TO'G'ONLARNING KUCHLANGANLIK DEFORMATSIYA HOLATI VA ISHONCHLILIGINI BAHOLASH (PACHKAMAR SUV OMBORI MISOLIDA)

Rahbar: **v.v.b. prof. Majidov T. Sh.**
Buxoro davlat texnika universiteti
Sharipov Armonbek Ergashevich
Buxoro davlat texnika universiteti, ISMITI Buxoro mintaqaviy markazi laboratoriya mudiri, g.f.f.d (PhD), dotsent.
Yanvarov Foziljon Sherali o'g'li
Buxoro davlat texnika universiteti talabasi
Nabiyev M. N., Baxtiyorov Sh. B.
Buxoro davlat texnika universiteti

Qabul qilindi: 25.02.2026
Ko‘rib chiqildi: 26.02.2026
Tasdiqlandi: 27.02.2026

Kalit so‘zlar:
to‘g‘on, kuchlanganlik-deformatsiya holati, filtratsiya, barqarorlik, xavfsizlik koeffitsienti, seysmik ta’sir, monitoring

Annotatsiya. Mazkur tezisda to‘g‘onlarning kuchlanganlik-deformatsiya holatini (KDH) aniqlash va ularning ekspluatatsion ishonchliligini baholash masalalari Pachkamar suv ombori misolida tahlil qilinadi. Gidrotexnika inshootlarining barqarorligi suv bosimi, filtratsiya jarayonlari, grunt xossalari hamda seysmik yuklamalar ta’sirida shakllanadi. Tadqiqotda nazariy hisoblash, sonli modellashtirish va monitoring ma’lumotlari asosida to‘g‘on tanasidagi kuchlanishlar taqsimoti, cho‘kish va siljish deformatsiyalari hamda xavfsizlik koeffitsientlari aniqlanadi. Natijalar inshootning uzoq muddatli ishonchliligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kirish. Gidrotexnika inshootlari, xususan yirik to‘g‘onlar va suv omborlari mamlakatning suv xo‘jaligi tizimida strategik ahamiyatga ega bo‘lib, ular irrigatsiya, ichimlik suvi ta’minoti, gidroenergetika, suv toshqinlarining oldini olish hamda ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Bunday inshootlarning xavfsiz va uzluksiz ishlashi ularning konstruktiv mustahkamligi, geotexnik barqarorligi hamda ekspluatatsiya davridagi kuchlanganlik-deformatsiya holati (KDH) bilan bevosita bog‘liqdir. To‘g‘on tanasida yuzaga keladigan kuchlanishlar va deformatsiyalar gruntning fizik-mexanik xossalari, suv bosimi, filtratsiya jarayonlari, harorat o‘zgarishlari hamda seysmik ta’sirlar natijasida shakllanadi.

O‘zbekiston hududi, xususan Qashqadaryo viloyatida joylashgan Pachkamar suv ombori respublikaning janubiy mintaqasida suv resurslarini tartibga solishda muhim ahamiyat kasb etadi. Mazkur inshoot uzoq yillardan buyon ekspluatatsiya qilinmoqda va tabiiy-iqlimiy hamda seysmik sharoitlarning murakkabligi sababli

uning texnik holatini doimiy ravishda baholab borish zarur. Ayniqsa, suv sathining mavsumiy tebranishlari, grunt asosining zichlanishi, filtratsion oqimlarning o‘zgarishi va seysmik yuklamalar to‘g‘on tanasida qo‘shimcha kuchlanish va deformatsiyalarni yuzaga keltirishi mumkin.

To‘g‘onlarning kuchlanganlik-deformatsiya holatini o‘rganish geotexnika va gidrotexnika sohasida ustuvor ilmiy yo‘nalishlardan biridir. Kuchlanishlarning notekis taqsimlanishi yoriqlar hosil bo‘lishiga, filtratsiya tezlashishiga, siljish va cho‘kish jarayonlarining kuchayishiga olib kelishi mumkin. Bu esa o‘z navbatida inshootning umumiy barqarorligi va ishonchliligiga tahdid soladi. Shuning uchun KDHni kompleks baholash nazariy hisoblash usullari, zamonaviy sonli modellashtirish texnologiyalari hamda dala monitoringi natijalarini integratsiyalash asosida amalga oshirilishi lozim.

Hozirgi davrda chekli elementlar usuli (FEM), limit muvozanat nazariyasi, filtratsiya jarayonlarini matematik modellashtirish hamda geodezik kuzatuvlar natijalarini tahlil qilish kabi usullar to‘g‘onlarning texnik holatini aniqlashda keng qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, seysmik faol hududlarda joylashgan inshootlar uchun dinamik yuklamalar ta’sirini hisobga olish alohida ahamiyat kasb etadi. O‘zbekiston Respublikasi hududi 7–9 ballgacha seysmik zonaga mansub ekanligi sababli, to‘g‘onlarning zilzilabardoshligini baholash dolzarb masala hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotda Pachkamar suv ombori to‘g‘onining kuchlanganlik-deformatsiya holatini aniqlash va uning ekspluatatsion ishonchliligini baholash asosiy maqsad sifatida belgilangan. Tadqiqot natijalari inshootning texnik xavfsizligini oshirish, profilaktik mustahkamlash choralarini ishlab chiqish hamda uzoq muddatli barqaror ekspluatatsiyani ta’minlashga xizmat qiladi. Shu bois, to‘g‘onlarning KDHni ilmiy asosda baholash nafaqat muhandislik masalasi, balki hududiy xavfsizlik, ekologik barqarorlik va iqtisodiy samaradorlik bilan bog‘liq kompleks vazifa hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlili. To‘g‘onlarning kuchlanganlik-deformatsiya holati (KDH) va ishonchliligini baholash masalalari gidrotexnika va geotexnika fanlarining kesishgan nuqtasida shakllangan bo‘lib, mazkur yo‘nalishda olib borilgan tadqiqotlar bir necha bosqichda rivojlangan. Ilmiy manbalarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, to‘g‘onlar barqarorligini baholash dastlab klassik muvozanat nazariyasi asosida olib borilgan bo‘lsa, keyinchalik sonli modellashtirish va kompleks monitoring tizimlari bilan boyitilgan.

Klassik nazariy yondashuvlar. Grunt mexanikasi asoschisi Karl Terzaghi tomonidan ishlab chiqilgan samarali kuchlanish nazariyasi tuproq to‘g‘onlarning mustahkamligini baholashda fundamental asos bo‘lib xizmat qiladi. Terzaghi gruntdagi umumiy kuchlanish, samarali kuchlanish va pora bosimi o‘rtasidagi bog‘liqlikni asoslab berdi. Mazkur yondashuv filtratsiya jarayonlari va cho‘kish deformatsiyalarini tushuntirishda muhim ahamiyatga ega. Shuningdek, Ralph B. Peck va Gholamreza Mesri gruntlarning mustahkamlik parametrlarini aniqlash, konsolidatsiya va siljish jarayonlarini tahlil qilish bo‘yicha muhim ilmiy natijalarga erishgan. Ularning ishlari tuproq to‘g‘onlarining uzoq muddatli deformatsion

xulqini prognozlashda keng qo‘llaniladi. Limit muvozanat nazariyasi asosida siljishga qarshi barqarorlikni aniqlash usullari (Bishop, Fellenius, Morgenstern-Price metodlari) ko‘plab ilmiy ishlarda qo‘llanilgan. Ushbu metodlar to‘g‘on qiyaliklarining xavfsizlik koeffitsientini aniqlashda asosiy hisoblash vositasi hisoblanadi.

Filtratsiya va gidravlik jarayonlar bo‘yicha tadqiqotlar. To‘g‘on tanasida suv sizib o‘tishi Darcy qonuni asosida o‘rganiladi. Filtratsiya oqimlari pora bosimining ortishiga olib kelib, samarali kuchlanishni kamaytiradi va barqarorlikka salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Ilmiy manbalarda ko‘rsatilishicha, filtratsion deformatsiyalar va ichki eroziya (piping) to‘g‘onlarning avariyaviy holatga kelishining asosiy sabablaridan biridir. United States Bureau of Reclamation tomonidan ishlab chiqilgan qo‘llanmalarda tuproq va tosh-to‘g‘onlarning filtratsiya barqarorligini baholash metodikasi batafsil yoritilgan. Ushbu metodikalar ko‘plab mamlakatlarda amaliyotga joriy qilingan.

Sonli modellashtirish va zamonaviy usullar. So‘nggi o‘n yilliklarda chekli elementlar usuli (FEM) asosida to‘g‘onlarning KDHni aniqlash keng qo‘llanilmoqda. PLAXIS BV tomonidan ishlab chiqilgan PLAXIS dasturi grunt muhitida kuchlanish va deformatsiyalarni modellashtirishda samarali vosita hisoblanadi. Sonli modellashtirish orqali statik, filtratsion va seysmik yuklamalar ta’siri kompleks ravishda tahlil qilinadi. Dinamik tahlil sohasida seysmik yuklamalarning to‘g‘on barqarorligiga ta’siri bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar mavjud. Ayniqsa, seysmik faol hududlarda joylashgan inshootlar uchun Nyumark usuli asosida qoldiq siljishlarni aniqlash keng qo‘llaniladi.

Xalqaro tajriba va xavfsizlik standartlari. To‘g‘onlar xavfsizligini baholash bo‘yicha xalqaro miqyosda International Commission on Large Dams (ICOLD) tomonidan qator tavsiyalar ishlab chiqilgan. Ushbu tavsiyalarda monitoring, xavfsizlik koeffitsientlari, favqulodda vaziyatlar ssenariylari va risk tahlili masalalari yoritilgan. Shuningdek, World Bank moliyalashtirgan gidrotexnika loyihalarida to‘g‘on xavfsizligi bo‘yicha qat’iy texnik reglamentlar qo‘llaniladi. Ular ekspluatatsiya davrida muntazam monitoring, instrumental kuzatuv va risklarni boshqarish tizimini joriy etishni talab qiladi.

Mahalliy tadqiqotlar va mintaqaviy xususiyatlar. O‘zbekiston sharoitida to‘g‘onlarning barqarorligi ko‘p jihatdan gruntlarning lyossli tarkibi, yuqori seysmik faollik va keskin iqlimiy o‘zgarishlar bilan belgilanadi. Mahalliy olimlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda suv omborlarining cho‘kish jarayonlari, filtratsiya oqimlari va qiyalik barqarorligi masalalari o‘rganilgan. Pachkamar suv ombori bo‘yicha mavjud ilmiy va texnik hisobotlarda asosan geodezik monitoring natijalari va umumiy barqarorlik ko‘rsatkichlari keltirilgan. Biroq kuchlanganlik-deformatsiya holatini kompleks sonli modellashtirish asosida chuqur tahlil qilish yetarli darajada amalga oshirilmaganligi kuzatiladi. Shu bilan birga, Pachkamar suv ombori misolida statik, filtratsion va seysmik yuklamalarni birgalikda hisobga olgan holda kuchlanganlik-deformatsiya holatini kompleks baholash bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar yetarli darajada yoritilmagan. Mazkur tezis aynan shu ilmiy bo‘shliqni

to‘ldirishga qaratilgan.

Muhokama. Pachkamar suv ombori to‘g‘onining kuchlanganlik-deformatsiya holatini (KDH) baholash natijalari shuni ko‘rsatadiki, inshootning umumiy barqarorligi me’yoriy talablarga javob bersa-da, ayrim zonalarda kuchlanishlarning notekis taqsimlanishi va filtratsiya jarayonlari bilan bog‘liq xavf omillari mavjud. Ayniqsa, to‘g‘onning pastki asos qismida siquvchi kuchlanishlarning maksimal qiymatga yetishi grunt zichlanishi jarayonining davom etayotganligini ko‘rsatadi. Bu holat uzoq muddatli ekspluatatsiya davrida differensial cho‘kish xavfini yuzaga keltirishi mumkin.

Sonli modellashtirish natijalari va dala monitoring ma’lumotlarini taqqoslash shuni ko‘rsatdiki, hisoblangan deformatsiyalar real kuzatuv natijalari bilan umumiy tendensiyada mos keladi. Biroq suv sathining keskin o‘zgarishi davrida gorizontal siljishlarning ortishi kuzatilgan. Bu esa gidrostatik bosimning tez o‘zgarishi gruntning ichki tuzilishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. Shu nuqtai nazardan, suv omborini boshqarishda sath o‘zgarishlarini bosqichma-bosqich amalga oshirish maqsadga muvofiqdir.

Filtratsiya jarayonlari bo‘yicha olingan natijalar pora bosimining ayrim qatlamlarda ortishini ko‘rsatdi. Samarali kuchlanishning kamayishi qiyalik barqarorligiga salbiy ta’sir etishi mumkin. Agar drenaj tizimlarining ishlashi yetarli darajada nazorat qilinmasa, ichki eroziya (piping) jarayonlari rivojlanish ehtimoli ortadi. Shu sababli filtratsion oqimlarni doimiy monitoring qilish va drenaj elementlarining texnik holatini tekshirib borish zarur.

Seysmik ta’sirni hisobga olgan holda o‘tkazilgan tahlillar hududning 7–9 balli seysmik zonaga mansubligi sababli dinamik yuklamalar to‘g‘on tanasida qo‘shimcha kesuvchi kuchlanishlar hosil qilishini ko‘rsatdi. Dinamik hisoblash natijalariga ko‘ra, maksimal siljishlar qiyalikning o‘rta qismida shakllanadi. Bu esa konstruktiv mustahkamlash (geosintetik materiallar qo‘llash, qiyalikni mustahkamlash yoki drenaj tizimini takomillashtirish) choralarini ishlab chiqishni talab etadi.

Olingan natijalarni xalqaro amaliyot bilan solishtirganda, xavfsizlik koeffitsientlari minimal me’yoriy qiymatlardan yuqori ekani aniqlandi, ammo global iqlim o‘zgarishi sharoitida ekstremal yog‘inlar va suv sathining keskin ko‘tarilishi ehtimoli mavjudligi qo‘shimcha xavf omili sifatida baholanadi. Shuningdek, gruntning uzoq muddatli reologik xususiyatlari (suzuvchi deformatsiya) vaqt o‘tishi bilan cho‘kish jarayonlarini kuchaytirishi mumkin.

Muhokama natijalaridan kelib chiqib aytish mumkinki, Pachkamar suv ombori to‘g‘oni hozirgi bosqichda barqaror ekspluatatsiya qilinmoqda, biroq:

- filtratsiya va pora bosimi ko‘rsatkichlarini avtomatlashtirilgan monitoring tizimi orqali nazorat qilish;
- seysmik barqarorlikni oshirishga qaratilgan qo‘shimcha konstruktiv choralarni ishlab chiqish;
- suv sathini boshqarishda gidrodinamik zarbalarni kamaytirish;
- geodezik kuzatuvlarni muntazam ravishda olib borish

inshootning uzoq muddatli ishonchliligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shunday qilib, o‘tkazilgan tadqiqot natijalari kuchlanganlik-deformatsiya holatini kompleks baholash yondashuvi to‘g‘on xavfsizligini aniqlashda samarali ekanini tasdiqlaydi hamda kelgusida ilmiy-amaliy takomillashtirishlar uchun asos yaratadi.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda Pachkamar suv ombori to‘g‘onining kuchlanganlik-deformatsiya holati (KDH) kompleks ravishda tahlil qilindi hamda uning ekspluatatsion ishonchliligi baholandi. O‘tkazilgan nazariy hisoblashlar, sonli modellashtirish va monitoring ma’lumotlari tahlili quyidagi ilmiy xulosalarni chiqarish imkonini berdi: Kuchlanishlar taqsimoti to‘g‘on tanasida notekis xarakterga ega bo‘lib, maksimal siquvchi kuchlanishlar asos qismida, kesuvchi kuchlanishlar esa qiyalik zonalarida shakllanadi. Filtratsiya jarayonlari pora bosimining ortishiga sabab bo‘lib, samarali kuchlanishning kamayishiga olib keladi. Bu esa qiyalik barqarorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Barqarorlik koeffitsienti amaldagi me’yoriy talablardan yuqori ekanligi aniqlangan bo‘lsa-da, uzoq muddatli ekspluatatsiyada gruntning reologik xususiyatlari qo‘shimcha cho‘kishlarni yuzaga keltirishi ehtimoli mavjud. Seysmik yuklamalar sharoitida gorizontal siljishlarning ortishi kuzatilib, dinamik barqarorlikni oshirish bo‘yicha qo‘shimcha konstruktiv choralar zarurligi asoslandi. Sonli modellashtirish natijalari dala monitoring ko‘rsatkichlari bilan umumiy moslikda bo‘lib, qo‘llangan metodologiyaning ishonchliligini tasdiqladi. Umuman olganda, Pachkamar suv ombori to‘g‘oni hozirgi bosqichda barqaror ekspluatatsiya qilinmoqda. Biroq uning uzoq muddatli xavfsizligini ta’minlash maqsadida filtratsiya jarayonlarini doimiy monitoring qilish, seysmik barqarorlikni oshirish, drenaj tizimini takomillashtirish va avtomatlashtirilgan nazorat tizimlarini joriy etish tavsiya etiladi. Mazkur tadqiqot natijalari gidrotexnika inshootlarining texnik holatini baholashda kompleks yondashuvni qo‘llash zarurligini ko‘rsatadi hamda kelgusida ilmiy-amaliy takomillashtirishlar uchun metodik asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. International Commission on Large Dams (ICOLD). *Dam Safety Guidelines*. Paris, 2017.
2. PLAXIS BV. *PLAXIS Reference Manual*. Delft, Netherlands, 2020.
3. World Bank. *Environmental and Social Framework for Dam Safety*. Washington, 2018.
4. O‘zbekiston Respublikasi Qurilish me’yorlari va qoidalari (QMQ). Gidrotexnika inshootlarini loyihalash bo‘yicha me’yoriy hujjatlar. Toshkent, 2020.
5. Pachkamar suv ombori bo‘yicha texnik monitoring hisobotlari. Qashqadaryo viloyati suv xo‘jaligi boshqarmasi materiallari, 2022–2024.
6. Zamonaviy geotexnik modellashtirish va seysmik barqarorlik bo‘yicha ilmiy maqolalar to‘plami. Toshkent, 2021.