

XUSUSIY OG'IRLIK TA'SIRIDA GRUNTЛИ TO'G'ONLARDA HOSIL BO'LADIGAN KUCHLANGANLIK HOLATINI TADQIQ QILISH

T.f.d., prof. Matkarimov Paxridin Jo'rayevich
Tayanch doktorant Kupaysinov Dostonbek Xusniddin o'g'li
(Namangan davlat texnika universiteti)

Annotatsiya. Ushbu maqolada variatsion tamoyilga asoslangan, geometrik shakli murakkab bo'lgan Rezaksoy gruntli to'g'onining xususiy og'irligi ta'siridagi kuchlanganlik holatini tekis deformatsiya holatida baholash bo'yicha hisoblash sxemasi, matematik modeli va hisoblash algoritmi keltirilgan. Hisob ishlarida jahonda keng foydalanib kelinayotgan Plaxis 2D dasturidan foydalanib, inshootning konstruktiv xususiyatlarini hisobga olgan holda, gruntli to'g'onning kuchlanganlik holatini o'rganish bo'yicha sonli hisob ishlari bajarilib, natijalar taqdim etilgan. To'g'on konstruksiyasida yadroning qiya bo'lganligi va tishning mavjudligi yuqori tayanch prizmada murakkab kuchlanganlik holati sodir bo'lishi aniqlangan.

Kalit so'zlar: Gruntli to'g'on, tekis model, kuchlanganlik-deformatsiyalanish holati, og'irlik kuchi, yadro, deformatsiya va kuchlanishlar izochiziqlari.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УДЕЛЬНОГО ВЕСА

Д.т.н., проф. Маткаримов Пахридин Джураевич
Купайсинов Достонбек Хусниддинович
(Наманганский государственный технический университет)

Аннотация: В данной статье представлены расчетная схема, математическая формулировка и алгоритм расчета для оценки напряженного состояния грунтовой плотины Резаксой сложной геометрической формы под действием собственного веса в плоском деформированном состоянии, основанные на вариационном принципе. С использованием программы Plaxis 2D, широко применяемой в мировой расчетной практике, выполнены численные расчеты по исследованию напряженного состояния грунтовой плотины с учетом конструктивных особенностей сооружения и представлены результаты. Установлено, что наклонное ядро и наличие зуба в конструкции плотины обуславливают сложное напряженно-деформированное состояние в верхней опорной призме.

Ключевые слова: Грунтовая плотина, плоская модель, напряженно-деформированное состояние, сила веса, ядро, изолинии деформаций и напряжений.

STUDY OF STRESS-STRAIN STATE IN EMBANKMENT DAMS UNDER THE INFLUENCE OF SPECIFIC WEIGHT

D.Sc., Prof. Matkarimov Pakhridin Jurayevich

Annotation. This article presents a calculation scheme, mathematical formulation and calculation algorithm for assessing the stress-strain state (SSS) of the Rezaksoy embankment dam with a complex geometric shape under the influence of its own weight in a plane deformation state, based on the variational principle. Using the Plaxis 2D program, which is widely used in the world in calculation work, numerical calculations were performed to study the SSS of the embankment dam, taking into account the structural features of the structure, and the results are presented. It was found that the inclined core and the presence of a tooth in the dam structure cause a complex stress-strain state in the upper support prism.

Keywords: Embankment dam, plane model, stress-strain state, weight force, core, strain and stress isolines.

Kirish

Seysmik hududlarda qurilgan va ekspluatatsiya qilinayotgan katta va kichik turdagi gidrotexnik inshootlar turli kuchlar (statik, dinamik va seysmik) ta'sirida ishonchli, xavfsiz va mustahkam bo'lishi talab etiladi. Ayniqsa, suv muhiti ta'siri ostida ishlovchi gidrotexnik inshootlarning mustahkam va ishonchli ishlaydigan konstruksiyalarini yaratish uchun ularning statik holatini baholash bo'yicha ko'plab izlanish va tadqiqotlar o'tkazish, gruntlarning mexanik xususiyatlarini, shuningdek, inshootlarning haqiqiy geometrik shakli va konstruktiv xususiyatlarini hisobga olish kerak bo'ladi.

Bu kabi murakkab masalalarni gruntli to'g'onlarning haqiqiy geometrik shakli va konstruktiv xususiyatlarini hisobga olgan holda chekli elementlar usuli (ChEU) yoki chekli ayirmalar usuli (ChAU) [1, 2] kabi sonli usullar yordamida to'liq va aniq yechish mumkin.

Hozirgacha ko'plab tadqiqotchilar tomonidan [3-10] gruntli to'g'onlarning KDHni inshootlarning konstruktiv xususiyatlari, geometrik xarakteristikalar va turli modellari yordamida atroflicha o'rganilgan va tegishli xulosalar berilgan.

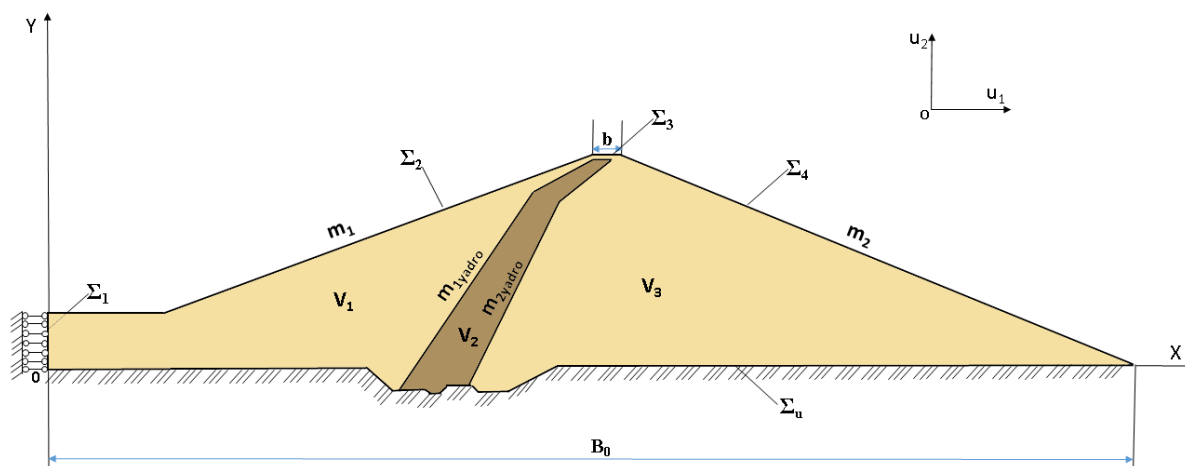
Ilmiy adabiyotlar tahlilidan ma'lum bo'ldiki, konstruktiv xususiyatlari va haqiqiy ishlash sharoitini hisobga olgan holda gruntli to'g'onlarining kuchlanganlik holatini yetarli darajada o'rganilmaganligi uchun bu yo'nalishda ilmiy izlanishlar olib borish lozim bo'ladi.

Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda, gruntli to'g'onlarning konstruktiv xususiyatlarini, geometrik o'lchamlarini, gruntlarning fizik-mexanik harakteristikalarini hamda inshootning qanday hududda joylashganini hisobga olgan holda statik yuklamalar ta'siridan vujudga keladigan kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini baholash uchun matematik model va hisoblash usullarini ishlab chiqish va ularni asoslash tutash muhitlar mexanikasining dolzarb muammosidan biri hisoblanadi.

Metodologiya

Notekis relyefda joylashgan $V = V_1 + V_2 + V_3$ hajmli Rezaksoy gruntli to'g'onining tekis deformatsiya holati modelini ko'rib chiqamiz (1-rasm). Rasmda: V_1 , V_3 – yuqori va

pastki tayanch prizmalar, V_2 - yadroning hajmi. To'g'on asosga Σ_u - yuzasi bo'ylab biki mahkamlangan, asosning chap yon tomoni Σ_1 – yuzaga vertikal ko'chishni cheklamaydigan sirpanuvchi sharnirlar o'rnatilgan (ya'ni $x=0$ da, $\delta u_1=0$ bo'ladi), to'g'onning Σ_2 , Σ_4 - yuqori va pastki nishabliklari hamda Σ_3 - tepa qismi yuzalar yuklanishdan holi bo'lib, Rezaksoy gruntli to'g'onining xususiy og'irligi ta'siridagi tekis deformatsiyalanish va kuchlanganlik holatlari ko'rib chiqildi.



1-rasm. Rezaksoy gruntli to'g'onining tekis modeli

Bu yerda: b – to'g'on tepasi (greben) kengligi; B_0 – to'g'on asosining kengligi; m_1 va m_2 - yuqori va pastki prizmalar qiyalik koeffitsientlari, m_{1yadro} va m_{2yadro} – to'g'on yadrosining qiyalik koeffitsientlari.

Tekis sistemada (1-rasm) sodir bo'ladigan jarayonlarni baholash uchun mumkin bo'lgan ko'chish prinsipiga asoslangan, aktiv kuchlarning bajargan virtual ishlarining yig'indisi nolga teng bo'lgan quyidagi variatsion tenglama va kinematik chegaraviy shartlardan foydalanamiz [1]:

$$\delta A = - \int_{V_1} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dV_1 - \int_{V_2} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dV_2 - \int_{V_3} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dV_3 + \int_{V_1} \vec{f} \delta \vec{u} dV_1 + \int_{V_2} \vec{f} \delta \vec{u} dV_2 + \int_{V_3} \vec{f} \delta \vec{u} dV_3 = 0, i, j = 1, 2 \quad (1)$$

to'g'on asosi va chap tomoni uchun chegaraviy shartlar quyidagicha yoziladi:

$$\vec{x} \in \sum_u; y=0; \delta \vec{u}=0: \quad (2)$$

$$\vec{x} \in \Sigma_1; x=0; \delta u_1=0.$$

Bu variatsion tenglamada sistemaning har bir qismidagi materialning fizik-mexanik xususiyatini o'zida aks ettiruvchi kuchlanganlik va deformatsiya tenzorlarini o'zaro ifodalash uchun quyidagi umumlashtirilgan Guk qonunidan foydalaniladi, ya'ni [2]:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{11} &= \frac{E_n(1-\nu_n)}{(1+\nu_n)(1-2\nu_n)} \varepsilon_{11} + \frac{\nu_n E_n}{(1+\nu_n)(1-2\nu_n)} \varepsilon_{22} \\ \sigma_{22} &= \frac{E_n(1-\nu_n)}{(1+\nu_n)(1-2\nu_n)} \varepsilon_{22} + \frac{\nu_n E_n}{(1+\nu_n)(1-2\nu_n)} \varepsilon_{11} \\ \sigma_{12} &= \frac{E}{2(1+\nu_n)} \varepsilon_{12} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Deformatsiya tenzorlari bilan ko'chish vektorlari o'rtasidagi bog'lanish esa quyidagi Koshi munosabatlari orqali ifodalanadi:

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1}; \varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}; \varepsilon_{12} = \frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \quad (4)$$

Bu yerda: $\vec{u}$, ε_{ij} , σ_{ij} – ko'chish vektorlari, deformatsiya va kuchlanganlik tenzorlarining komponentlari; $\delta \vec{u}$, $\delta \varepsilon_{ij}$ – ko'chish vektori va deformatsiya tenzorlari komponentlarining izohron variatsiyasi; $\vec{f}$ – massa kuchlari vektori; E_n va ν_n to'g'onning n-elementi uchun elastiklik parametrlari; $\vec{u} = \{u_1, u_2\} = \{u, v\}$ – to'g'on nuqtalarining ko'chish vektori komponentlari; $\vec{x} = \{x_1, x_2\} = \{x, y\}$ – to'g'on nuqtalarining koordinatalari; tekis masalani yechishda i, j indekslar $i, j = 1, 2$ ga teng bo'ladi.

Har qanday $\delta \vec{u}$ – mumkin bo'lgan ko'chish uchun (1) - (4) tenglamalarni qanoatlantiruvchi $\vec{f}$ yuklamalar ta'sirida to'g'on tanasida hosil bo'ladigan noma'lum ko'chish va kuchlanganliklar komponentlarini aniqlash kerak bo'ladi.

Chekli elementlar usuli tartibini qo'llash natijasida sistema egallagan sohalar uchun (1) - (4) variatsion tenglama va munosabatlardan yuqoridagi matematik modelga ekvivalent bo'lgan ikkinchi tartibli bir jinsli bo'lmagan algebraik tenglamalar sistemasiga keltiriladi:

$$[K]\{u\} = \{F\}. \quad (5)$$

Bu yerda, $[K]$ – qaralayotgan sistema (1-rasm) uchun bikrlilik matritsasi; $\{u\}$ – aniqlanishi kerak bo'lgan noma'lum ko'chishlar; $\{F\}$ – tashqi kuchlar (massa kuchlari va h.k.). Tekis masalani yechishda universal Plaxis 2D dasturidan foydalanildi.

Natijalar va muhokamalar

Ushbu ishda Namangan viloyatida qurilgan Rezaksoy suv ombori gruntli to'g'onining KDHni uning xususiy og'irlik ta'sirida tekis deformatsiya holatida ko'rib chiqilgan. Keltirib o'tilgan matematik model, usul va algoritmdan foydalanib, gruntning real fizik-mexanik xususiyatlari, konstruktiv jihatlari, geometrik parametrlari va to'g'on relyefi notekisligini hisobga olgan holda uning kuchlanganlik-deformatsiya holati o'rganilgan.

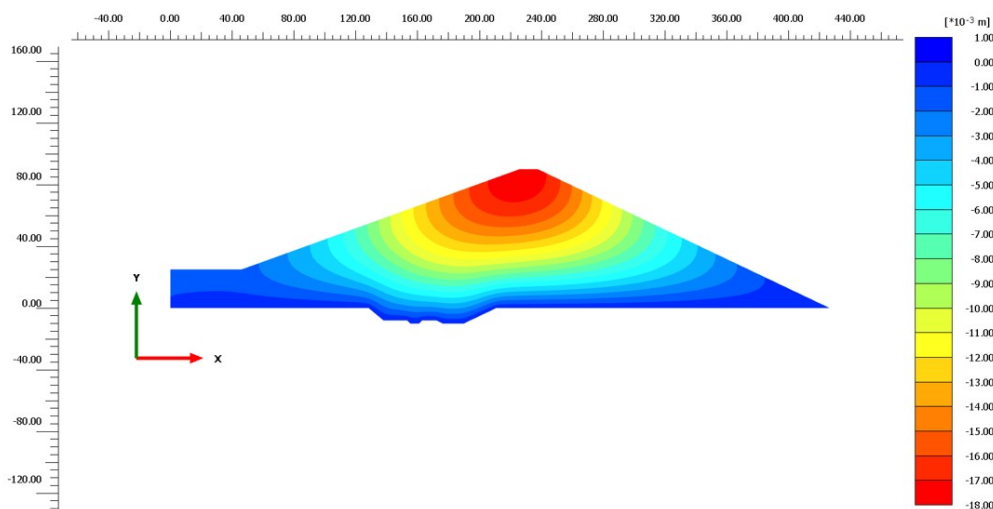
Tadqiqot olib borilayotgan Rezaksoy gruntli to'g'oni tayanch prizmalari V_1 va V_3 grundi shag'aldan tashkil topgan bo'lib gruntни to'kib, shibbalab yotqizilgan. To'g'onning yuqori nishabligi katta harsang toshlar bilan qoplangan. To'g'on yadrosi V_2 esa qum va gil aralashmali gruntdan yotqizilgan. Uning maksimal balandligi $H = 90$ m, tayanch prizmalar qiyaliklari koeffitsientlari $m_1 = 2,5$ va $m_2 = 1,7$ ga teng. To'g'on tepasining kengligi $b = 12$ m, uzunligi $L = 4400$ m.

Sonli hisoblash natijasida inshootning barcha nuqtalari uchun u_1, u_2 - gorizontal va vertikal ko'chish va $\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{12}$ - kuchlanganlik komponentalari qiymatlari aniqlangan va ular uchun izochiziqlar qurilgan. Olib borilgan tadqiqot ishlari avvalo bir jinsli to'g'on uchun, so'ng to'g'on yadrosini inobatga olingan holda bajarilgan hamda o'zaro solishtirilib, tegishli xulosalar keltirilgan.

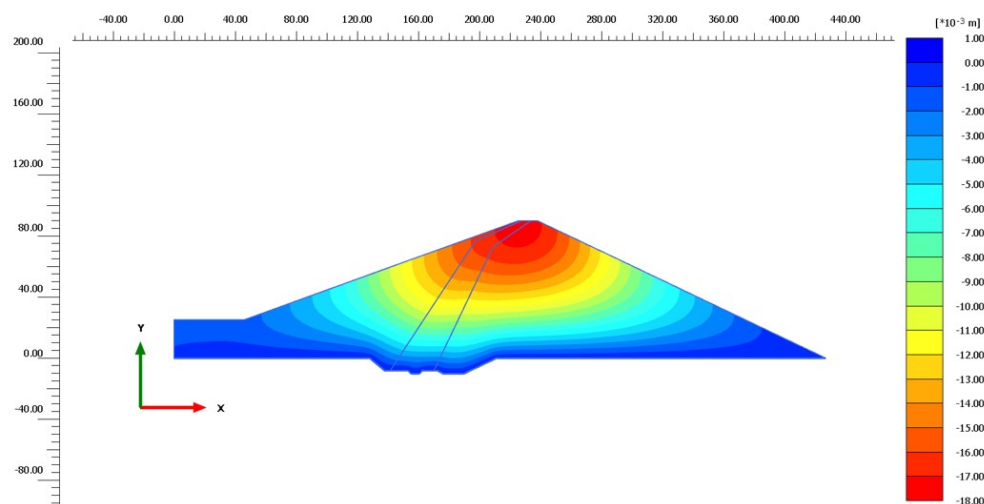
Olingan natijalar tahlilidan ma'lum bo'ladiki, to'g'on tanasi bir jinsli material deb olinganda u_1 - gorizontal ko'chishlar tayanch prizmalar markazlarida eng katta qiymatga erishib, markazdan uzoqlashgan sayin uning qiymati kamayib boradi. To'g'onning yuqori prizmasi asosida to'g'on tishi konstruksiyasi mavjudligi hisobiga uning deformatsiyalanish holati murakkab ko'rinishga ega bo'ladi. To'g'on yadrosini inobatga olinishi yuqori prizmadagi holatni mutlaqo o'zgartirib yoboradi, yani, murakkab deformatsiyalanish holati to'g'on yadrosi va tishi atrofida kuzatiladi.

To'g'on ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan u_2 vertikal ko'chishlar qiymatlari esa to'g'on balandligi oshishi bilan mos ravishda ortib boradi, ya'ni to'g'on grebenida eng katta qiymatga ega bo'ladi (2-rasm). To'g'on asosiga yaqinlashgan sari ko'chish qiymatlari ham kamayadi. Agar to'g'on asosi bir tekis bo'lsa izochiziqlar ham deyarli simmetrik holatda bo'ladi. 2a va 2b -rasmlarda keltirilgan natijalarni o'zaro taqqoslanganda yadroning gruntli to'g'onning deformatsiyalanish holatiga jiddiy ta'sir ko'rsatishini ko'rish mumkin.

a) $u_2, [*10^{-3}m]$



b) $u_2, [*10^{-3}m]$

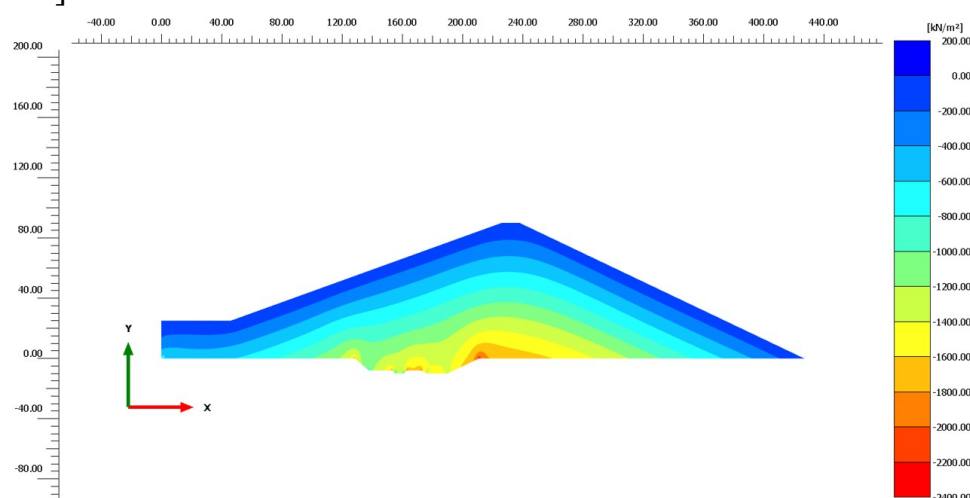


2-rasm. Rezaksoy gruntli to'g'onining xususiy og'irligi ta'siridagi bir jinsli (a) va yadroli (b) holatlarda hosil bo'ladigan u_2 - vertikal ko'chishlarning teng taqsimlanish izochiziqlari

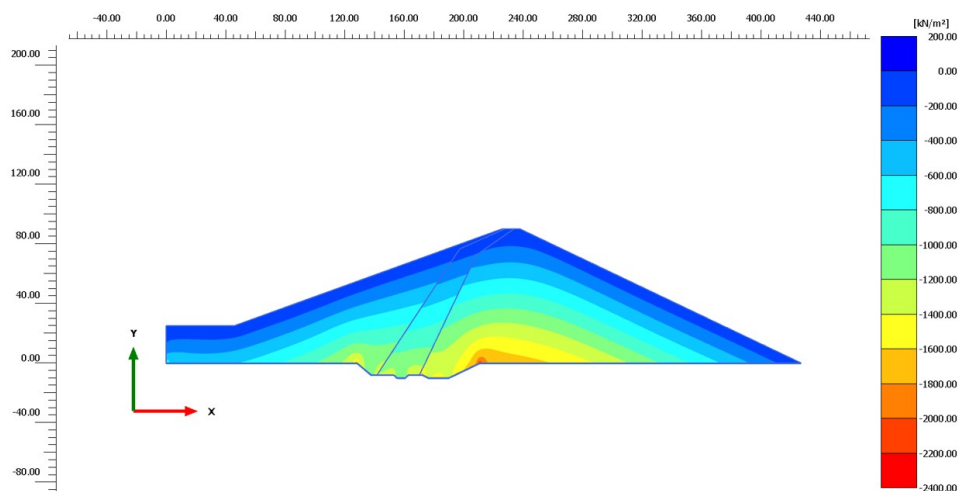
To'g'onning bir jinsli bo'lgandagi xususiy og'irligi ta'siridagi olingan natijalar (3a-rasm) tahlili qaralayotgan kesimdagi nuqtalarning σ_{22} kuchlanish qiymatlari to'g'on balandligi va kesimning sirtidan qancha masofada joylashishiga bog'liqligini ko'rsatadi.

Olingan natijalardan ko'rish mumkinki, qaralayotgan to'g'on konstruksiyasida yadroning qiya bo'lganligi va tishning mavjudligi σ_{22} vertikal kuchlanishlarni kesim bo'ylab taqsimlanish xarakteriga katta ta'sir ko'rsatadi va simmetriklik xususiyat kuzatilmaydi. To'g'on tanasida normal kuchlanishlardan tashqari urinma kuchlanish σ_{12} ham hosil bo'ladi. Bunda qiya joylashgan yadro hisobiga yuqori tayanch prizmada kuchlanganlik holatini o'zgarishiga olib keladi.

a) σ_{22} , [kN/m²]



b) σ_{22} , [kN/m²]



3-rasm. Rezaksoy gruntli to'g'onining xususiy og'irligi ta'siridagi bir jinsli (a) va yadroli (b) holatlar natijasida ko'ndalang kesimida hosil bo'ladigan σ_{22} - normal kuchlanishlarning taqsimlanish izochiziqlari

Xulosa

1. Xususiy og'irlik ta'sirida bir jinsli bo'lmagan murakkab geometrik parametrlarga ega bo'lgan gruntli to'g'onlarning kuchlanganlik holatini baholash uchun ikki o'lchovli matematik model, hisoblash usuli va algoritmi ishlab chiqildi.
2. Gruntli to'g'onlarning tekis deformatsiyalanish holatida ularning tanasida hosil bo'ladigan ko'chish komponentalarining tana bo'ylab taqsimlanish xarakteri hamda u_1 -gorizontal va u_2 - vertikal ko'chishlarning qiymatlari aniqlandi. To'g'onning deformatsiyalanishga tish konstruktsiysining katta ta'sir etishi ko'rsatib berildi.
3. To'g'onning kuchlanganlik holatini tadqiq qilish natijasida, uning tanasidagi σ_{11} normal kuchlanishning qiymati gruntning xususiy og'irligiga, grunt materialining bir jinsli yoki bir jinsli bo'lmashligi kabi xususiyatlarga bog'liq bo'lishi, hamda, to'g'on konstruksiyasida yadroning qiya bo'lganligi va tishning mavjudligi σ_{22} vertikal kuchlanishlarni kesim bo'ylab taqsimlanish xarakteriga katta ta'sir ko'rsatishi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Mirsaidov M. "Strength of earth dams considering the elastic-plastic properties of soils" E3s Web Of Conferences 365, 03001 (2023). <https://doi.org/10.1051/E3sconf/202336503001>
2. P.J.Matkarimov , D.P.Jurayev "Stress-strain state and strength of earth dams under static loads" E3s Web Of Conferences 365, 03008 (2023) Conmechydro – 2022 <https://doi.org/10.1051/E3sconf/202336503008>
3. Juraev D., Matkarimov P., Mirziyod M. Three-Dimensional Stress State of Earth Dams Under Static Loads. Lecture Notes in Civil Engineering Proceedings of MPCPE 2022, 2023, Pp. 1-11. https://doi.org/10.1007/978-3-031-30570-2_1
4. Sultanov K.S., Khusanov B.E., Loginov P.V., Normatov Sh. "Method for assessing the reliability of earth dams in irrigation systems" Construction Of Unique Buildings And Structures; 2020; Volume 89 Article No 8901

5. P.J.Matkarimov, S.I.Usmonxo‘Jayev, E.S.Tadjiboyev “Statik yuklamalar ta‘siridagi gruntli to‘g‘onlarning fazoviy kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini chekli elementlar usulidan foydalanib tadqiq qilish” Research Focus | Volume 4 | Issue 2 | 2025 Issn: 2181-3833 Researchbip (12.32) | Google Scholar | Index Copernicus (Icv69.78)
6. Srivastava A. Sivakumar Babu G.L “Stability analysis of earth dams under static and earthquake loadings using geosynthetics as a seepage barrier” Conference: 18th ICSMGE At: Paris, France, January 2013
7. Bilge Siyahi and Haydar Arslan. Nonlinear dynamic finite element simulation of Alibey earth dam// Environmental Geology - Volume 54, Number 1 (2008), pp.77-85, DOI: 10.1007/s00254-007-0794-7
8. Debarghya Chakraborty, Deepankar Choudhury. Pseudo-Static and Pseudo-Dynamic Stability Analysis of Tailings Dam under Seismic Conditions// Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences. - March 2013. - Volume 83. - Issue 1. - pp 63-71.
9. Khoei A.R., Azami A.R., Haeri S.M. Implementation of Plasticity Based Models in Dynamic Analysis of Earth and Rockfill Dams: A Comparison of Pastor–Zienkiewicz and Cap Models // Computers and Geotechnics. 2004. July Vol.31, Issue 5. Pp.384–409
10. Martin Wieland. Features of seismic hazard in large dam projects and strong motion monitoring of large dams. //Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China. March 2010. - Volume 4. - Issue 1. - pp 56-64.