y + \left(H - \frac{\sigma_{sw}}{\rho g} \right) \right] \frac{dV_y}{d[y + (H - \sigma_{sw} / \rho g)]}. \quad (9)$$

Тогда скорость смещения наклонной толщи определяется уравнениями

$$\sin \alpha = k \operatorname{tg} \Psi \frac{dV_y}{d[y + (H - \sigma_{sw} / \rho g)]}, \quad (10)$$

$$dV_y = d[y + (H - \sigma_{sw} / \rho g)] \sin \alpha / k \operatorname{tg} \Psi. \quad (11)$$

После интегрирования уравнения (11) для изменения скорости деформации сдвига с высотой слоя получена следующая формула:

$$V_y = [y + (H - \sigma_{sw} / \rho g)] \sin \alpha / k \operatorname{tg} \Psi. \quad (12)$$

Очевидно, что вычисленные по выражению (12) скорости и величины смещения наклоненного грунтового слоя выше, чем при расчетах по принятому методу Маслова, поскольку в наших расчетах учитывается влияние фактора набухания в интервале изменчивости от $y = H - \sigma_{sw} / \rho g$ до $y = H$.

Поступила 07.12.2012

ЛИТЕРАТУРА

1. **Маслов Н.Н.** Физико-техническая теория ползучести грунтов в практике строительства. М.: Стройиздат, 1983, 160 с.
2. **Месчян С.Р., Айроян С.Г.** Сопротивление сдвигу набухающего грунта при изменчивости нормального напряжения и начальной влажности. // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1988, № 5, с. 24–25.
3. **Айроян С.Г.** Реологические свойства набухающих глин (на примере тела плотины Адуана, САР). Сб. трудов научной конференции, посвященной 90-летию проф. В. Аветисяна “Геология и география: современные проблемы”. Ер.: Изд-во ЕГУ, 2008, с. 114–121.

Ս. Հ. ՀԱՅՐՈՅԱՆ

ԱՐՄԱՏԱԿԱՆ ԱՊԱՐԵՐԻ ՎՐԱՅՈՎ ՈՒՌՉՈՂ ՍՈՂԱՆՔԱՅԻՆ ՋԱՆԳՎԱԾԻ ՇԱՐԺՄԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅԱՆ ԿԱՆԽԱՏԵՍՈՒՄԸ

Ամփոփում

Աշխատանքը նվիրված է ուռչող սողանքային զանգվածի շարժման արագության կանխատեսմանը, երբ տեղի է ունենում ուռչման գործընթացներ, բերելով նրա սահքի դիմադրության և մածուցիկության գործակցի նվազման:

Փորձարարական և տեսական հետազոտություններով հաստատվել է, որ, եթե բացակայում է ուռչման գործընթացը սողանքային զանգվածի շարժման արագության փոփոխությունն՝ ըստ բարձրության, որոշվում է քառակուսային օրենքով $V_y = \rho g (Hy - y^2 / 2) \sin \alpha / \eta$, սակայն ուռչման անկայության դեպքում՝ զծային կախվածությամբ $V_y = [y + (H - \sigma_{sw} / \rho g)] \sin \alpha / k \operatorname{tg} \Psi$:

S. H. HAYROYAN

PROGNOSIS OF SWELLING LANDSLIDE MASS MOVEMENT VELOCITY UPON MATRIX ROCKS

Summary

The article is devoted to velocity prognosis of a swelling landslide mass movement for the case when swelling processes occur and lead to decreasing of shear strength and viscosity factor. According to laboratory tests and theoretical development we obtain the results when soil's swelling processes are absent, the changes of velocity of landslide mass movement through depth is described according to quadratic equation $V_y = \rho g (Hy - y^2 / 2) \sin \alpha / \eta$, but for swelling soils the relationship is linear $V_y = [y + (H - \sigma_{sw} / \rho g)] \sin \alpha / k \operatorname{tg} \Psi$.