

Оценка устойчивости горных пород склонов при строительстве гидротехнических сооружений

Развитие энергетики требует решения новых проблем в области строительства гидротехнических сооружений, т.е. высокие плотины, подземные машзалы, туннели большого сечения протяженностью десятки километров.

Энергетическими и водными ресурсами обладают горные реки Кыргызстана. В настоящее время построены и действуют такие гиганты гидроэлектростанции, как Токтогульская и Курпсайская, Таш-Кумырская, Шамалдысайская, Учкоргонская и другие. Создана энергетическая система, обеспечивающая практически все уголки Республики. В комплексной программе освоения гидроресурсов сказано о строительстве гидроэлектростанции в среднем и верхнем течении реки Нарын и малые гидроэлектростанции в реке Шайдан-Сай Жалалабатской области. Сооружению водохранилищ ГЭС благоприятствует горный ландшафт, глубокие и узкие каньоны рек Кыргызстана делают строительство плотин очень эффективным.

Горный массив в механическом отношении является сложным объектом исследований. Оценка устойчивости склонов производится на основе изучения напряженного состояния массива или деформаций. Напряженно-деформированное состояние массива горных пород зависит от многих факторов. Здесь в первую очередь, должна учитываться физико-механические свойства горных пород, сложность конфигурации поверхности склона, граничные условия, а также различно ориентированные поверхности ослабления.

Формирования поля напряжений в значительной степени зависит от высоты, крутизны и конфигурации склона. Резкое перераспределение напряжений в склоне вызывает трещины и разломы, оказывающие значительные влияния на рядом лежащие массивы пород. Существенными факторами, влияющими на перераспределение напряжений в массиве горных пород в условиях естественного залегания, являются современные и остаточные тектонические силы.

Для оценки устойчивости горных склонов и откосов применяются следующие группы методов:

- расчетные методы, основанные на общих положениях теории предельного равновесия;
- методы, базирующиеся на анализе напряженного состояния склонов, находящихся в допредельном состоянии в рамках теории линейно-деформируемой среды;
- методы оценки устойчивости склонов по наблюдаемым деформациям.

Сущность первого состоит в том, что поверхность скольжения заранее задается или определяется одним из известных инженерных методов, нормальная и касательная составляющие напряжений, используемые для вычисления коэффициента запаса устойчивости по этой поверхности, определяются из упругих решений, получаемых аналитическими или численными методами.

Сущность второго состоит в том, что в качестве потенциальной поверхности скольжения принимать траекторию действующих касательных напряжений, на которой они достигают наибольшего значения. Последние определяются моделированием на оптически активных материалах. Принимается, что наибольшее касательное напряжение действует на площадке, наклонной под углом $\pi/4$ к двум главным напряжениям и поверхность разрушения в каждой точке составляет с направлением главного напряжения угол $\pi/4$, что не соответствует результатам экспериментальных исследований и современных представлений механики разрушения горных пород.

Третий подход предлагает определять наиболее вероятную поверхность разрушения из условия минимума коэффициента запаса устойчивости, т.е. минимума отношения суммы удерживающих сил к сумме сдвигающих, действующих вдоль наиболее вероятной поверхности разрушения.

Сдвигающие и касательные напряжения находятся из решения задачи теории упругости .

Удерживающие напряжения определяются из паспорта прочности пород. Условие предельного равновесия принимается в форме прямолинейной огибающей главных наибольших кругов напряжений.

В настоящей статье на основе метода конечных элементов произведен расчет и анализ напряженно-деформированного состояния горных склонов при различных вариантах расположения машинного зала ГЭС и оценены их устойчивости.

На рис. 1 (а,б,в) приведены распределения горизонтальных σ_x , вертикальных σ_z и касательных $\tau_{z,x}$ напряжений вокруг каньона при отсутствии машинного зала (I вариант).

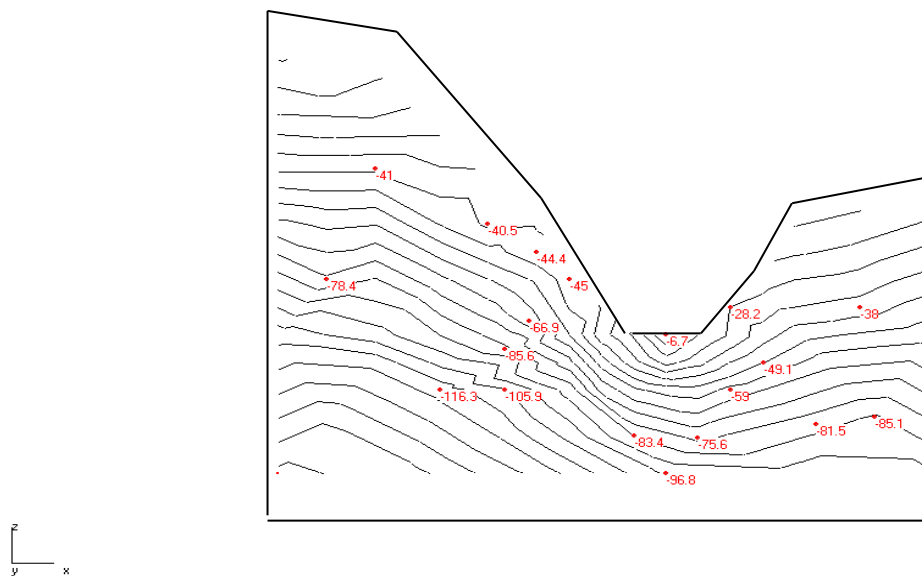


Рис. 1а. Распределение вертикальных напряжений σ_z

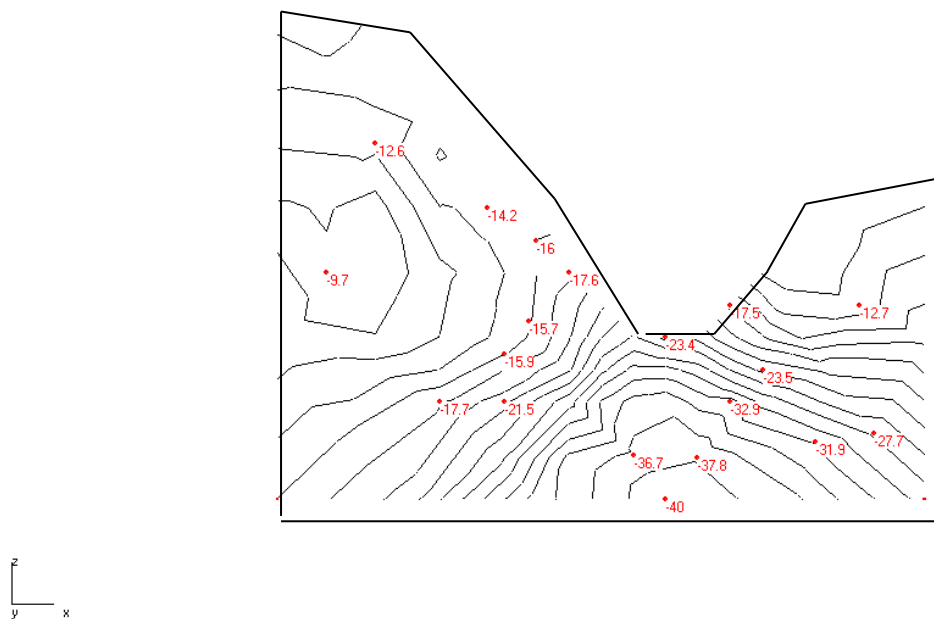


Рис. 1б. Распределение горизонтальных напряжений σ_x

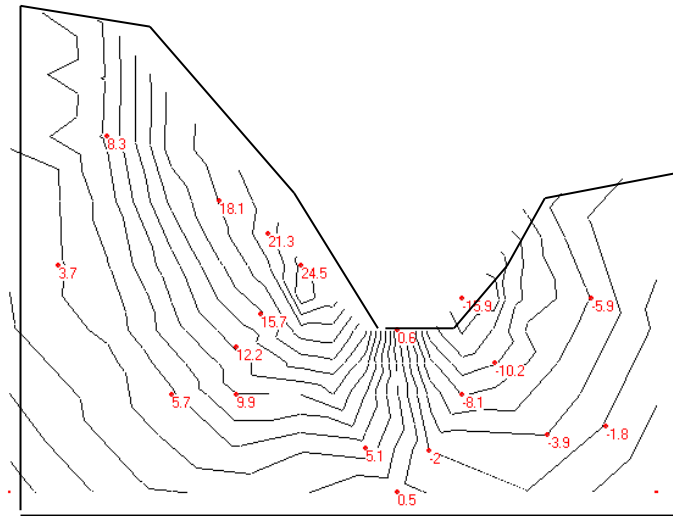


Рис. 1в. Распределения касательных напряжений $\tau_{z,x}$

Из рисунка видно, что вертикальные напряжения (рис.1а) σ_z достигают в приконтурной части склона $-0,4$ МПа. По мере удаления от контура в глубь массива вертикальные напряжения σ_z увеличиваются до $1,16$ МПа, т.е. примерно в $2,9$ раза.

Горизонтальные напряжения (рис 1 б) в приконтурной части склона составляет $0,097$ МПа, а в глубине массива увеличиваются до $0,37$ МПа, т.е. пределах рассматриваемого участка происходит рост напряжений в $3,5$ раза.

Наибольшее значение касательных напряжений наблюдаются в левом склоне, ближе к дневной поверхности склона и составляют $0,024$ МПа.

Анализ результатов первого варианта показывает, что горизонтальные σ_x , вертикальные σ_z и касательные τ_{zx} напряжений распределяются равномерно.

На рис. 2 (а,б,в,) приведены распределения вертикальных σ_z , горизонтальных σ_x и касательных τ_{zx} напряжений при наличии машинного зала в правом склоне каньона.

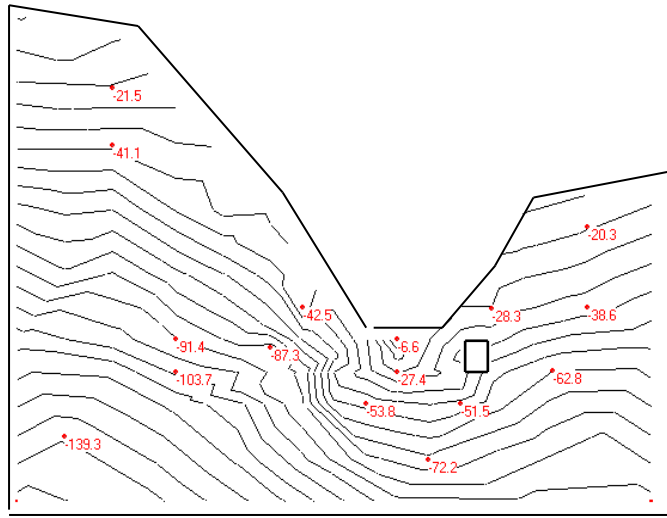


Рис. 2а. Распределение вертикальных напряжений σ_z

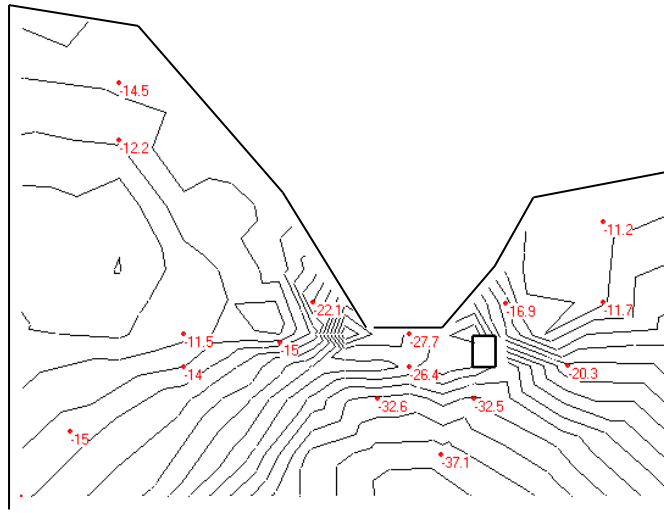


Рис. 2б. Распределение горизонтальных напряжений σ_x

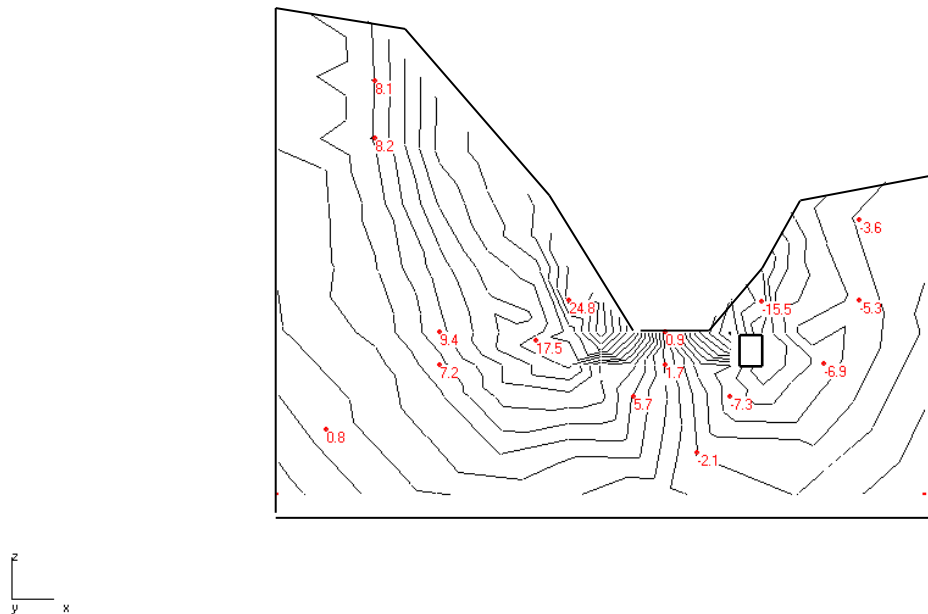


Рис. 2в. Распределение касательных напряжений $\tau_{z,x}$

Максимальное вертикальное напряжение в правом склоне каньона вокруг машинного зала изменяются в пределах от 0,28 МПа до 0,53 МПа, т.е. в глубине массива увеличивается приблизительно в 2 раза.

Распределения горизонтальных напряжений (рис. 2б) почти равномерный. Максимальное горизонтальное напряжение – 0,2 МПа, а минимальное – 0,16 МПа, т.е. с глубиной происходит рост напряжений всего в 1,2 раза..

Распределения касательных напряжений (рис.2в) значительно отличается от первого варианта. Концентрация напряжений наблюдается в левой стороне машинного зала и приблизительно равно 0,07 МПа.

Анализ результатов второго варианта показывает, что наличие машинного зала значительно влияет на перераспределения напряжений.

На рис.3.(а,б,в,) приведен вариант с расположением машинного зала в левом склоне каньона.

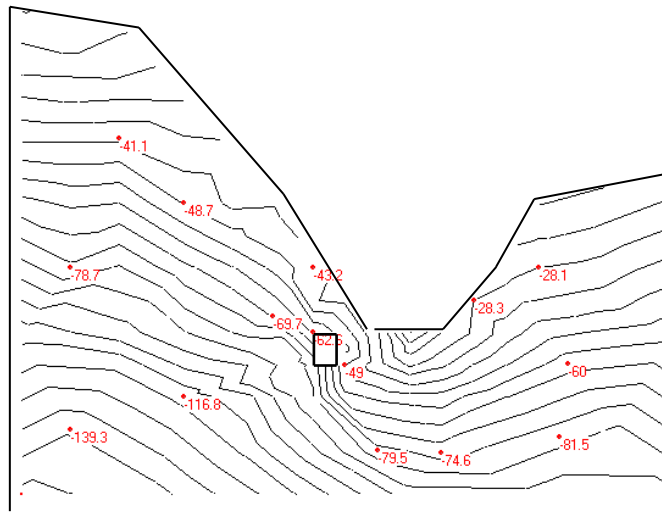


Рис. 3а. Распределение вертикальных напряжений σ_z

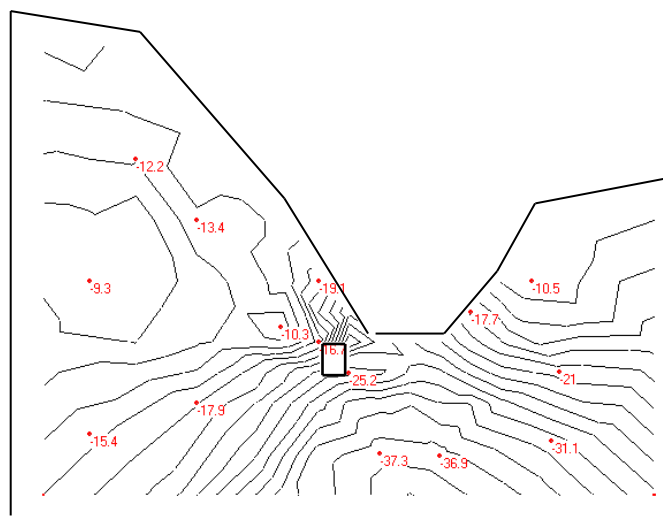


Рис. 3б. Распределение горизонтальных напряжений σ_x

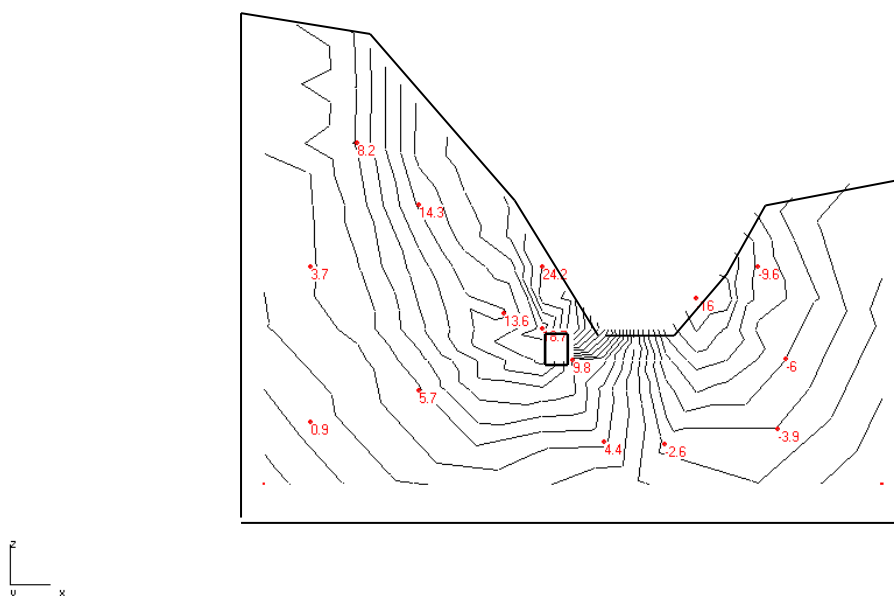


Рис. 3в. Распределение касательных напряжений $\tau_{z,x}$

В этом случае распределения вертикальных напряжений (рис.3а) отличается от первого варианта. Максимальное σ_z вертикальное напряжение равно 0,79МПа, а минимальное вертикальное напряжение - 0,58МПа.

В левом склоне, где расположен машинный зал концентрация горизонтальных напряжений (рис.3б) наблюдается в кровле машинного зала.

Распределение касательных напряжений (рис.3в) по сравнению со вторым вариантом, в левом склоне т.е. вокруг машинного зала наблюдается концентрация напряжений. При этом напряжения изменяются от 0,09 МПа до 0,24 МПа т.е. в глубине массива уменьшаются приблизительно в 2,5 раза.

Результаты расчетов показали, что в первом варианте распределения горизонтальных σ_x , вертикальных σ_z и касательных $\tau_{z,x}$ напряжений равномерные, во втором – изменение происходит при распределении касательных $\tau_{z,x}$ напряжений, т.е. концентрация напряжений наблюдается в левой стороне машинного зала и приблизительно равно 0,07МПа, в третьем – в отличии от второго варианта концентрация касательных $\tau_{z,x}$ напряжений наблюдается вокруг машинного зала и при этом напряжения изменяются от 0,09 МПа до 0,24МПа.

На основе приведенного анализа распределения напряжений можно сделать вывод о том, что вариант расположения машинного зала в правом склоне каньона (II вариант) наиболее благоприятен с точки зрения устойчивости склонов.

Литература

1. Степанов В.Я. Механика горных склонов. Бишкек. Илим: 1992. -192с.
2. Напряженно – деформированное состояние горных пород при добыче полезных ископаемых и гидротехническом строительстве. Сб. ст. АН. КР. Редкол.: И.Т. Айтматов, Н.К. Карагулов и др.
3. Механика горных склонов, откосов и подземных сооружений. Освоение подземного пространства. (Материалы IX Всесоюзный конференции по механике горных пород) Издательство «Илим». Бишкек 1990. – 426с.
4. И.Т. Айтматов. Геомеханика рудных месторождения Средней Азии. – Фрунзе. 1987. – 246с.