GIDROTEXNIKA INSHOOTLARI UCHUN BETON TARKIBINI TANLASH: MUSTAHKAMLIK, CHIDAMLILIK VA QURILISH TEXNOLOGIYASI MEZONLARI

Choriyev Alibek Rasul o‘g‘li
"Veolia energy tashkent"MCHJ,Xorijiy korxonasi

Annotatsiya

Gidrotexnika inshootlaridagi beton suv bosimi, namlanish va qurish almashinuvi, harorat gradienti, muzlash va erish, abraziv oqim hamda muhitning kimyoviy ta’siri ostida xizmat qiladi. Shu sabab barcha elementlar uchun yagona retsept mavjud emas. O‘zbekistonda beton to‘g‘onlar uchun amal qilayotgan SHNQ talablari, muhandislik qo‘llanmalari, sinov standartlari va Pskem sharoitiga oid sonli tadqiqot maqsadli hujjatli sharh usulida qiyoslandi. Ommaviy to‘g‘on betoni, suv bilan tutash yuzalar va zich armaturalangan qismlar uchun xizmat muhiti, material manbai, issiqlik, ishlovchanlik va chidamlilik dalillari ajratildi. Mualliflik sintezi sifatida dastlab majburiy mezonlardan o‘tmagan nomzodlarni chiqarib tashlash, so‘ng qolganlarini bir xil sinov va qurilish sharoitida qiyoslash tartibi hamda tekshirish varag‘i taklif qilindi. Maqolada yangi laboratoriya tajribasi o‘tkazilmagan, mahalliy obyekt uchun tayyor dozalar yoki universal optimum e’lon qilinmaydi.

Kalit so‘zlar: *gidrotexnika betoni, beton tarkibi, suv-bog‘lovchi nisbati, ommaviy beton, chidamlilik, sinov aralashmasi.*

Аннотация

Бетон гидротехнических сооружений работает при воздействии гидростатического давления, переменного увлажнения, температурных градиентов, замораживания и оттаивания, абразивного потока и химического состава воды. Поэтому универсальная рецептура для всех элементов сооружения невозможна. Нормативную основу применения в Узбекистане составляют действующие национальные правила проектирования бетонных плотин. В статье на основе инженерных руководств и стандартов испытаний рассмотрен выбор состава для массивных бетонных элементов, поверхностей в зоне течения и участков с плотным армированием. Сопоставлены требования к заполнителям, водовяжущему отношению, тепловыделению, удобоукладываемости, воздухововлечению, уходу и оценке долговечности. Предложена

последовательность отбора альтернативных смесей: описание условий эксплуатации, предварительные ограничения, лабораторные пробные замесы и проверка показателей, относящихся к конкретному элементу. Собственные экспериментальные данные и универсальные значения дозировок в работе не приводятся; итоговые рекомендации требуют проверки на местных материалах и в проектных условиях.

Ключевые слова: *гидротехнический бетон, состав смеси, водовяжущее отношение, массивный бетон, долговечность, пробный замес.*

Abstract

Concrete in hydraulic structures is exposed to hydrostatic pressure, cyclic wetting, thermal gradients, freezing and thawing, abrasive flows, and chemically aggressive water. A single mixture cannot meet every element's requirements equally well. The applicable Uzbek design code for concrete dams provides the national framework. This article examines mixture selection for mass concrete, flow-facing surfaces, and heavily reinforced sections through an analytical reading of engineering guidance and test standards. Aggregate properties, water to binder ratio, hydration heat, workability, air entrainment, curing, and exposure-specific testing are considered together. A decision sequence is proposed in which exposure and constructability constraints first screen candidate mixtures, followed by trial batches and relevant performance tests. No new laboratory specimens or site-specific mix proportions were generated. The resulting framework is intended for adaptation to locally available materials and the design requirements of a particular structure.

Keywords: *hydraulic concrete, mixture proportioning, water to binder ratio, mass concrete, durability, trial batch.*

Kirish

O‘zbekiston sharoitida savol faqat umumiy beton texnologiyasi bilan cheklanmaydi. SHNQ 2.06.06-23 beton to‘g‘onning ish sharoitiga ko‘ra zonalarini ajratadi va siqilish, suv o‘tkazmaslik, sovuqqa bardoshlik, suvning zararli ta’siri, oqimdagi muallaq zarralar hamda qotish issiqligi bo‘yicha tegishli talablarni zonaga bog‘laydi. Umumiy gidrotexnika me’yori esa joyning iqlimiy, geologik, gidrologik va seysmik sharoitini loyihada hisobga olishni belgilaydi. Shuning uchun maqoladagi maqbul tarkib O‘zbekistondagi muayyan elementning zonasi va mahalliy material sinovlariga nisbatan talqin qilinadi [1,2].

Gidrotexnika betonining vazifasi oddiy siqilish yukini qabul qilish bilan tugamaydi. Inshootning suv bilan tutash yuzasi oqimning zarbasi va abraziv zarrachalar ta’sirida bo‘lishi, massiv tanasi esa gidratatsiya vaqtida ichki haroratni

tashqi yuzaga nisbatan uzoq saqlashi mumkin. Past bosimli qirg‘oq devori, yuqori bosimli suv o‘tkazgich va katta hajmli to‘g‘on bloki uchun bir xil tarkibni tavsiya etish shu farqlarni yashiradi. Material xossalari, kesim geometriyasi, qurilish usuli va ekspluatatsiya ssenariysi bir qaror tizimida ko‘rilishi kerak [5,6].

Maqolaning maqsadi gidrotexnika elementlarining xizmat muhiti bo‘yicha beton tarkibini asoslashda qo‘llanadigan muhandislik mantiqini tizimlashtirishdir. Asosiy savol quyidagicha qo‘yildi: mahalliy materiallar hali sinovdan o‘tmagan paytda ham qaysi talablar retseptlarni dastlabki saralashga yordam beradi va qaysi natijani faqat laboratoriya hamda ishlab chiqarish sinovi tasdiqlay oladi? Bunda aniq to‘g‘onning markasi, iqlimi yoki tannarxi to‘g‘risida ma’lumot taxmin qilinmaydi.

Materiallar va usullar

Manbalar iyerarxiyasida O‘zbekistonda amal qiluvchi SHNQ 2.06.06-23 va SHNQ 2.06.01-24 loyiha talablarini aniqlash uchun birinchi o‘ringa qo‘yildi; O‘RQ-865-son Qonun inshoot xavfsizligi doirasini belgilaydi [1–3]. Xorijiy ACI, USACE, USBR va ASTM manbalari esa tarkib tanlashning fizik sabablari va sinovlarning talqinini yoritish uchun qiyoslandi. Ulardagi toifa, chegara va sinov tartibi mahalliy me’yor o‘rniga avtomatik qo‘llanmaydi. Muayyan loyiha uchun karyer, sement, suv va qo‘shimcha pasporti olinmagani bois bu ish O‘zbekiston materiallarining tajribaviy mosligini da’vo qilmaydi.

Ish 2026-yil 11-oktabrgacha e’lon qilingan hujjatlarning maqsadli, tizimli bo‘lmagan tahliliy sharhidir. Qidiruv Lex.uz va Qurilish vazirligi hujjatlari, USACE, USBR, ACI, ASTM hamda ilmiy jurnal nashriyotchilarining rasmiy sahifalarida «SHNQ 2.06.06-23 beton zonalari», «mass concrete hydration thermal cracking», «hydraulic concrete mix durability» va «Pskem roller compacted concrete thermal» iboralari bilan bajarildi. Manba loyiha yoki sinovga bevosita aloqadorligi, muallifi va versiyasi tekshirilishi, birlamchi normativ yoxud tadqiqot nashri bo‘lishi bo‘yicha tanlandi. Faqat reklamaviy retseptlar va tekshirib bo‘lmaydigan materiallar kiritilmadi; qidiruv to‘liq bibliometrik qamrovni da’vo qilmaydi. Har bir manba «majburiy mahalliy talab», «xorijiy uslubiy izoh», «sinovning doirasi» yoki «mintaqaviy tadqiqot» sifatida kodlandi. Shu tasnif natijalar manbasini va tavsiya kuchini ajratadi. [1,2,4]

Manbalar to‘rt savol bo‘yicha o‘qildi: element qanday muhitda ishlaydi; tarkibning qaysi parametri ta’sirga sezgir; parametrni qaysi sinov bilan tekshirish mumkin; bir ko‘rsatkichni yaxshilash boshqa ko‘rsatkichga qanday yuk bo‘ladi? Siqilish mustahkamligi, elektr o‘tkazuvchanlikka asoslangan xlorid sinovi, alkali-kremnezem reaksiyasiga doir tezlashtirilgan sinov va muzlash-erishga chidamlilik standartlari natijaning ma’nosi nuqtayi nazaridan ajratildi [11–14].

Ushbu maqolada miqdoriy meta-tahlil, laboratoriya qorishmalari, narxlar bazasi yoki mavjud inshoot monitoringi ishlatilmagan. «Natijalar» bo‘limi tekshirilgan manbalardan chiqarilgan taqqoslash va qaror sxemasini bildiradi. Tarkibiy qismlarning massa sarfi, ruxsat etilgan suv-bog‘lovchi nisbat va mustahkamlik sinfi loyiha sharoiti va amaldagi me’yorlarga qarab alohida aniqlanishi lozim.

Natijalar

O‘zbekiston me’yorlari va mahalliy materialga moslashtirish

SHNQ 2.06.06-23 ning 19-bandi va 2-jadvali zonalar bo‘yicha talablarni ajratadi; 21–22-bandlar esa haqiqiy ish sharoiti va qabul yoshini hisobga olishni talab qiladi. Bu sinov dasturini umumiy «beton markasi»dan real element vazifasiga o‘tkazadi. Masalan, suv sathi almashinadigan sirt uchun suv o‘tkazmaslik va hududda mavjud bo‘lsa sovuq ta’siri, tez oqimli tashlagich uchun esa muallaq zarra va kavitatsiya xavfi alohida tekshiriladi. Ichki massiv qismda gidratatsiya issiqligi va yoriqning konstruktiv oqibati ko‘proq og‘irlik oladi. Me’yorning zonalar jadvali tajriba qorishmasining natijasini tayyor dozaga aylantirmaydi; u qaysi xossani tasdiqlash kerakligini belgilaydi [1].

O‘zbekiston hududidagi loyiha uchun zarur boshlang‘ich paket sement va mineral qo‘shimchaning haqiqiy partiya ko‘rsatkichlari, qum-shag‘al manbaining gradatsiyasi va petrografiyasi, aralashtirish hamda aloqa qiluvchi suv kimyosi, yotqizish davridagi harorat va logistika ma’lumotlaridan iborat. Sulfatli suv, sovuq mavsum yoki yuqori abraziv yuk aynan qaysi obyektga tegishli ekanini mahalliy o‘lchovsiz taxmin qilish mumkin emas. Bir karyerning laboratoriyadagi muvaffaqiyatli namunasini boshqa kon qatlamiga ko‘chirish ham yangi verifikatsiya talab qiladi [1,2].

Pskem GES hududi iqlimiga mos sharoitda kam sementli zichlab yotqiziladigan beton to‘g‘on variantining termik holatini sonli modellashtirgan Aniskin va Shaytanov ishlari [4] hududiy dalildir. Unda boshlang‘ich aralashma harorati, qatlam qalinligi, ish boshlash mavsumi va issiqlik ajralishi natijaga ta’sir etishi tahlil qilingan. Bu muayyan variant uchun hisobiy tajriba bo‘lib, O‘zbekistonning barcha karyerlari uchun tarkib retseptini ham, ushbu maqolada bajarilgan laboratoriya sinovini ham anglatmaydi. U tanlov matriksasiga «joylashtirish va termik rejim» ustunini kiritish sababini kuchaytiradi.

Xizmat muhiti tarkib tanlovining boshlang‘ich nuqtasi

Manbalarda gidrotexnika elementlari uchun birinchi ajratish «beton» va «beton emas» chegarasida emas, aynan ta’sir zonasida bajariladi. Doimiy suv ostidagi massiv qism, suv sathi almashinadigan qirg‘oq yuzasi va tez oqimli suv yo‘li har xil buzilish mexanizmlariga duch keladi. Muzlash-erish davri faqat to‘yingan va

sovuqqa uchraydigan yuzada, xlorid ta’siri esa tegishli muhit mavjud bo‘lganda hal qiluvchi mezon bo‘ladi. Loyiha topshirig‘i har bir zona uchun ta’sirlar xaritasini tuzmasa, aralashma ko‘rsatkichlariga qo‘yilgan talablar tasodifiy yig‘indiga aylanadi [5,8].

Ta’sirlar xaritasida konstruksiya kesimi va qurilish usuli ham qayd etiladi. Ommaviy blokning qalinligi ichki haroratni saqlab qoladi; zich armaturalangan suv o‘tkazgich qobig‘ida esa qorishma oqishi va vibratsiya uchun yetarli joy asosiy masala bo‘ladi. Oqim sirtida lokal kavernalar, ishchi chok yoki yomon pardoz gidravlik notekislik yaratishi mumkin. Material sifatini loyihalashda faqat beton tarkibi emas, choklar, yotqizish va parvarish sifati ham natijani belgilaydi [5,7,10].

1-jadval. Beton elementlari uchun ustuvor tekshiruv savollari

Element	Asosiy ta’sir	Tarkib va bajarishdagi e’tibor
Massiv to‘g‘on bloki	Gidratatsiya issiqligi va termik gradient	Bog‘lovchi tizimi, bloklash, yotqizish harorati va parvarish [5,7]
Suv sathi almashinadigan yuza	Namlanish-qurish va ehtimoliy muzlash	Ta’sirga mos g‘ovaklik, havo tizimi va sirt parvarishi [8,14]
Tez oqimli kanal yoki tashlagich	Oqim, abraziv zarra va lokal notekislik	Sirt zichligi, agregat, chok va gidravlik geometriya [10]
Zich armaturalangan qism	Joylashtirish va transport ta’siri	Donaning yirikligi, ishlovchanlik, zichlash va himoya qatlami [5,6,8]

Izoh. Jadval dozani emas, sinov va loyiha ustuvorligini bildiradi.

To‘ldirgich va bog‘lovchi tizimining roli

Qum va shag‘alning granulometrik tarkibi sement xamiri talabini, zichlash qobiliyatini va qorishma ajralishiga moyillikni o‘zgartiradi. Yaxshi gradatsiya har doim bitta maksimal yiriklik bilan ifodalanmaydi: armatura oralig‘i va nasos orqali uzatish geometriyasi yirik fraksiyani cheklashi mumkin. Yirik donalarni faqat sement sarfini kamaytirish uchun kattalashtirish, agar ular qolip ichida to‘planib qolsa, betonning uzluksizligini buzadi. Mahalliy karyer materiali petrografiya, iflos aralashmalar, mustahkamlik va reaktivlik nuqtayi nazaridan tekshiriladi [5,6].

Bog‘lovchi tanlovi ommaviy beton uchun ayniqsa nozik. Gidratatsiya issiqligini kamaytirish, keyingi yoshdagi mustahkamlikni rivojlantirish va agressiv muhitga moslashish bir vaqtning o‘zida baholanadi. Mineral qo‘shimchalar sementning ma’lum qismini almashtirib issiqlik rejimi va g‘ovak tuzilmasiga ta’sir qilishi mumkin, ammo ularning samarasi manba sifati, doza, qotish harorati va parvarishga bog‘liq. «Qo‘shimcha mavjud» degan faktning o‘zi kerakli

chidamlilikni isbotlamaydi; maqsadli material kombinatsiyasi sinovdan o‘tkaziladi [5,7,8].

Suv miqdori ishlovchanlik va zichlik

Suv-bog‘lovchi nisbati g‘ovaklik va mustahkamlikka ta’sir qiladigan muhim boshqariluvchi ko‘rsatkichdir. Biroq quruq, yomon yotqizilgan qorishma kerakli zichlikka erishmasa, nisbatni pasaytirishning foydasi kamayadi. ACI 211.1 dastlabki tarkibni hisoblash, namlikni hisobga olish va sinov qorishmasiga qarab nisbatni tuzatish tartibini beradi. Demak retsept jadvali nazariy boshlang‘ich nuqta, qurilish maydoniga tayyor yakuniy aralashma emas [6].

To‘ldirgichdagi haqiqiy namlik boshqarilmasa, laboratoriyada tanlangan erkin suv hajmi aralashtirgichda o‘zgarib ketadi. Qum namligidagi mavsumiy siljish bir xil «nominal» retseptning slumpi, ajralishi va yakuniy mustahkamligini o‘zgartiradi. Batching jarayonida namlikni o‘lchash, materiallar tarozisini tekshirish va har partiya uchun tuzatma kiritish shuning uchun optimallashtirishning tarkibiy qismidir. Laboratoriyada yutgan sinov qorishmasi ishlab chiqarishda qaytarilmasa, optimal natija amalda mavjud emas [5,6].

Ommaviy beton issiqligi va yoriqlar

Massiv inshootdagi muammo har doim eng katta pik haroratning o‘zi emas; markaz va tashqi qatlam o‘rtasidagi vaqtga bog‘liq harorat farqi, cheklangan deformatsiya va betonning yoshga bog‘liq mustahkamligi birga yoriqni belgilaydi. ACI 207.1 material tanlashni sovitish, bloklash, yotqizish ketma-ketligi va parvarish bilan bog‘laydi. Tarkibni o‘zgartirish issiqlik xavfini kamaytirishi mumkin, lekin butun termik rejasiz xavfsizlik kafolatlanmaydi [7].

Zichlab yotqiziladigan beton, odatdagi quyma beton bilan bir xil ishlovchanlik mezonida tekshirilmaydi. RCC uchun uskunaning zichlash quvvati, qatlam qalinligi va qatlamlar orasidagi bog‘lanish hal qiluvchi bo‘ladi; yetarli zichlanmagan qatlam ko‘ndalang filtratsiya yo‘liga aylanishi mumkin. Reclamation qo‘llanmasi uning loyihasi va qurilish nazoratini bir tizim sifatida ko‘radi. Bir texnologiya uchun tanlangan aralashmani boshqa yotqizish usuliga faqat nomi «beton» bo‘lgani uchun ko‘chirish asosli emas [9].

2-jadval. Beton xossasidagi murosalar

O‘zgarish	Kutiladigan foyda	Tekshirilishi kerak bo‘lgan cheklov
Suv-bog‘lovchi nisbatini pasaytirish	Zichroq xamirga intilish	Zichlash, bo‘shliq va ishlovchanlik [6,8]
Bog‘lovchini almashtirish	Issiqlik va keyingi yoshdagi xossalarni boshqarish	Erta mustahkamlik, parvarish va mahalliy reaktivlik [7,13]

O‘zgarish	Kutiladigan foyda	Tekshirilishi kerak bo‘lgan cheklov
Yirik to‘ldirgich ulushini oshirish	Xamir hajmini cheklash imkoniyati	Armatura orasidan o‘tish va segregatsiya [5,6]
RCCga o‘tish	Qatlamli tez qurilish imkoniyati	Zichlash va qatlamlararo bog‘lanish [9]

Izoh. Har bir foyda loyiha va materialga bog‘liq; bir satr yakuniy tavsiya emas.

Suv oqimi bilan tutash sirtlar

Toshqin tashlagich va suv energiyasini so‘ndirish hovuzidagi yuzada mexanik puxtalikdan tashqari sirtning uzluksizligi muhim. Reclamationning oqim keltirib chiqaradigan shikastlanishlar haqidagi tadqiqoti beton material sinovini gidravlik sharoit bilan birga o‘rganadi. Bu yondashuv oqim tezligi yoki bosimning o‘zi bilan beton «marka»sini tenglashtirmaslik kerakligini ko‘rsatadi. Lokal notekislik, birikish choklari va havo bilan boyitish kabi gidravlik tafsilotlar aralashma xossalari bilan birgalikda loyihalanadi [10].

Abraziv zarrachalar bor oqimda to‘ldirgichning qattiqligi, sirt qatlamining zichligi va yakuniy ishlov sifati ahamiyat kasb etadi. Siqilish mustahkamligi foydali nazorat belgisi bo‘lsa-da, u har bir suv zarbasi, qattiq zarracha yoki kavitasiyaga chidamlilikni yolg‘iz ifodalamaydi. ASTM C39 siqilish namunasi ma’lum sinov tartibidagi xossani ko‘rsatadi; yuzaning gidravlik shikastlanishini to‘liq bashorat qilish uchun xizmat mexanizmiga mos qo‘shimcha baho kerak [10,11].

Nomzod tarkiblarni tekshirish tartibi

Adabiyotlar qiyosi bir necha bosqichli saralashni taklif qiladi. Dastlab loyiha elementi uchun ustuvor ta’sirlar va talab etilgan yotqizish usuli yoziladi; keyin to‘ldirgich hamda bog‘lovchi kombinatsiyasi kimyoviy va geometrik cheklovlardan o‘tkaziladi. Keyingi bosqichda bir necha nomzod aralashma tayyorlanib yangi qorishmaning ishlovchanligi, havo miqdori va ajralishi tekshiriladi. Qotgan namunalarda mustahkamlik va aynan o‘sha elementga tegishli chidamlilik belgisi o‘lchanadi [5,6,8].

Nomzodlarni reytinglashda avval «majburiy o‘tish» mezonlari tekshiriladi: xavfli reaksiyaga yo‘l qo‘ymaslik, belgilangan mexanik talab va konstruksiyani bo‘shliqsiz to‘ldirish. Shundan keyingina sement sarfi, joylashtirish qulayligi, tashish masofasi yoki xizmat davomida ehtimoliy ta’mirlash kabi ko‘rsatkichlar solishtiriladi. Bir mezonning juda yaxshi qiymati boshqa xavfsizlik talabidagi muvaffaqiyatsizlikni «o‘rtacha ball» bilan yopib yubormasligi kerak. Vaznlarni tanlash loyiha guruhining aniq qarori bo‘ladi, ushbu maqolada ularga o‘ylab topilgan son biriktirilmaydi.

3-jadval. Sinovlar va ularning talqin chegarasi

Sinov	Bevosita baholanadigan xossa	Yolg‘iz o‘zi isbotlamaydigan narsa
ASTM C39 [11]	Silindr namunaning siqilish mustahkamligi	Oqimdagi abraziv yoki kavitatsion chidamlilik
ASTM C1202 [12]	Elektr o‘tkazuvchanlikka bog‘liq zaryad	Real konstruksiyaning yoriq bilan transport muddati
ASTM C1567 [13]	Materiallar kombinatsiyasining tezlashtirilgan kengayishi	Barcha karyer qatlamlarining doimiy mosligi
ASTM C666 [14]	Tez muzlash-erish sinovidagi javob	Inshootning tayyor xizmat muddati

Izoh. Sinovlar mos ta’sir uchun loyiha mezonlari bilan birga tanlanadi.

Chegaraviy sharoitlar va sinov dasturini bog‘lash

Namuna natijalarini izohlashda beton qaysi yoshida sinovdan o‘tgani, qanday nam muhitda saqlangani va ishlab chiqarishdagi real parvarish bilan qanchalik mosligi yozilishi zarur. Ayrim mineral qo‘shimchali tizimlar boshlang‘ich va keyingi yoshlarda turlicha mustahkamlik o‘sishini ko‘rsatishi mumkin. Agar blokka tez yuk berilsa, faqat uzoq muddatli mustahkamlik yetmaydi; agar asosiy xizmat muddati uzoq bo‘lsa, faqat erta yoshdagi yutuq ham yetarli bo‘lmaydi. Sinov jadvali qurilish sikli va keyingi ekspluatatsiya vazifasiga mos bo‘lishi kerak [5–8].

Laboratoriya natijasini inshootga ko‘chirish

Shu sabab yakuniy tasdiq xulosasi uch qatlamli bo‘lishi foydali: materiallar va sinov aralashmalarining dalili, maydon yotqizish sinovining dalili, so‘ng oddiy ishlab chiqarish nazoratining dalili. Birinchi bosqichda kimyoviy va mexanik moslik; ikkinchisida ko‘chirish, joylashtirish va parvarish; uchinchisida partiyalararo takrorlanish ko‘riladi. Har bosqich keyingisini cheklaydi. Bu yondashuvni «optimal» deb faqat izchil dalil yig‘ilgandan keyin atash mumkin, retsept jadvali e’lon qilingan zahoti emas.

Taklif etilgan qaror mezoni va tekshiriladigan chiqish

Ushbu sharhning mualliflik sintezi ikki bosqichli tanlash tartibidir. Birinchi bosqichda har bir beton zona uchun me’yoriy majburiy mezonlar, atrof-muhit ta’siri va yotqizish usuli yoziladi; istalgan majburiy mezonni bajarmagan nomzod iqtisodiy ball bilan qutqarilmaydi. Ikkinchi bosqichda qolgan nomzodlar sinovdan o‘tgan bir xil sharoitda issiqlik/yoriq xavfi, ishlovchanlik va zichlash barqarorligi, tegishli chidamlilik natijasi hamda tashish-qurish-xizmat xarajati bo‘yicha qiyoslanadi.

Og‘irliklarni loyiha guruhi oldindan belgilaydi va o‘zgartirish sababini qayd qiladi; bu maqola og‘irliklar yoki optimal dozani son bilan belgilamaydi [1,6–8].

Har bir nomzod bo‘yicha chiqish varag‘i «manba va partiya; zona; sinov yoshi; suv-bog‘lovchi nisbat; agregat gradatsiyasi; harorat rejimi; ishlovchanlik/zichlash usuli; mustahkamlik va tegishli chidamlilik sinovi; tajriba partiyasidan ishlab chiqarish partiyasiga o‘tish sharti» maydonlarini o‘z ichiga oladi. Bir xil retseptning material manbai yoki yotqizish texnologiyasi o‘zgarsa, oldingi baho avtomatik saqlanmaydi. Bunday varaq keyingi loyiha uchun takrorlanadigan protokol taklifidir; uning natijaviy ustunligi bu maqolada tajriba bilan tasdiqlanmagan [1,5,6].

4-jadval. Tarkib tanlashning tekshiriladigan qaror varag‘i

Bosqich	Kiritiladigan dalil	Qaror va qayta tekshirish sharti
Majburiy saralash	Zona, SHNQ 2.06.06-23 ning 19–22-bandlari, ta’sir va sinov yoshi [1]	Mezondan o‘tmagan nomzod chiqariladi; sinf o‘zgarsa qayta baholanadi
Material va qurilish	Partiya, gradatsiya, namlik, yotqizish va termik rejim [4–6]	Tajriba partiyasi va maydon sinovi bilan takrorlanuvchanlik tekshiriladi
Muqobillar qiyosi	Tegishli chidamlilik sinovi, issiqlik, bajarilish va xarajat [7,8,11–14]	Faqat mos nomzodlar qiyoslanadi; vaznlar oldindan yoziladi

Izoh. Jadval to‘ldirilmagan holda tayyor retsept yoki sertifikat emas.

Muhokama

Mahalliy hujjatni bibliografiyaga qo‘shishning o‘zi yetmaydi: u qaror chegarasini o‘zgartirishi kerak. Shu bois xorijiy ASTM sinovlari maqolada xossani taqqoslash vositasi sifatida keltirildi, O‘zbekiston loyihasida qaysi sinovning huquqiy qabul tartibi amal qilishi esa shartnoma, amaldagi SHNQ va tasdiqlangan loyiha hujjatlari bilan tekshiriladi. SHNQ 2.06.06-23 ning beton zonalari bo‘yicha talablari boshqa davlat qo‘llanmasidagi tavsiya bilan bir xil deb taxmin qilinmaydi [1,2].

Yana bir cheklov shuki, laboratoriya namunasi katta beton blokning termik tarixini yoki real suv oqimining murakkabligini to‘la qaytarmaydi. Kichik namunada yaxshi ko‘ringan material uchun sinov qo‘yilishi, ishlab chiqarish partiyasi va maydon sharoitini kuzatish talab qilinadi. Katta o‘lchamli yoki pilot yotqizishdan olingan ma’lumotlar keyingi optimallashtirishni ishonchliroq qiladi. Bunday dalillar mavjud bo‘lmagan maqola «tayyor retsept» emas, tekshiriladigan ishchi gipotezalarni beradi.

Xulosa

Gidrotexnika inshootlarida beton tarkibi elementning suv, harorat, kimyoviy muhit va gidravlik oqim bilan aloqasi asosida tanlanadi. Ommaviy qismda termik yoriq xavfi, armaturalangan qismda joylashtirish va transport xossalari, oqim bilan tutash sirtlarda esa yotqizish hamda sirt yaxlitligi alohida ustuvor bo‘ladi [5,7,8,10].

Suv-bog‘lovchi nisbatini, bog‘lovchi tizimini va to‘ldirgich gradatsiyasini alohida «mo‘jizaviy» raqamga keltirib bo‘lmaydi. Mos retsept sinov qorishmalari, xavfga tegishli chidamlilik sinovlari, ishlab chiqarish namligi va qurilish nazorati bilan tasdiqlanadi. Maqoladagi saralash tartibi muhandislik qarorini tayyorlashga yordam beradi; aniq obyekt uchun yakuniy tarkibni faqat mahalliy materiallarda sinab va loyiha me’yorlariga solishtirib qabul qilish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. SHNQ 2.06.06-23. Beton va temir-beton to‘g‘onlar [Elektron resurs] : shaharsozlik normalari va qoidalari : O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 09.08.2024 yildagi 01/2-52-son buyrug‘i bilan tasdiqlangan. – Toshkent, 2024. – URL: https://lex.uz/docs/-7645636

2. SHNQ 2.06.01-24. Gidrotexnika inshootlari [Elektron resurs] : shaharsozlik normalari va qoidalari : O‘zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 22.10.2024 yildagi 01/2-80-son buyrug‘i bilan tasdiqlangan. – Toshkent, 2024. – URL: https://lex.uz/docs/-7220224

3. Gidrotexnika inshootlarining xavfsizligi to‘g‘risida [Elektron resurs] : O‘zbekiston Respublikasining 30.08.2023 yildagi O‘RQ-865-son Qonuni. – Toshkent, 2023. – URL: https://lex.uz/docs/-6588801

4. Aniskin N. A., Shaytanov A. M. Optimization of the Temperature and Thermo-Stressed State of a Concrete Dam Constructed from Particularly Lean Roller-Compacted Concrete // Buildings. – 2023. – Vol. 13, no. 4. – Art. 914. – DOI: 10.3390/buildings13040914.

5. Standard Practice for Concrete for Civil Works Structures [Elektron resurs] : engineer manual EM 1110-2-2000 / U.S. Army Corps of Engineers. – Washington (DC) : U.S. Army Corps of Engineers, 2001. – URL: https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-2000.pdf

6. Selecting Proportions for Normal-Density and High-Density Concrete [Elektron resurs] : guide ACI PRC-211.1-22 / American Concrete Institute. – Farmington Hills (MI) : American Concrete Institute, 2022. – URL: https://www.concrete.org/store/productdetail?ItemID=211122&Language=English&Units=US_Units

7. Mass Concrete [Elektron resurs] : guide ACI PRC-207.1-21 / American Concrete Institute. – Farmington Hills (MI) : American Concrete Institute, 2022. – URL: https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=207121&Language=English&Units=US_Units

8. Durable Concrete [Elektron resurs] : guide ACI PRC-201.2-23 / American Concrete Institute. – Farmington Hills (MI) : American Concrete Institute, 2023. – URL: https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?Format=PROTECTED_PDF&ItemID=201223&Language=English&Units=US_AND_METRIC

9. Roller-Compacted Concrete: Design and Construction Considerations for Hydraulic Structures [Elektron resurs] / Bureau of Reclamation. – Denver (CO) : Bureau of Reclamation, 2017. – URL: https://usbr.gov/tsc/techreferences/mands/mands-pdfs/RCCManualFinal09-2017-508.pdf

10. Hydraulic Concrete Surfaces for Water Resource Structures: Continued Collaboration [Elektron resurs] : research report HL-2023-05 / Bureau of Reclamation. – Denver (CO) : Bureau of Reclamation, 2023. – URL: https://data.usbr.gov/catalog/7995/item/128612

11. ASTM C39/C39M-26. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens [Elektron resurs] / ASTM International. – West Conshohocken (PA) : ASTM International, 2026. – URL: https://store.astm.org/standards/c39_c39m

12. ASTM C1202-25. Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete’s Ability to Resist Chloride Ion Penetration [Elektron resurs] / ASTM International. – West Conshohocken (PA) : ASTM International, 2025. – URL: https://store.astm.org/standards/c1202

13. ASTM C1567-25. Standard Test Method for Determining the Potential Alkali-Silica Reactivity of Combinations of Cementitious Materials and Aggregate [Elektron resurs] / ASTM International. – West Conshohocken (PA) : ASTM International, 2025. – URL: https://store.astm.org/c1567-25.html

14. ASTM C666/C666M-26. Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing [Elektron resurs] / ASTM International. – West Conshohocken (PA) : ASTM International, 2026. – URL: https://store.astm.org/c0666_c0666m-26.html