

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ОДНОРОДНОГО ОСНОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ РАСПОРНОГО ТИПА

Хонелия Н.Н., Кострец Н.В., Багратиони Р.Р.

Одесский национальный морской университет
г. Одесса, Украина

АНОТАЦІЯ: Розглянуто результати досліджень на основі розрахункової моделі, яка встановлює вплив дограничних характеристик ґрунту на відпорну здатність основ.

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены результаты исследований на основе расчетной модели, которая устанавливает влияние допредельных характеристик грунта на отпорную способность оснований.

ABSTRACT: Results of researches based on the calculation model are presented. The model determines influence of soil sublimit characteristics on reactive capacity of the soil foundations.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Боковое давление, предельное и допредельное напряженное состояние, грунтовая среда, несущая способность.

При расчете нагрузок на гидротехнические сооружения распорного типа интерес представляют предельные нагрузки, т.е. нагрузки, превышение которых приводит к потере несущей (отпорной) способности массива грунта под подошвой сооружения.

Чаще всего нарушенное состояние равновесия приводит к большой осадке грунта и его выпору из-под фундамента, смещению сооружений. Значительное смещение опасно для большинства рассматриваемых сооружений. Поэтому важно определить максимально возможную для грунта нагрузку, которая не нарушит его равновесие.

При проектировании и эксплуатации гидротехнических сооружений распорного типа для оценки надежности их оснований необходимо определять зависимости «нагрузка - несущая способность основания».

Повышение надежности оснований гидротехнических сооружений распорного типа зависит от создания усовершенствованных методов расчета их отпорной способности, позволяющих с необходимой степенью точности отразить реальные условия взаимодействия рассматриваемых сооружений с грунтовой средой.

Изучению вопроса развития областей предельного состояния грунта, определению предельной нагрузки, вызывающей образование этих областей под подошвой фундамента сооружения и влиянию этих факторов на работу системы «сооружение - основание» посвящен ряд известных работ Гольдштейна Л.М. [1], Вялова С.С. [2], Малышева М.В. [3] и других. Следует отметить и зарубежных исследователей, внесших весомый вклад в решение задач о несущей способности оснований. Это К.Акай [4], Н. Lundgren и К. Mortensen [5] и многие другие.

В настоящее время методы расчета несущей способности оснований, которые применяются при проектировании и эксплуатации распорных сооружений, не учитывают в грунтовом основании, взаимодействующем с подошвой сооружения, наличие зон предельного и допредельного напряженного состояния. Предложение об учете допредельных характеристик грунта основания, оказывающих существенное влияние на величину отпорной способности, было сделано Ю.К. Зарецким [6] на основе проведенных экспериментальных исследований.

Цель работы заключается в исследовании отпорной способности грунтового основания гидротехнического сооружения распорного типа с учетом особенностей его работы и грунтовой засыпки, на основе разработанного метода расчета системы «сооружение - основание» [7]. Предложенный метод позволяет определить отпорную способность в рамках модели смешанного напряженного состояния под подошвой сооружения и вокруг нее.

Для решения поставленной задачи выполнено численное моделирование взаимодействия элементов системы «сооружение – основание» в широком диапазоне нагрузок от бокового давления грунта засыпки на основе разработанного метода расчета отпорной способности оснований. При расчете отпорной способности грунтовых оснований распорных сооружений, взаимодействующих с обратной засыпкой, рассматривается этап возведения сооружения, включающий устройство обратной засыпки, и этап эксплуатации, при котором на сооружение воздействует эксплуатационная нагрузка q .

В работе рассматривается второй этап взаимодействия сооружения с грунтовой засыпкой (этап эксплуатации), при котором по мере

приложения и увеличения интенсивности равномерно-распределенной нагрузки q значения активного давления грунта засыпки будут увеличиваться от E_a до E_{np} (рис. 1), соответственно будет происходить мобилизация отпорной способности основания под подошвой сооружения и вокруг нее. Здесь E_{np} – величина активного давления грунта засыпки, соответствующая предельной равномерно-распределенной нагрузке q_{np} .

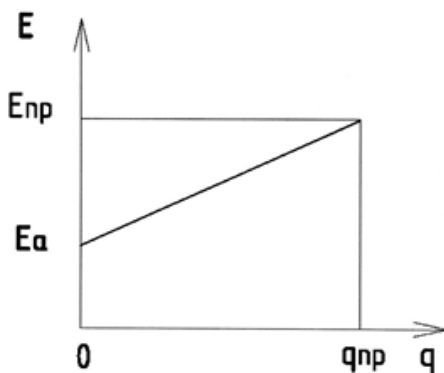


Рис. 1. Зависимость бокового давления грунта засыпки E от интенсивности равномерно-распределенной нагрузки q

По мере приложения и увеличения эксплуатационной нагрузки q будут расти как сдвигающие силы (за счет увеличения значения активного давления E_a), так и реакция основания (за счет появления и развития в нем зон предельного напряженного состояния). Этот процесс может продолжаться до достижения в грунтовом основании сооружения предельной несущей способности (когда весь грунт, взаимодействующий с подошвой сооружения, переходит в предельное напряженное состояние). Дальнейший рост внешней нагрузки может привести к потере устойчивости сооружения вследствие исчерпания несущей способности грунтового основания.

Появление и развитие в грунтовом основании зон предельного и допредельного напряженных состояний рассмотрено на примере взаимодействия эксплуатируемого сооружения в виде массива-гиганта с грунтовой засыпкой и показано на рис. 2.

Следует отметить, что рост равномерно-распределенной нагрузки q приводит к трансформации рассматриваемых зон, т.е. происходит увеличение размеров зон предельного напряженного состояния и сокращение размеров зон допредельного напряженного состояния, а также изменяется очертание границ поверхностей скольжения (рис. 2).

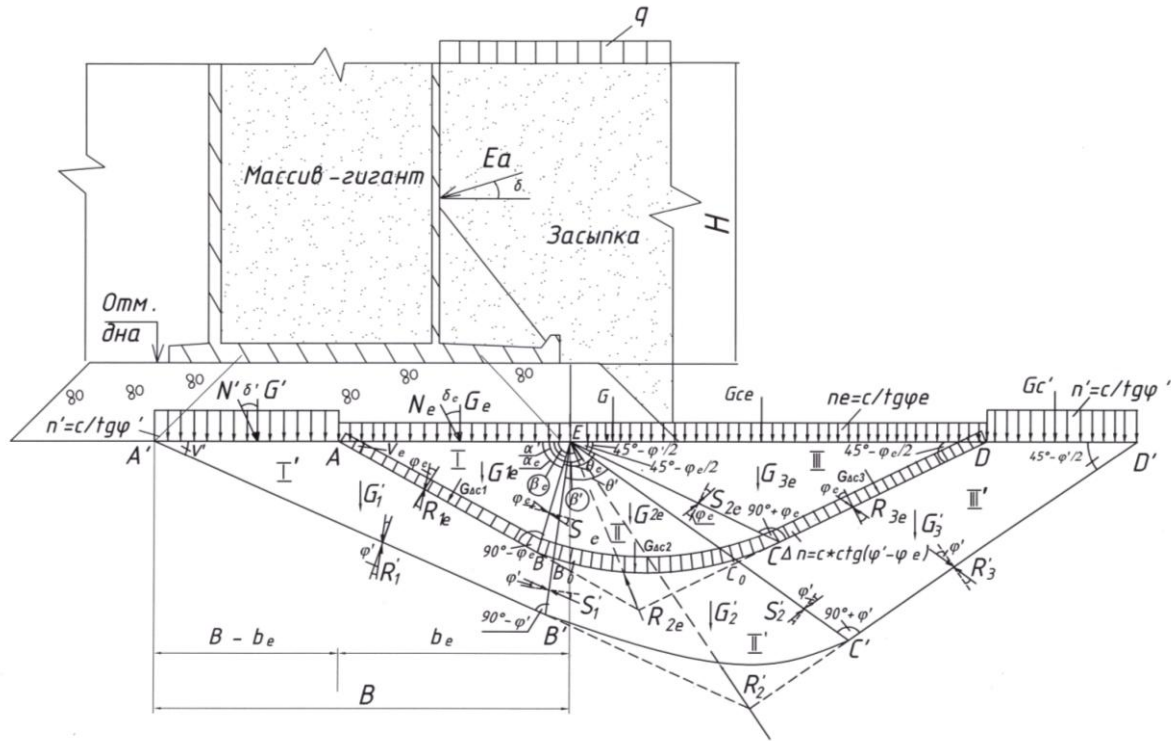


Рис. 2. Схема сооружения в виде массива-гиганта и расположение зон предельного и допредельного напряженных состояний связного грунта основания: N – высота сооружения; B – ширина подошвы сооружения; E_a – активное давление грунта засыпки; q – эксплуатационная равномерно-распределенная нагрузка; I и I' , II и II' , III и III' – зоны предельного и допредельного напряженного состояния грунта основания

Связность грунта, характеризуемую удельным сцеплением c , учитывают, приложив на поверхности грунта в пределах рассматриваемых зон интенсивности $n_e = c/tg\varphi_e$ и $n' = c/tg\varphi'$. При этом следует учитывать приращение давления связности $\Delta n = c \cdot ctg(\varphi' - \varphi_e)$ на границе зон предельного и допредельного напряженного состояния.

Как показано на рис. 2, при трансформации границы зон предельного и допредельного напряженного состояния грунта основания I и I', II и II', III и III' не совпадают из-за различия углов v_e и v' , β_e и β' , α_e и α' , θ_e и θ' (углы, определяющие положение объемлющей поверхности скольжения зон предельного и допредельного напряженного состояния, определяются по рекомендациям работ [8, 9]).

Для оценки положения поверхностей скольжения и размеров зон минимального I и I', промежуточного II и II' и максимального III и III' напряженного состояний грунтового основания [8, 9] в табл. 1 помещен численный пример расчета системы «сооружение-основание» при увеличении эксплуатационной нагрузки q и соответствующих значений активного давления грунта засыпки E_a .

Таблица 1

Результаты расчета отпорной способности основания

E_a	V_e	V'	α_e	α'	β_e	β'	φ'	N_e	N'	N
1250	18,4	50,6	97,5	55,6	121	96	16,3	20	2958	2960
1300	16,4	50,3	99,5	56	122	96,2	16,3	40,5	2932	2970
1350	14,2	50	101,7	56,3	123,3	96,4	16,4	112	2919	3024
1400	11,5	49,7	104,2	56,7	124,9	96,6	16,5	233	2916	3145
1450	9,2	49,4	106,7	57,2	126,5	96,8	16,6	345	2912	3254
1500	7,1	49,2	108,9	57,6	128	97,2	16,7	453	2907	3358
1550	4,7	48,8	110,6	58	129,5	97,4	16,8	557	2902	3455
1600	3,8	48,6	112,5	58,3	131	97,6	16,9	641	2897	3537
1650	2,8	48,3	114,5	58,7	132,3	97,8	17	739	2892	3629
1700	2,2	48	116,9	59,2	133,7	98,1	17,1	816	2887	3701
1750	1,6	47,7	119,3	59,6	135,2	98,3	17,2	911	2882	3792
1800	0,9	47,4	121,3	60	136,6	98,6	17,3	998	2876	3871

Целесообразность выполненных расчетов проанализирована с точки зрения оценки влияния углов v_e и v' , β_e и β' , α_e и α' , θ_e и θ' на трансформацию рассматриваемых зон и на отпорную способность основания. В представленной таблице N_e и N' - предельная и допредельная составляющие отпорной способности основания, кН; N - результирующая отпорной способности, кН.

Результаты расчета показывают, что в промежутках между крайними значениями давлений Ea и Enp предельная составляющая отпорной способности основания Ne и результирующая отпорной способности N , равная векторной сумме предельной и допредельной составляющих, увеличиваются, а допредельная составляющая отпорной способности N' уменьшается.

На основе выполненного численного моделирования системы «сооружение – основание» получены результаты, анализ которых дает представление о поведении основания под подошвой сооружения, а также позволяет определить зависимости результирующей отпорной способности и ее составляющих в широком диапазоне нагрузок от бокового давления грунта. На практике в связи с высокой стоимостью, сравнительно короткими сроками экспериментальных наблюдений, решение задач, связанных с определением отпорной способности оснований эксплуатируемых сооружений является актуальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдштейн Л.М. О приближенном решении задачи пространственного предельного равновесия грунта / Л.М. Гольдштейн // Основания, фундаменты и механика грунтов. - 1969. - № 5. - С. 12-15.
2. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов / С.С. Вялов. - М.: Высшая школа, 1978.
3. Малышев М.В. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений / М.В. Малышев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1991. - №2. - С. 15-17.
5. Akai K. On the stress distribution in the earth embankment end the foundation / K. Akai// Proceedings of the 4th Japan National congress for Appl. Mech., 1954.
6. Lundgren H. Determination by the Thtorie of plasticity of the Bearing pacity of Continous Foktings on Sand / H. Lundgren, K. Mortensen // Proceedings 3 Int. Conference of Soil Mechanics vend Foundation Engineering's V.J. - Zurich, 1953.
7. Зарецкий Ю.К. О несущей способности песчаных оснований фундаментов / Ю.К. Зарецкий // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2006. - № 3. – С. 2-8.
8. Хонелия Н.Н. Исследование несущей способности оснований портовых гидротехнических сооружений / Н.Н. Хонелия // Галузеве машинобудування, будівництво: зб. наук. праць.– Полтава: ПолтНТУ, 2008. - Вип. 22. - С. 124 - 131.
9. Яковлев П.И. Несущая способность оснований портовых сооружений / П.И. Яковлев. - М.: Транспорт, 1978. - 207 с.

Статья поступила в редакцию 24.09.2013 г.