

3-7-2020

ANALYSIS OF STABILITY OF GROUND DAMS UNDER SEISMIC LOADS

K D. Salyamova

Institute of Mechanics and Seismic Strength of Structures at the Academy of Sciences of Uzbekistan

X X. Turdiqulov

Institute of Mechanics and Seismic Strength of Structures at the Academy of Sciences of Uzbekistan

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

Recommended Citation

Salyamova, K D. and Turdiqulov, X X. (2020) "ANALYSIS OF STABILITY OF GROUND DAMS UNDER SEISMIC LOADS," *Scientific-technical journal*: Vol. 3 : Iss. 1 , Article 1.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol3/iss1/1>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

BUILDING

УДК 539.3

ANALYSIS OF STABILITY OF GROUND DAMS UNDER SEISMIC LOADS**Salyamova K.D., Turdiqulov X.X.**

Institute of Mechanics and Seismic Strength of Structures at the Academy of Sciences of Uzbekistan

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ**Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х.**

Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т.Уразбаева АН РУз.

ГРУНТЛИ ТЎҒОНЛАРНИ СЕЙСМИК ЮКЛАР ТАЪСИРИДА УСТУВОРЛИК ТАҲЛИЛИ**Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х.**

Ўз. ФА. М.Т.Ўразбоев номидаги механика ва иншоотлар сейсмик мустақамлиги институти

Abstract. *On the basis of the developed methodology and the complex of applied programs using the finite method, the problem of determining the stress state of a high earth dam with seismicity of the location. area of 8–9 points has been solved, taking into account design features and real heterogeneous physical and mechanical characteristics of the soil.*

Key words: waterworks, soil dam, physical and mechanical characteristics of the soil, seismicity of the area, stress, finite element method, safety.

Аннотация. *На основе разработанной методики и комплекса прикладных программ методом конечных решена задача по определению напряженного состояния высокой грунтовой плотины при сейсмичности района расположения в 8-9 баллов с учетом конструктивных особенностей и реальных неоднородных физико-механических характеристик грунта.*

Ключевые слова: Гидротехническое сооружение, грунтовая плотина, физико-механические характеристики грунта, сейсмичность района, напряжения, метод конечных элементов, безопасность.

Аннотация. *Ишлаб чиқилган методология ва якуний усулдан фойдаланган ҳолда қўлланиладиган дастурлар мажмуаси асосида тупроқнинг реал хусусиятлари ва табиий бир жинсли эмаслик физик-механик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда 8-9 балл бўлган сейсмик ҳудудларда баланд тўғоннинг кучланиш деформация ҳолатини аниқлаш муаммоси ҳал қилинди.*

Таянч сўзлар: Сув иншоотлари, тупроқ тўғони, тупроқнинг физик-механик хусусиятлари, майдоннинг сейсмиклиги, стресс, чекланган элемент усули, хавфсизлик.

Введение. Проектирование, строительство и эксплуатация грунтовых плотин в сейсмических регионах, каким является республика Узбекистан требует постоянного совершенствования расчетных методов по оценке их прочности, устойчивости и работоспособности, как при статических, так и сейсмических нагрузках. Предлагаемая методика расчета грунтовой плотины в плоской упругой постановке на сейсмические воздействия методом конечных элементов позволяет учесть конструктивные особенности сооружения, кусочно-неоднородные физико-механические характеристики грунтов, как сооружения, так и его основания. Потеря прочности или разрушение такого рода сооружений при сейсмических нагрузках может привести для ниже расположенных

BUILDING

территорий потере материальных ресурсов, экологическим катастрофам, а также человеческим жертвам. Надежность и безопасность водоподпорных грунтовых сооружений во многом определяется напряжениями и деформациями, возникающими в плотине при различных нагрузках, включая сейсмические.

Действующие в настоящее время нормативные методы расчета грунтовых гидротехнических сооружений (одномерная постановка) на сейсмические воздействия не учитывают геометрию сооружения, а также неоднородность физико-механических характеристик грунта сооружения и его основания. Поэтому предварительный прогноз напряженно-деформированного состояния сооружения в плоской постановке с учетом его конструктивных особенностей, характеристик грунта самого сооружения и подстилающего основания, сейсмические воздействия, характерные для района расположения объекта, степени увлажнения грунта, позволяет выявить области, где превышаются допустимые запасы прочности и провести соответствующую коррекцию.

Методология. Рассмотрена плоская расчетная модель, представляющая поперечное сечение грунтовой плотины, находящейся на скальном основании. Методом расчета был выбран получивший широкое распространение метод конечных элементов (МКЭ), который позволяет учитывать неоднородность материала грунта сооружения, ее реальную геометрию, различные граничные условия. Разработана методика решения задачи определения напряженно-деформированного состояния (НДС) на примере грунтовой плотины Чарвакской ГЭС при сейсмическом воздействии с учетом присоединенной массы воды в верхнем бьефе.

Основная часть. Для проведения расчетов НДС плотины, работающей в сложных условиях под действием различных нагрузок, выбрано русловое поперечное сечение плотины, находящее в условиях плоской деформации. Модель включает не только тело самой плотины с ядром, но и скальное основание.

Геометрические параметры плотины для руслового сечения следующие: высота $H=169\text{м}$; ширина гребня 12м ; коэффициенты заложения откосов: верхового $m_1=2.0$, низового – $m_2=1.8$, симметричного ядра $m_3=0.2$.

Физико-механические характеристики грунтовых материалов для каждого участка плотины предоставлены проектной организацией АО «Гидропроект», согласно имеющимся данным на 1993 г.

Расчетные характеристики – модуль Юнга E грунтов определяется, исходя из формулы, отражающей скорость распространения поперечной волны $v_s = \sqrt{\frac{E}{2\gamma(1+\mu)}}$, в которой $v_s = 650\text{м/с}$; γ – плотность грунта различной степени увлажнения; коэффициент Пуассона $\mu = 0.3$ для всех категорий грунта плотины.

Идея численного метода конечных элементов заключается в аппроксимации плоской модели системы «плотина – основание» совокупностью конечных элементов прямоугольных, соединенных в узлах, каждый из которых имеет по два возможных перемещения в плоскости – по горизонтали и вертикали. Исключение составляют неподвижные узлы, приходящиеся на нижнюю – жесткую границу основания, и узлы на вертикальных границах основания, где предполагается возможным вертикальное смещение. Действующие нагрузки – это силы упругости, собственный вес, инерционные силы (при сейсмическом воздействии), распределяемые по всем узловым точкам модели, а гидростатическое давление, действующее на верховой откос – только на узловые точки откоса с учетом увеличивающегося давления по глубине.

Расчет устойчивости грунтовой плотины был произведен по методике, предложенной известными учеными гидротехниками Карцивадзе Г.Н. [2], Гришиным М.М. [3], Мирсаидовым М.М. [4] для более неблагоприятных вариантов.

BUILDING

По разработанной методике было определена устойчивость работы плотины при различной балльности сейсмического воздействия (8-9 баллов рис.1,2) без учета воды и с учетом наполнения воды в в/х (НПУ=890,0). Результаты были получены для конструктивных и физико-механических характеристик грунта 9-створа рассматриваемой грунтовой плотины Чарвакской ГЭС.

Для расчета плотины на сейсмическое воздействие был принят спектральный метод, согласно которому расчетная сейсмическая нагрузка S_{ik} в выбранном направлении, приложенная к точке k и соответствующая i -му тону собственных колебаний сооружения, определяется по формуле (1-3) [2-4]

$$S_{ik} = K_1 K_2 Q_k A \beta_i K_w n_{ik}. \quad (1)$$

Помимо различных коэффициентов, принимаемых по таблицам СНиПа, в эту формулу входят Q_k — вес сооружения, отнесенный к точке k ; β_i — коэффициент динамичности, представляющий i -ю частоту собственных колебаний сооружения и n_{ik} — i -я форма собственных колебаний сооружения.

Для предварительных подсчетов будем учитывать колебания только по первой (основной) форме, что дает очень малую погрешность [2]. Тогда по формуле метода спектральных кривых сейсмическая сила от веса временной нагрузки выразится так:

$$S_B = K_c \beta_1 n_{1B} Q_B \quad (2)$$

Коэффициенты динамичности β по спектральной кривой изменяются в пределах 0,8-3,0. Коэффициент сейсмичности K_c равен для 7баллов-0,025, 8баллов-0,05, 9-баллов-0,1. Согласно данным пробных расчетов, коэффициент формы n_{1B} для сооружений изменяется в пределах 1,1-1,3 [2]. Поэтому при расчетах вместо формулы (1) воспользуемся формулой (2) и таблицей 1 для определения

Таблица 1.

Максимальные и минимальные значения сейсмических сил S_B [2]

Сила землетрясения, баллы	Сейсмические силы в долях Q_B	
	максимальные S_B	минимальные S_B
7	0,098	0,022
8	0,195	0,044
9	0,39	0,088

максимальных и минимальных значений сейсмических сил S_B .

Из таблицы 1 видно, что максимальное значение сейсмической силы составляют 10% от собственного веса (при 7-баллах), 20% (при 8-баллах), 40% (при 9-баллах). При решении статической задачи это значение сдвигающей силы прилагалась к узлу рассматриваемого элемента, как добавка к силам гравитации и гидростатики. Этот упрощенная задача при сейсмических воздействиях вполне согласуется с известными работами [2,4]. Определялись кинематические характеристики (перемещения, напряжения) в узлах рассматриваемого сооружения. Далее согласно формуле определяется коэффициент прочности материала грунта K [4].

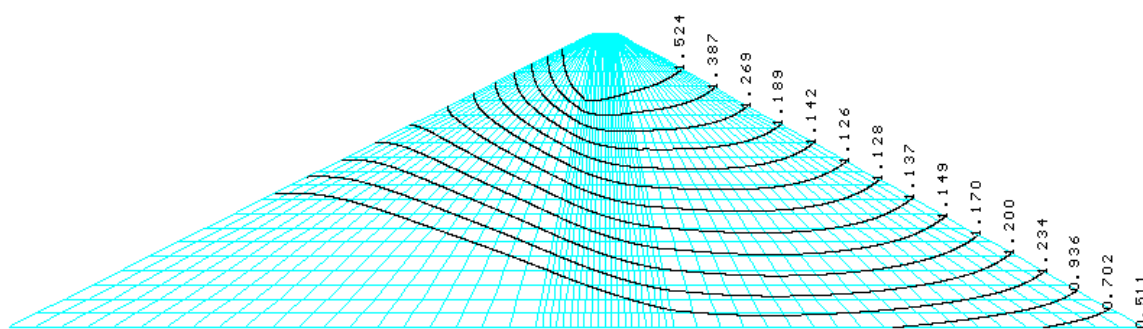
$$K = \frac{0,5[(\sigma_1 + \sigma_2 - 2\tau_{max} \cdot \sin \varphi) \cdot \operatorname{tg} \varphi + 2C]}{\tau_{max} \cos \varphi} \quad (3)$$

где σ_1, σ_2 - главные напряжения; τ_{max} - максимальные касательные напряжения; φ - угол внутреннего трения грунта; c - сила сцепления грунта.

Далее приводится распределение коэффициента устойчивости при восьмибалльном сейсмическом воздействии.

BUILDING

a)



б)

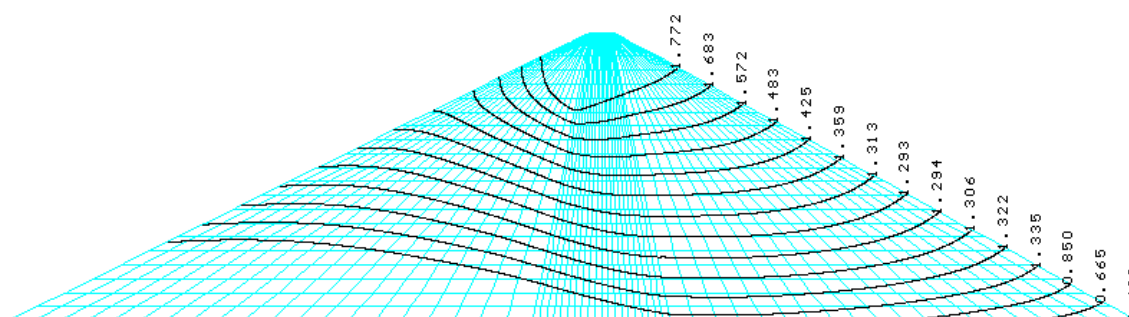


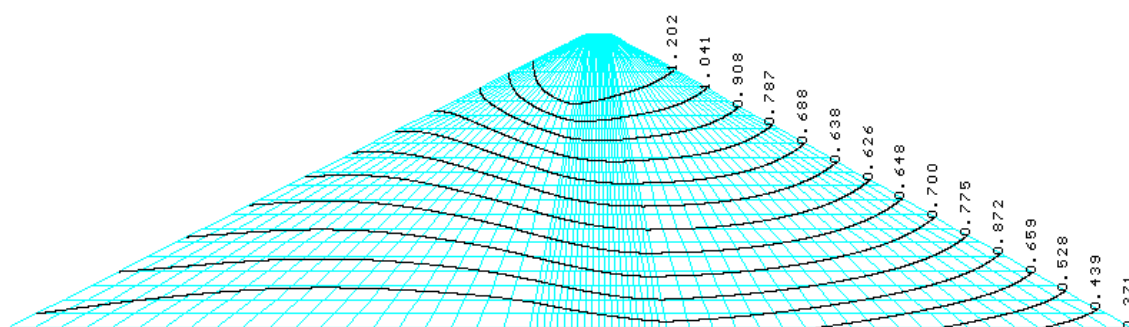
Рисунок 1- Распределение коэффициента прочности в теле плотины при восьмибалльном сейсмическом воздействии без учета (а) и с учетом наполнения (б)

Как показывают результаты вычислений распределения изолиний равных коэффициентов прочности по телу плотины за счет воздействия гидростатических сил на верховой откос устойчивость плотины увеличивается и в основном неустойчивость приходится на нижние участки низового откоса, где должны находиться дренажи.

Как видно из результата расчета неустойчивость откоса наблюдается для плотины в сухом состоянии, при наполнении в/х устойчивость нижнего бьефа увеличивается. Далее приводится распределение коэффициента устойчивости при 9 балльном сейсмическом воздействии.

Как видно из результата расчетов (рис.2) при возможном 9-ти балльном сейсмическом воздействии вне зависимости от наполнения водой в/х тело плотины сдвигается в сторону нижнего откоса, тем самым образуя неустойчивые зоны как в верховом так и в низовом откосах. Дополнительный учет гидростатического давления увеличивает запас прочности (К) крутого верхового откоса. На низовом откосе остаются участки необеспеченной прочности.

а)



BUILDING

б)

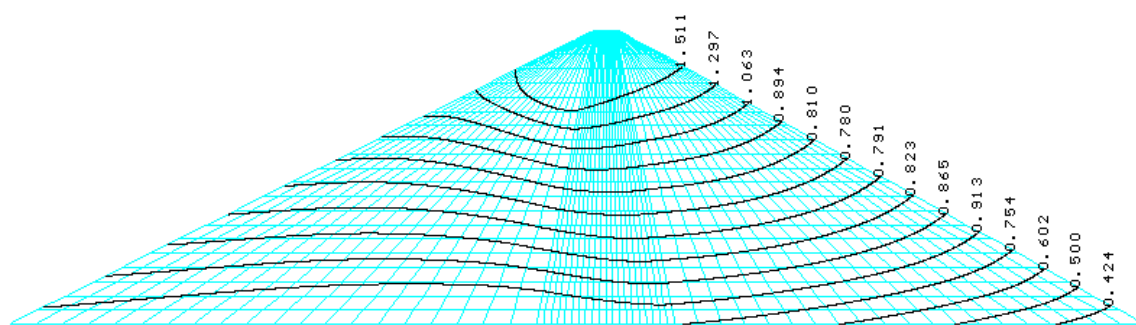


Рис.2. Распределение коэффициента прочности в теле плотины при 9 балльном сейсмическом воздействии без (а) и с учетом наполнения (б).

Выводы. Решена статическая задача по определению напряженного состояния тела грунтовой плотины. Построены изолинии равных коэффициентов устойчивости Чарвакской грунтовой плотины при различной величине сейсмического воздействия (8-9 баллов) при действии только сил гравитации (без учета наполнения) и с учетом наполнения (силы гравитации и гидростатика). При неблагоприятном варианте, когда сейсмическая сила действует с балльностью -9 наблюдается неустойчивость откосов, которая не зависит от наполнения.

Рекомендации. 1. Необходимо провести исследования по определению и уточнению физико-механических характеристик грунтов со стороны проектной организации АО «Гидропроект» на сегодняшний день.

2. Для дальнейшей безопасной эксплуатации грунтовой плотины Чарвакской ГЭС необходимо установить современную автоматическую мониторинговую систему, включающую в себя имеющиеся данные с анализом визуальных и натуральных наблюдений, а также данные контрольно-измерительной аппаратуры [5].

References:

- [1]. Salyamova K.D., Turdiqulov X.X., Miftaxova I.R. raschet visokoy gruntovoy plotini s uchetom napryajennogo sostoyaniya i porovogo davleniya (s uchetom dannix naturnix nablyudeniy).//Vestnik BGTU im. V.G. SHuxova.2019.№7. s. 24-32.
- [2]. Kartsivadze G.N. Seysmostoykost dorojnix iskusstvennix sooruzeniy. M.Transport.1974.164s.
- [3]. Grishin M.M. Gidrotexnicheskie sooruzeniya.ch.1 M.1979.-250s.
- [4]. Mirsaidov M.M., Godovannikov A.M. Seysmostoykost sooruzeniy. Tashkent, «Uzbekistan», 2008, 220s.
- [5]. Salyamova K.D., Mityuleva V.V., i dr. Rekomendatsii po obespecheniyu seysmobeзопасnosti gidrotexnicheskix sooruzeniy v period ekspluatatsii.// Tashkent. Navruz.2018.168s.

Литература

- [1]. Салаямова К.Д., Турдикулов Х.Х., Мифтахова И.Р. расчет высокой грунтовой плотины с учетом напряженного состояния и порового давления (с учетом данных натуральных наблюдений).//Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.2019.№7. с. 24-32.
- [2]. Карцивадзе Г.Н. Сейсмостойкость дорожных искусственных сооружений. М.Транспорт.1974.164с.
- [3]. Гришин М.М. Гидротехнические сооружения.ч.1 М.1979.-250с.
- [4]. Мирsaidов М.М., Годованников А.М. Сейсмостойкость сооружений. Ташкент, «Узбекистан», 2008, 220с.
- [5]. Салаямова К.Д., Митюлева В.В., и др. Рекомендации по обеспечению сейсмобезопасности гидротехнических сооружений в период эксплуатации.// Ташкент. Навруз.2018.168с.