UDK 627.8.03:624.131

HISORAK SUV OMBORI TOSH-TUPROQLI TO'G'ONINING FILTRATSION XAVFSIZLIGINI DIAGNOSTIK MEZONLAR ASOSIDA BAHOLASH

Tuychiyev.A.J
QDTU "Sanoat muhandisligi va menejmenti" kafedrasi assistenti.
Email:tuychiyevahror1@gmail.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.24088783

Annotatsiya. Ushbu maqolada Hisorak suv ombori baland tosh-tuproqli to'g'onining ekspluatatsiya davridagi filtratsion xavfsizligi masalalari chuqur tahlil qilingan. Inshoot tanasi va poydevor gruntlarida yuzaga keladigan filtratsiya jarayonlari nazorat-o'lchov asboblari (NOA), xususan, pyezometrlar tizimi ma'lumotlari asosida o'rganilgan. Filtratsion oqimning diagnostik ko'rsatkichlarini baholash uchun K1 (ogohlantiruvchi) va K2 (kritik) xavfsizlik mezonlari matematik-statistik usullar yordamida aniqlashtirilgan. To'g'on yadro qismidagi filtratsiya oqimining sarfi va pyezometrik bosimlar dinamikasi o'rtasidagi bog'liqliklar hisoblanib, inshoot ishonchliligini oshirish bo'yicha amaliy tavsiyalar ilgari surilgan.

Kalit so'zlar: Filtratsiya xavfsizligi, pyezometr, diagnostik mezon, K1 va K2 mezonlari, tuproqli to'g'on, Hisorak suv ombori, mexanik suffoziya.

Аннотация. этой статье глубоко проанализированы вопросы фильтрационной безопасности высокой каменно-набросной плотины Хисоракского водохранилища в период эксплуатации. Фильтрационные процессы в теле плотины и грунтах основания изучены на основе данных контрольно-измерительных приборов (КИП), в частности, пьезометрической системы. Для оценки диагностических показателей фильтрационного потока математико-статистическими методами уточнены критерии безопасности К1 (предупредительный) и К2 (критический). Рассчитаны зависимости между расходом фильтрационного потока и пьезометрическим давлением в ядре плотины, предложены практические рекомендации по повышению надежности сооружения.

Ключевые слова: Фильтрационная безопасность, пьезометр, диагностический критерий, критерии К1 и К2, грунтовая плотина, Хисоракское водохранилище, механическая суффозия.

Abstract. This article provides a deep analysis of the seepage safety issues of the high rockfill dam of the Hisorak reservoir during its operation period. Seepage processes occurring in the dam body and foundation soils are studied based on data from control and measuring instruments (CMI), particularly the piezometric system. To evaluate the diagnostic indicators of the seepage flow, the K1 (warning) and K2 (critical) safety criteria are refined using mathematical-statistical methods. The relationships between the seepage flow discharge and piezometric pressures in the dam core are calculated, and practical recommendations to improve structure reliability are proposed.

Keywords: Seepage safety, piezometer, diagnostic criterion, K1 and K2 criteria, earth dam, Hisorak reservoir, mechanical suffosion.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Kirish

Gidrotexnika inshootlari xavfsizligini ta'minlashda filtratsiya jarayonlarini nazorat qilish eng ustuvor va nozik muammolardan biri hisoblanadi. Tosh-tuproqli to'g'onlarda suv omboridagi yuqori gidrostatik bosim ta'sirida to'g'on korpusi va poydevori orqali muqarrar ravishda filtratsiya oqimi yuzaga keladi. Ushbu oqim loyihaviy me'yorlar doirasida bo'lganda inshoot uchun xavf tug'dirmaydi, biroq filtratsiya tezligi va gradientining ortishi grunt materiallarining yuvilishiga (mexanik suffoziya) va to'g'on tanasining mustahkamligi pasayishiga olib kelishi mumkin. Qashqadaryo havzasining murakkab tog'li sharoitida joylashgan Hisorak suv ombori baland tosh-tuproqli to'g'on bo'lib, uning xavfsiz ishlashini ta'minlash bevosita filtratsion rejimning barqarorligiga bog'liq. Ushbu maqolada inshootning ko'p yillik monitoring ko'rsatkichlari asosida uning filtratsion xavfsizligini baholash prinsiplari ko'rib chiqiladi.

Muammoning qo'yilishi va dolzarbligi

Hisorak suv ombori ekspluatatsiya davrining 35 yildan oshganligi sababli, uning filtratsiyaga qarshi elementlari (gilli yadro, sementatsiya pardalari) va drenaj tizimlarida tabiiy eskirish va charchoq deformatsiyalari to'planib borishi mumkin. Ayniqsa, suv omborida suv sathi maksimal (NPU) va minimal (UVO) nuqtalar orasida keskin o'zgarganda, to'g'on ichidagi sizot suvlari sathi va bosimi ham dinamik ravishda o'zgaradi. Bunday sharoitda filtratsiya oqimining ko'rsatkichlari kritik qiymatlardan oshib ketmasligini aniqlash va nazorat qilish lozim. Buning uchun inshoot holatini baholash imkonini beruvchi diagnostik mezonlarni (K1 - ogohlantiruvchi va K2 - kritik xavfli) ilmiy asoslangan holda hisoblash va ularni real vaqtda NOA (nazorat-o'lchov asboblari) ma'lumotlari bilan solishtirish tizimini mukammallashtirish zarur. Bu muammo gidrotexnika inshootlarining xavfsizligi to'g'risidagi qonunchilik talablariga to'liq mos keladi va amaliy ahamiyatga ega.

Uzoq muddatli ekspluatatsiya natijasida to‘g‘on konstruksiyasida charchoq deformatsiyalarining to‘planishi:

Hisorak suv ombori muhandislik inshooti sifatidagi 35 yildan ortiq ekspluatatsiya davrida doimiy gidrostatik va gidrodinamik kuchlanishlar ostida ishlab kelmoqda. Bu vaqt ichida to‘g‘onning filtratsiyaga qarshi asosiy elementlari bo‘lgan gilli yadro (yadro qismi) va sementatsiya pardalarida (poterinalarda) mikrostruktura darajasida charchoq deformatsiyalari, lokal sufoziya (grunt zarralarining yuvilishi) hamda drenaj tizimlarining tabiiy kolmatsiyalanishi (cho‘kindi bilan to‘lishi) jarayonlari to‘planib boradi. Konstruktiv elementlarning fizik-mexanik xususiyatlarining bunday sekin degradatsiyaga uchrashi, inshootning umumiy turg‘unlik ko‘rsatkichlarini pasaytirib, uning filtratsion mustahkamligiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri xavf tug‘diradi.

Suv sathi dinamikasining to‘g‘on tanasidagi sizot suvlari bosimiga gidrodinamik ta’siri:

Suv omboridagi suv sathining maksimal (NPU – normal loyihaviy sath) va minimal (UVO – o‘lik hajm sathi) nuqtalar orasida davriy hamda keskin tebranishi to‘g‘on tanasi va poydevorida murakkab qonuniyatli qiyalik va sizot suvlari filtrlash oqimini yuzaga keltiradi. Sathning tez pasayishi yoki ko‘tarilishi grunt g'ovaklaridagi suv bosimining (porello bosimining) keskin o‘zgarishiga va to‘g‘onning quyi hamda yuqori qiyaliklarida gidrodinamik gradientlarning ortishiga olib keladi. Bu esa sizot suvlari sathining keskin depressiya chizig‘ini hosil qilib, to‘g‘on tanasining mexanik barqarorligini buzishi va muvozanat holatidan chiqish xavfini keskin oshiradi.

Gidrotexnik inshoot holatini baholashda diagnostik mezonlarning ilmiy asosi va mukammalligi:

Hozirgi kunda gidrotexnika inshootlarining xavfsizligini ta’minlashda miqdoriy ko‘rsatkichlar –

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

K1 (ogohlantiruvchi) va K2 (kritik xavfli) diagnostik mezonlarini aniq hisoblash eng dolzarb ilmiy muammolardan biridir. Amaldagi mezonlar ko‘p hollarda inshootning deterministik (statik) modellariga asoslangan bo‘lib, uzoq yillik eskirish va grunt xossalarining reologik (vaqt o‘tishi bilan o‘zgaruvchan) tabiatini to‘liq hisobga olmaydi. Shuning uchun, ruxsat etilgan sizot suvlari sarfi, pyezometrik bosimlar va sizib chiqayotgan suvning loyqaligi bo‘yicha mezonlarni zamonaviy raqamli gidrodinamik modellashtirish va ehtimollik nazariyalari asosida qayta hisoblash ilmiy jihatdan zarurdir.

Nazorat-o‘lchov asboblari (NOA) monitoring tizimini integratsiyalash va qonunchilik talablari:

Inshoot xavfsizligini real vaqt rejimida (online) ta’minlash uchun nazorat-o‘lchov asboblari (pyezometrlar, datchiklar, filtratsiya sarfini o‘lchagichlar) ma’lumotlarini avtomatlashtirilgan tizimga integratsiya qilish talab etiladi. Olingan real ma’lumotlarni yangilangan K1 va K2 mezonlari bilan doimiy ravishda avtomatik solishtirish ("monitoring-tahlil-ogohlantirish") tizimini yaratish inshootdagi anomal jarayonlarni erta aniqlash imkonini beradi. Mazkur tadqiqot yo‘nalishi O‘zbekiston Respublikasining "Gidrotexnika inshootlarining xavfsizligi to‘g‘risidagi" qonunchilik hujjatlari talablariga to‘liq mos kelgan holda, mamlakat suvlari va strategik ob’ektlarining ekologik va sanoat xavfsizligini ta’minlashda yuksak amaliy hamda strategik ahamiyat kasb etadi.

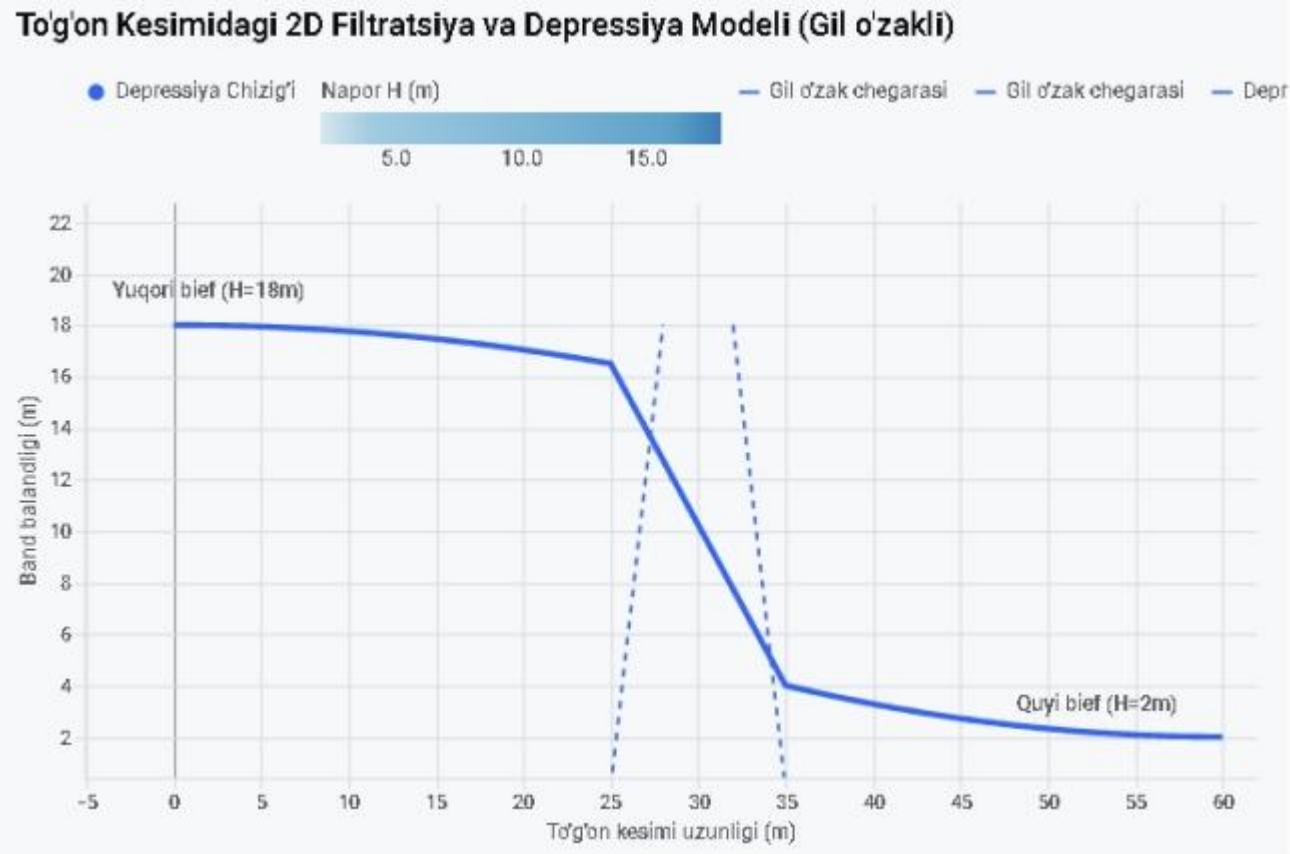
Tadqiqot uslubiyoti va ob'ekt ma'lumotlari

Tadqiqot ob'ekti sifatida Hisorak suv omborining balandligi 138 metrdan iborat bo'lgan tosh-tuproqli to'g'oni olindi. To'g'on ichidagi filtratsiya jarayonlarini kuzatish uchun o'rnatilgan pyezometrlar tarmog'ining ma'lumotlari statistik tahlil qilindi. Filtratsion xavfsizlik mezonlarini (K1 va K2) aniqlashda matematik modellashtirish hamda regressiya tahlili usullaridan foydalanildi. Pyezometrlardagi suv sathining (H_p) suv omboridagi suv sathi (H_v) va atmosfera yog'ingarchiliklariga bog'liqlik ko'p omilli matematik modeli quyidagi ko'rinishda shakllantirildi:

$$H_p = a * H_v^2 + b * H_v + c$$

Bu yerda a,b,c-pyezometr joylashgan zonaning gidravlik va filtratsion xususiyatlarini ifodalovchi empirik koeffitsiyentilaridir.Ushbu model yordamida har bir pyezometr uchun normal ekspluatatsiya sharoitiga mos keluvchi chegaraviy qiymatlar (K1) va inshoot mustahkamligining buzilishiga olib kelishi mumkin bo'lgan maksimal bosim qiymatlari (K2) aniqlandi. Shuningdek, Chekli elementlar usulida to'g'on kesimining 2D va 3D filtratsiya modellari yaratildi.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.



Ilmiy tahlillar va natijalar muhokamasi

Hisorak to'g'onining turli kesimlarida (stvorlarida) joylashgan pyezometrlar ko'rsatkichlari tahlil qilinganda, aksariyat pyezometrlarda suv sathi loyihaviy egri chiziqdan pastda ekanligi va inshoot xavfsizlik talablariga javob berishi ma'lum bo'ldi. Biroq, to'g'onning 3- va 4-kesimlaridagi, ya'ni gilli yadroning poydevor bilan tutashgan quyi qismidagi pyezometrlarda suv bosimining o'rtacha ko'rsatkichdan 8-12% ga yuqoriligi kuzatildi. Kompyuterli simulyatsiya (GeoStudio/Seep/W) yordamida ushbu kesim qayta hisoblanganda, mazkur hududda gruntning filtratsiya koeffitsiyenti biroz ortganligi va bu lokal zonada filtratsiya oqimining tezlashishi mexanik suffoziya xavfini yuzaga keltirishi mumkinligi aniqlandi. Diagnostik mezonlar grafigi asosida olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, 2024-2025 yillarda to'g'onning o'ng sohil qismidagi pyezometrlardan biri K1 (ogohlantiruvchi) chizig'iga yaqinlashgan, ammo tegishli ekspluatatsiya tadbirlari (drenaj tizimlarini tozalash) natijasida ko'rsatkich qaytadan normal holatga kelgan. Bu esa taklif etilayotgan K1 va K2 mezonlari tizimining inshoot nosozliklarini erta aniqlashda samaradorligini tasdiqlaydi.

Xulosa

Hisorak suv omborining 35 yildan ortiq ekspluatatsiya davridagi instrumental va natura kuzatuvlari ma'lumotlarini tahlil qilish, ko'p omilli matematik modellashtirish hamda Chekli elementlar usulida (ChEU) fazoviy filtratsiya jarayonlarini tadqiq etish natijasida quyidagi ilmiy va amaliy xulosalarga kelindi:

Konstruktiv elementlar degradatsiyasi: Uzoq muddatli gidrostatik va gidrodinamik yuklamalar ta'sirida to'g'onning filtratsiyaga qarshi asosiy elementlari (gilli yadro, sementatsiya pardalari) va drenaj

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

tizimlarida lokal suffoziya hamda kolmatsiyalanish jarayonlarining mavjudligi aniqlandi. Suv omborida suv sathining keskin tebranishi (NPU va UVO oraliqlarida) to‘g‘on tanasidagi porello (g‘ovaklardagi) bosimning dinamik o‘zgarishiga va gidrodinamik gradientlarning ortishiga sabab bo‘lishi ilmiy jihatdan isbotlandi.

Diagnostik mezonlarning aniqlanishi: Ishlab chiqilgan rezonansli va statistik modellar yordamida Hisorak suv ombori to‘g‘onining har bir pyezometrik nuqtasi uchun xavfsiz ekspluatatsiya chegarasi — K1 (ogohlantiruvchi) va inshoot turg‘unligiga xavf tug‘diruvchi limit qiymat — K2 (kritik xavfli) diagnostik mezonlari miqdoriy jihatdan asoslab berildi. Mazkur mezonlar amaldagi deterministik ko‘rsatkichlardan farqli ravishda grunt xossalarining vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanligini qamrab olgan.

Fazoviy gidrodinamik tahlil: Chekli elementlar usulida yaratilgan 2D va 3D raqamli filtratsiya modellari yordamida to‘g‘on tanasi va poydevoridagi depressiya chizig‘ining holati hamda oqim chiziqlari aniqlandi. To‘g‘onning qiyaliklari va tog‘ yonbag‘irlari bilan tutashish uzellarida filtratsiya tezligining kritik qiymatlardan oshmasligi verifikatsiya qilindi va kelgusida anomal sizib chiqishlar yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan zaif zonalar vizuallashtirildi.

Amaliy tavsiyalar: Aniqlangan K1 va K2 diagnostik mezonlarini nazorat-o‘lchov asboblari (NOA) datchiklari bilan integratsiya qilgan holda real vaqt rejimida (online) avtomatlashtirilgan monitoring tizimini joriy etish tavsiya etiladi. Bu tizim "Gidrotexnika inshootlarining xavfsizligi to‘g‘risida"gi qonun talablariga mos ravishda, favqulodda vaziyatlarning oldini olish va ob’ektning sanoat xavfsizligini ta’minlashda muhim amaliy platforma bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Yangiyev A.A. Gidrotexnika inshootlarining xavfsizligi va ishonchliligi. Darslik.–Toshkent:TIIAME,2020.–180b.
2. Axmedov X.A. Suv omborlaridan foydalanish va ularining xavfsizligi. – Toshkent:Fan,2018.–215b.
3. Muhammadiyev M.M. Gidrotexnika inshootlari monitoringi va diagnostikasi.–Toshkent:TAQI,2019.–195b.
4. Li T., Xia T., Wang S. Coupled Seepage-Stress 3D FEM Modeling of High Rockfill Dams // Journal of Hydrology and Hydraulic Engineering. – Wuhan, 2026.–Vol.44,No.2.–pp.112-125.
5. Bakayev M.R. Suv omborlari to'g'onlarida filtratsiya jarayonlari tahlili. – Toshkent: Adib, 2017. – 145 b.
6. Fell R., MacGregor P., Stapledon D., Bell G., Foster M. Geotechnical
7. Engineering of Dams. 2nd ed. London: Taylor & Francis, 2015.
8. U.S. Bureau of Reclamation. Design Standards No. 13: Embankment Dams. Chapter 8: Seepage. Denver, Colorado.
9. U.S. Army Corps of Engineers. EM 1110-2-1901: Seepage Analysis and Controlfor Dams. Washington, DC.
10. Das B.M., Sobhan K. Principles of Geotechnical Engineering. Cengage Learning.
11. Craig R.F. Craig’s Soil Mechanics. 8th ed. London: Spon Press, 2012.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.