РАЗДЕЛ XIV. АРХИТЕКТУРА

Котов Ф.В., Волков Д.В.

Напряжённо-деформированное состояние массивного негрунтового двухслойного экрана каменно-набросной плотины при температурном воздействии эксплуатационного периода*Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-31-01-2018-75

idsp: 000001:lj-31-01-2018-75

Аннотация

По результатам расчёта термонапряжённого состояния противофильтрационного элемента каменно-набросной плотины, состоящего из железобетонного экрана и широкой подэкрановой зоны из грунтоцементобетона, было обнаружено, что при опорожнении водохранилища изменение температуры в экране может привести к образованию в нём трещин. В зоне сработки водохранилища в железобетонном экране необходимо устройство поперечных швов.

Ключевые слова: каменно-набросная плотина, температурное воздействие, напряжённо-деформированное состояние, железобетонный экран, грунтоцементобетон.

Одним из вариантов конструкции высокой грунтовой плотины для применения в суровых климатических условиях Сибири является каменно-набросная плотина с массивным негрунтовым экраном. Такая конструкция была предложена проф. Рассказовым Л.Н. У неё есть аналог – плотина Бовилла в Албании. Конструкция предусматривает устройство экрана состоящим из двух слоёв. На верховой грани плотины уложен тонкий железобетонный экран (ЖБЭ), а под ней устроена массивная подэкранная зона из камня, упрочнённого цементным раствором (грунтоцементобетон).

Т.к. плотину данной конструкции предполагается использовать в суровых климатических условиях, нами были проведены исследования влияния температурного воздействия на работоспособность двухслойного экрана.

Предыдущие исследования показали, что массивный жёсткий негрунтовый экран более восприимчив к температурному воздействию, чем тонкий ЖБЭ. Опасность представляет случай охлаждения экрана при заполнении водохранилища, являющегося завершением периода строительства плотины. В данном докладе рассмотрены результаты исследования термонапряжённого состояния массивного экрана для случая температурного воздействия эксплуатационного периода.

Исследования проводились путём численного моделирования методом конечных элементов с помощью вычислительной программы, составленной к.т.н. Саиновым М.П. Рассматривалась плотина высотой 100 м. Конечно-элементная модель плотины насчитывала 335 конечных элементов с кубической аппроксимацией перемещений внутри элемента. При расчётах модуль деформации для железобетона принимался равным 29000 МПа, а для грунтоцементобетона – 5000 МПа. Коэффициент линейного температурного расширения α_t грунтоцементобетона и железобетона принимался одинаковым – $1 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$.

При расчётах принималось, что температурному воздействию (охлаждению на 20°C) подвергается верхняя часть экрана (от 78 м до гребня). Рассматривалось 2 варианта. Первый вариант соответствует равномерному температурному воздействию, когда по всей толщине экрана температура уменьшается на 20°C . Второй вариант

напряжений. На верховой грани они составляют 1,45 МПа (рис.4а), а на низовой – 0,63 МПа (рис.4б). По своей величине они близки к тем, которые наблюдались в случае охлаждения экрана сразу на всей его высоте (рис.4).

Таким образом, что опасность возникновения поперечных трещин в массивном экране существует как в строительный, так и в эксплуатационный периоды.

Рис.3. Перемещения верховой грани экрана (мм) при неравномерном охлаждении по толщине его верхней части: а – в направлении вдоль откоса, б – в направлении поперёк откоса.

Жирные линии – эпюра при охлаждении только верхней части экрана, тонкие – при охлаждении по всей высоте.

Рис.4. Продольные напряжения [МПа] в железобетонном экране при неравномерном охлаждении по толщине его верхней части: а – на верховой грани, б – на низовой грани.

Закрашенная эпюра- охлаждение только верхней части, не закрашенная – охлаждению по всей высоте.

Выводы:

- 1) Эксплуатация каменно-набросной плотины с массивным негрунтовым экраном может вызвать температурное воздействие, которое вызовет появление в экране растягивающих напряжений и образование в нём трещин. Это случай опорожнения водохранилища в зимний период.
- 2) Частичным решением для улучшения термонапряженного состояния экрана будет его разрезка его поперечными швами.

1. Рассказов Л.Н., Саинов М.П. Численные исследования надёжности высокой каменной плотины с железобетонным экраном и подэкрановой зоной из грунтоцементобетона // Гидротехническое строительство. 2012. №2. С.30-34.

2. Sembenelli, P., Sembenelli, G. and Scuero, A. Bovilla: A Product of Dam History. Geotechnical Fabrics Report. IFAI Publishers. 1998. Volume 16. No 6. pp.30-36.
3. Саинов М.П., Котов Ф.В. Влияние температурного воздействия на напряжённо-деформированное состояние массивного негрунтового экрана каменно-набросной плотины // Приволжский научный журнал. №2(42). 2017. С.111-116.
4. Саинов М.П. Влияние изменения температуры на напряжённо-деформированное состояние железобетонного экрана каменно-набросной плотины // Приволжский научный журнал. 2016. №4(40). С.79-85.
5. Саинов М.П. Вычислительная программа по расчёту напряжённо-деформированного состояния грунтовых плотин: опыт создания, методики и алгоритмы // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. №9(4). С.208-225.