

УДК 626

Р.А.Карась (6 курс, каф. МВТС), Б.В.Балашов, д.т.н., проф.

ВЛИЯНИЕ ПРОСЛОЙКИ СЛАБОГО ГРУНТА НА ОБЩУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ СООРУЖЕНИЯ

Целью данной работы является обоснование необходимости исправления классической круглоцилиндрической поверхности (далее КЦП) при наличии в основании прослоек слабого грунта.

Согласно РД [1] п. 13.24 не допускается плоскость скольжения со стороны активного давления грунта проводить круче, чем плоскость обрушения (т.е. под углом $\beta = 45 - 0,5 \cdot \varphi$), а со стороны пассивного давления – круче плоскости выпора (т.е. под углом $\beta = 45 + 0,5 \cdot \varphi$). Объяснить это можно тем, что грунт, находящийся выше этих плоскостей будет соскальзывать под углом, соответствующим углу внутреннего трения данного грунта.

В качестве примера взят причал второй очереди универсального перегрузочного комплекса в порту Усть-Луга. Предварительно с помощью ЭВМ была определена самая опасная поверхность скольжения. Для полноправного сравнения произведен ручной расчет общей устойчивости сооружения по данной круглоцилиндрической поверхности скольжения согласно СНиП [2]. Второй расчет производился по той же методике. Разница заключается в том, что участки круглоцилиндрической поверхности, проходящие (со стороны активного давления грунта) круче плоскости выпора, заменяются плоскостями выпора.

Рассматриваем предельное состояние устойчивости сдвигающей массы, расположенной выше поверхности скольжения. Условие равновесия характеризуется коэффициентом устойчивости $K_{уст}$:

$$K_{уст} = M_r / M_i ; \quad (1)$$

где M_i – сумма моментов активных сил (вызывающих сдвиг), т·м:

$$M_i = r \cdot \sum_{i=1}^n G_i \cdot \sin \alpha ; \quad (2)$$

где M_r – сумма моментов реактивных сил (удерживающих сооружение), т·м:

$$M_r = r \cdot \left(\sum_{i=1}^n G_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i \right) , \quad (3)$$

где r – радиус выбранной КЦП, м; n – количество столбиков грунта; G_i – вес 1 погонного метра i -го столбика (элемента) грунта с учетом полезной нагрузки q , действующей в пределах его ширины, тс; α_i – угол между вертикалью и линией, соединяющей центр O КЦП и середину подошвы i -го элемента, слева от вертикали отрицательное значение, град.; φ_i – угол внутреннего трения i -го элемента (для подошвы), град.; c_i – сцепление по подошве i -го элемента, т/м²; l_i – длина дуги подошвы i -го элемента, м.

Задаем центром O КЦП. Ее радиус $r = 33,93$ м определяется положением низа шпунтовой стенки. Массив грунта разбивается таким образом, чтобы в пределах ширины элемента не менялись характеристики грунта по подошве элемента и значения полезных нагрузок, действующих на элемент. В итоге, можем найти $K_{уст}$ и оценить общую устойчивость по схеме глубинного сдвига при вращательном движении сдвигаемого массива грунта вместе с сооружением. Для простоты, не учитываем силы сопротивления конструктивных элементов (анкера, свай) причала.

$$M_t = 33,93 \cdot 376,01 = 12759,5 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$M_r = 33,93 \cdot (174,62 + 70,46) = 8316,4 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$K_{уст} = M_r / M_t = 8316,4 / 16336,0 = 0,652.$$

Проводим аналогичный расчет с исправленной КЦП.

$$M_t^{испр.} = 33,93 \cdot 445,53 = 15118,7 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$M_r^{испр.} = 33,93 \cdot (184,22 + 70,59) = 8646,5 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$K_{уст}^{испр.} = M_r / M_t = 8646,5 / 15118,7 = 0,572.$$

Определим относительную погрешность $K_{уст}$, приняв $K_{уст}^{испр.}$ в качестве точного значения:

$$\delta = |0,572 - 0,652| / |0,652| \cdot 100\% = 12,27\%.$$

Вполне можно представить себе случай, когда уменьшение $K_{уст}$ даже на 12 % приведет к потере общей устойчивости сооружения.

Из геометрии получается, что для схемы глубинного сдвига по КЦП чем ниже находится центр O КЦП, тем актуальнее предлагаемые поправки.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. При расчете общей устойчивости сооружений с прослойками слабого грунта в основании следует исправлять классическую круглоцилиндрическую поверхность, чтобы не получить завышенное значение коэффициента устойчивости.
2. Необходимо менять рекомендации по выбору центра КЦП для случая, когда в основании присутствует прослойка слабого грунта.
3. Чем ближе к поверхности залегает слабый грунт, тем существеннее погрешность $K_{уст}$.

ЛИТЕРАТУРА:

1. РД 31.31.27-81 «Руководство по проектированию морских причальных сооружений».
2. СНиП 2.02.02-85 «Основания гидротехнических сооружений».