

УСТОЙЧИВОСТЬ АРМИРОВАННЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК

Канд. техн. наук, доц. БАННИКОВ С. Н., инж. АЛЬ МАХАМИД ФАЙЕЗ, студ. МАКАРЕВИЧ М. В.

Белорусский национальный технический университет

На устойчивость подпорных сооружений оказывают влияние величина давления грунта со стороны засыпки, т. е. горизонтальное природное (бытовое) давление грунта, а также дополнительная нагрузка, приложенная к его поверхности. Горизонтальные или распорные напряжения, действующие на подземные конструкции, зависят от степени уплотнения грунта, его неоднородности, интенсивности и места приложения дополнительной нагрузки, а также жесткости сооружения.

Для уменьшения давлений прибегают к усилению оснований различными способами, среди которых усиление грунтов нагельным способом и синтетическими неткаными материалами. Рассмотрим ограждающую конструкцию – армированную подпорную стенку (ОПDK) (рис. 1), состоящую из облицовки (ОК) и армированного грунта (грунта засыпки и армирующих элементов).

Давление армированного грунта на подпорную стенку при ее смещении в сторону котлована определяли по следующей формуле:

$$\sigma_a = (q + \gamma_{ap} z) \xi_{ap} = (q + \gamma_{ap} z) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{ap}}{2} \right), \quad (1)$$

где q – удельная нагрузка за подпорной стенкой на уровне поверхности земли; γ_{ap} – удельный вес армированного грунта; z – текущая координата, в которой рассматривается предельное напряженное состояние; $\xi_{ap} = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{ap}}{2} \right)$ – коэффициент активного давления армированного грунта на стенку при ее смещении в сторону котлована. Методика его определения изложена в [1].

На участке Om и nK активное давление вычисляли по формуле

$$\sigma_a = \gamma_{ap} z \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{ap}}{2} \right),$$

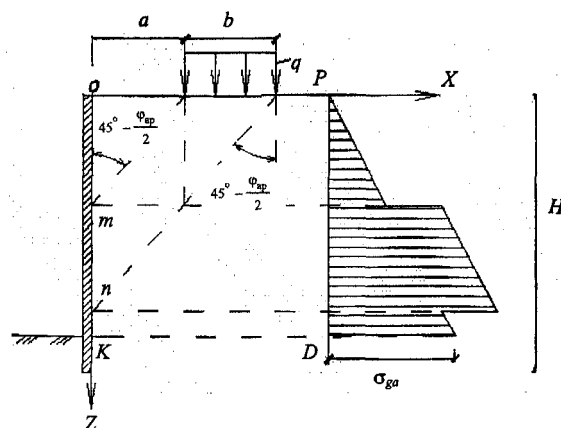


Рис. 1. Расчетная схема для определения активного давления на подпорную стенку от полосовой нагрузки

на участке mn

$$\sigma_a = (q + \gamma_{ap} z) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{ap}}{2} \right).$$

При использовании выражения (1) необходимо обеспечить внутреннюю устойчивость армированного массива грунта возле каждой отдельной полосы или элемента арматуры. Это достигается путем проверки:

1) на проскальзывание грунта по армирующим элементам

$$T_a \leq 2 \gamma z \operatorname{tg} \psi l_a; \quad (2)$$

2) армирующих элементов на разрыв

$$T_a \leq R_s \delta_a b_a. \quad (3)$$

Здесь T_a – растягивающее усилие в арматуре;

$$T_a = \xi_a \sigma_{v,i} h_v h_u; \quad (4)$$

$\operatorname{tg} \psi$ – угол сдвига грунта по армирующим элементам.

В тех случаях, когда подпорное сооружение характеризуется жесткой и неподатливой стенкой, находящейся в контакте с грунтом, можно ожидать, что воздействующее на нее

боковое давление грунта значительно возрастает и достигнет значений «давления в состоянии покоя». Жесткими и неподатливыми могут считаться стеновые панели с подвальными помещениями, а также опоры жестких рамных мостов. В том случае, когда к поверхности грунта приложена равномерно распределенная полосовая нагрузка интенсивностью P_0 , боковое давление σ_y следует вычислять по следующей формуле:

$$\sigma_y = \frac{P_0 \gamma_2 \gamma_1}{\pi(\gamma_2 - \gamma_1)} \left[\gamma_1 \left(\arctg \frac{z-a}{y\gamma_2} - \arctg \frac{z-a-b}{y\gamma_2} \right) - \gamma_2 \left(\arctg \frac{z-a}{y\gamma_1} - \arctg \frac{z-a-b}{y\gamma_1} \right) + \gamma_1 \left(\arctg \frac{z+a+b}{y\gamma_2} - \arctg \frac{z+a}{y\gamma_2} \right) - \gamma_2 \left(\arctg \frac{z+a+b}{y\gamma_1} - \arctg \frac{z+a}{y\gamma_1} \right) \right] + \sigma_{ga}, \quad (5)$$

где σ_{ga} – боковое давление армогрунта от его собственного веса, определяемое для основания, усиленного:

- горизонтальными нагелями

$$\sigma_{ga} = \gamma_{ap} y \frac{v_3(1+v)}{1-v_3^2 \frac{E}{E_3}};$$

- гибкими горизонтальными мембранами и вертикальными нагелями

$$\sigma_{ga} = \gamma_{ap} z \frac{v_3 E}{E_3(1-v)};$$

γ_1, γ_2 – корни характеристического уравнения для условий плоской деформации. Значения этих корней находятся по методике [2] в зависимости от схемы армирования по выражениям:

- при усилении основания горизонтальными нагелями ($E_3 > E$)

$$\gamma_1 = \sqrt{\frac{S_{66} + 2S_{13} \pm \sqrt{(S_{66} + 2S_{13})^2 - 4S_{11}S_{33}}}{2S_{33}}};$$

- при усилении основания вертикальными нагелями ($E_3 > E$) и горизонтальными мембранами ($E > E_3$):

$$\gamma_2 = \sqrt{\frac{S_{66} + 2S_{13} \pm \sqrt{(S_{66} + 2S_{13})^2 - 4S_{11}S_{33}}}{2S_{11}}};$$

$$S_{11} = \frac{1}{E}(1-v^2); \quad S_{13} = -\frac{v_3}{E_3}(1+v); \quad S_{33} = \frac{1}{E_3}\left(1-v_3^2 \frac{E}{E_3}\right);$$

$$S_{66} = \frac{E(1+2v_3)+E_3}{EE_3}.$$

На рис. 2...3 приводятся результаты испытаний армирования грунта алюминиевыми полосами. Усиление грунта производили алюминиевыми полосами толщиной 0,3 мм в трех уровнях.

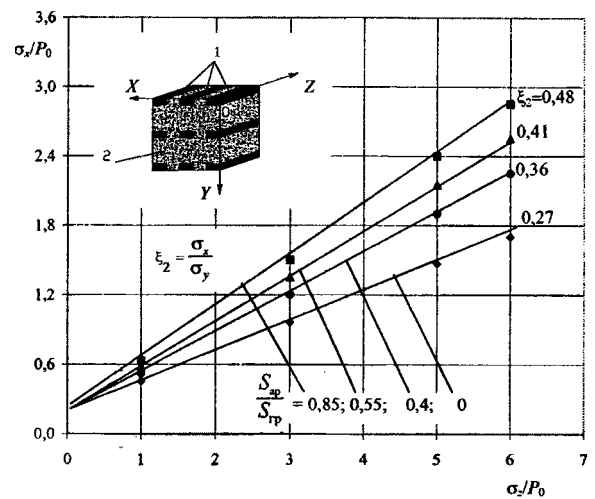


Рис. 2. Графики изменения коэффициента бокового давления ξ_2 в зависимости от относительной площади армирования при полосовом способе усиления основания: 1 – армирующие полосы; 2 – грунт засыпки

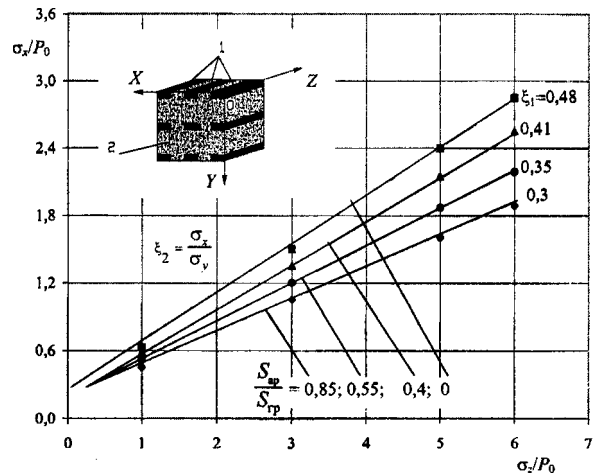


Рис. 3. Графики изменения коэффициента бокового давления ξ_1 в зависимости от относительной площади армирования при полосовом способе усиления основания: 1 – армирующие полосы; 2 – грунт засыпки

На каждом уровне относительная площадь армирующих элементов была принята одинаковой и назначалась по выражению

$$\alpha_h = S_{ар}/S_{гр},$$

где $S_{ар}$ — площадь армирующих элементов на одном уровне; $S_{гр}$ — то же поверхности грунта.

Испытания проводили последовательно при $\alpha_h = 0,4; 0,55; 0,85$. По результатам испытаний находили коэффициенты бокового давления ξ_1, ξ_2, ξ_3 , используя которые определяли характеристики грунта по следующим формулам:

$$\nu_3 = \frac{\xi_2}{1 + \xi_1}; \nu = \frac{\xi_1 - \xi_3 \xi_2}{1 + \xi_2 \xi_3};$$

$$E_3 = \frac{P_0}{\varepsilon_z} \left(1 - 2 \frac{\xi_3 \xi_2}{1 + \xi_1} \right); E = E_3 \frac{\xi_3 (1 - \xi_1) (1 + \xi_1)}{(1 - \xi_3 \xi_2) \xi_2};$$

$$\varphi = \arctg \left(\frac{1 - \xi_1}{\sqrt{1 - (1 - \xi_1)^2}} \right); \varepsilon_z = \frac{S_z}{h},$$

где S_z — стабилизированная вертикальная осадка образца; h — начальная высота образца.

ВЫВОД

Анализируя полученные данные, приходим к заключению, что коэффициенты бокового давления ξ_1 и ξ_2 , а также Пуассона ν и ν_3 уменьшаются с увеличением площади армирующих элементов. По нашему мнению, это связано с арочным эффектом, который возникает между армирующими элементами и грунтом, что способствует повышению его несущей способности и уменьшению деформативности. При $\alpha_h = 0,85$ происходит выравнивание значений коэффициентов ξ_1 и ξ_2 , и по своим численным значениям они близки к коэффициенту ξ_3 для случая армирования сплошной алюминиевой фольгой. Это указывает на то, что при $\alpha_h > 0,85$ армирующие элементы уже не влияют на поперечные деформации и боковое давление. Модуль общей деформации E увеличивается с возрастанием α_h . Это вызвано увеличением доли жестких армирующих элементов и уменьшением коэффициентов ν и ν_3 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Банников С. Н., Аль Махамид Файез. Прочностные характеристики армированного песчаного грунта // Вестник БНТУ. — 2005. — № 3.
2. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела. — М., 1977. — 415 с.