

Инженерлик-геологик тадқиқотларнинг замонавий усуллари ва уларни йўл қурилишида қўллаш

Иномжон Ганиев
Дилрабо Қосимова
Достон Ғуломов
Дилдора Равшанова
Ахаджон Мўминов
Жиззах политехника институти

Аннотация: Ушбу мақолада замонавий инженерлик-геологик тадқиқот усуллари, уларнинг имкониятлари ва йўл қурилишидаги аҳамияти таҳлил қилинган. Георадар, сейсмометрик, бурғилаш ва лаборатория таҳлиллари каби технологиялар мисолида янги объектлар учун геологик тавсифлаш усуллари кўриб чиқилган. Муаллиф йўл қурилишидаги хатарларни камайтириш ва асосни аниқ баҳолаш учун комплекс ёндашувни тавсия этади.

Калит сўзлар: инженерлик геологияси, георадар, сейсмометрия, бурғилаш, йўл қурилиши

Modern methods of engineering-geological investigations and their application in road construction

Inomjon Ganiev
Dilrabo Kasimova
Doston Ghulamov
Dildora Ravshanova
Akhadjon Mominov
Jizzakh Polytechnic Institute

Abstract: This article analyzes modern methods of engineering-geological investigations, their capabilities, and their significance in road construction. Methods such as ground-penetrating radar, seismometry, drilling, and laboratory analysis are examined for characterizing new construction sites. The author recommends a comprehensive approach to reduce risks and accurately assess the foundation for road construction.

Keywords: engineering geology, ground-penetrating radar, seismometry, drilling, road construction

Кириш

Ҳар қандай йўл қурилиши лойиҳасининг муваффақиятли ва барқарор амалга оширилиши, аввало, қурилиш майдонидаги пойдевор асосларининг муҳандислик-геологик ҳолатини холис ва комплекс баҳолашга боғлиқдир. Қурилиш жараёнида юзага келиши мумкин бўлган геотехник муаммоларни олдиндан аниқлаш ва уларни илмий ечимлар асосида бартараф этиш фақатгина замонавий инженерлик-геологик тадқиқотлар орқали мумкин бўлади. Ушбу тадқиқотлар қурилишдан олдинги босқичда амалга оширилиб, ер таги структурасининг тузилиши, тупроқ қатламларининг физик-механик хусусиятлари, ер ости сувлари тарғиботи ва турли геологик хатарларни тўлиқ қамраб олади.

Сўнгги йилларда геология ва геотехника соҳаларида рўй бераётган илмий-техник тараққиёт инженерлик-геологик таҳлил усулларини мутлақо янги босқичга олиб чиқмоқда. Айниқса, узоқ масофаларни қамраб олувчи транспорт инфратузилма лойиҳаларида ер таги ҳақида аниқ, тезкор ва кенг қамровли маълумотлар олиш талабларининг ортиши, замонавий технологиялар - георадар, сейсмометрия, геоэлектрик томография, бурғилаш скважиналари ва геотехник моделлаштириш каби илғор методларнинг амалиётда кенг жорий этилишига туртки бермоқда.

Шунингдек, йўл қурилиши лойиҳаларини сифатли лойиҳалаш ва хавфсиз қурилиш ишларини таъминлашда, геотехник тадқиқотлар асосида шаклланган маълумотлар - муҳандислик ечимларининг асосий омилларидан бири ҳисобланади. Тупроқ муҳитидаги ҳар қандай ноаниқликлар ёки хатарли геологик шароитлар ўз вақтида аниқланмаса, келгусида йўл қопламаларида чўкиш, ёрилиш, ёки кўчкилар каби турли иншоот бузилишларига олиб келиши мумкин.

Инженерлик-геологик тадқиқотларнинг мақсади ва аҳамияти

Инженерлик-геологик тадқиқотлар ҳар қандай қурилиш лойиҳасининг асосий босқичларидан бири ҳисобланади. Уларнинг асосий мақсади - қурилиш объекти жойлаштирилаётган ҳудуднинг геологик, гидрогеологик, геофизик ва геомеханик хусусиятларини чуқур ва комплекс ўрганишдир. Ушбу тадқиқотлар ёрдамида ер таги тузилмасининг морфологияси, тупроқ қатламларининг минерал таркиби, зичлиги ва мустаҳкамлик параметрлари, ер ости сувларининг сатҳи, ҳаракат динамикаси, кимёвий таркиби ҳамда потенциал геологик хатарлар (кўчкилар, чўкишлар, фаол тектоник жараёнлар ва ҳ.к.) аниқланади.

Йўл қурилиши каби кенг миқёсли инфратузилма лойиҳаларида мазкур тадқиқотларнинг аҳамияти бекиёсдир. Айниқса, геологик жиҳатдан ноқулай, нотекширилган ёки топографияси ўта мураккаб бўлган ҳудудларда инженерлик-геологик таҳлиллар қурилишнинг техник хавфсизлиги ва иқтисодий самарадорлигини таъминлашда ҳал қилувчи роль ўйнайди. Агар бундай

тадқиқотлар тўлиқ амалга оширилмаса, лойиҳа жараёнида етарлича маълумот етишмаслиги сабабли қатор хатоларга йўл қўйилиши, ўз навбатида, келгусида юзага келиши мумкин бўлган техник носозликларга олиб келиши мумкин.

Муҳим жиҳат шундаки, замонавий инженерлик-геологик тадқиқотлар на фақат қурилиш учун хавфсиз пойдевор қаватларини аниқлаш, балки табиий ресурслардан оқилона фойдаланиш, қурилиш материалларини тўғри танлаш, харажатларни оптималлаштириш ва лойиҳани экологик жиҳатдан хавфсиз амалга ошириш имконини ҳам беради. Шу боис, ҳар қандай йўл-қурилиш лойиҳаси олдидан юқори сифатли ва илмий асосланган инженерлик-геологик тадқиқотлар ўтказилиши шарт.

Замонавий усуллар ва технологиялар

Георадар тадқиқотлари (GPR - Ground Penetrating Radar)

Георадар - ер тагидаги структуралар, инженерлик коммуникациялари, қоя қатламлари, ер ости сув сатҳлари ва бошқа табиий ёки сунъий объектларни аниқлаш ва таҳлил қилиш учун мўлжалланган замонавий ноинвазив геофизик усул ҳисобланади. Бу технология электромагнит радиотўлқинларининг юқори частотадаги импульслари орқали ер қатламларига йўналтирилади ва турли материаллар билан учрашганда уларнинг акс этган сигналлари қабул қилиб таҳлил қилинади.

Георадар тадқиқотлари муҳандислик-геологик изланишларда, айниқса, йўл қурилиши каби юқори аниқлик талаб қилинадиган лойиҳаларда жуда катта аҳамиятга эга. У ер таги структураларини бузмасдан (яъни бурғилашсиз ёки ер остига кирмасдан) таҳлил қилиш имконини беради. Бу эса қурилиш ишларини тўхтатмасдан таҳлилларни олиб бориш имкониятини яратади.

Ушбу усулнинг асосий афзалликлари қуйидагилардан иборат:

- Юқори аниқлик: сантиметр даражасида деталлаштирилган маълумотлар олиниши мумкин;
- Тезкорлик: катта майдонлар қисқа вақт ичида тадқиқ қилинади;
- Реал вақтда таҳлил: маълумотлар қурилма орқали бир вақтнинг ўзида олиниб, визуализация қилинади;
- Экологик хавфсизлик: радиотўлқинлар инсон ва табиат учун зарарсиз ҳисобланади;
- Ишлаш қулайлиги: портатив қурилмалар орқали ҳар хил мураккаб топография шароитида ҳам фойдаланиш мумкин.

Йўл қурилиши жараёнларида GPR технологияси ёрдамида тупроқ қатламларининг товушсиз бузилишларини, чўкиш ҳосил қилувчи бўшлиқларни, қадимий иншоот қолдиқларини, намлик даражасини ёки сув сатҳларини аниқлаш, ҳамда пойдевор мустаҳкамлигини баҳолаш мумкин бўлади. Шу

сабабли георадар тадқиқотлари замонавий муҳандислик-геологик тадқиқотларнинг ажралмас қисми сифатида кенг қўлланилмоқда.

Геофизик тадқиқотлар (сейсмометрия, электротомография)

Геофизик тадқиқотлар - ер таги структураларининг физик хусусиятларини масофадан аниқлаш ва таҳлил қилишга қаратилган ноинвазив усуллар мажмуасидир. Йўл қурилиши жараёнида, айниқса, пойдевор ҳолатини баҳолаш, геологик хавфларни аниқлаш ва конструкцияларнинг мустаҳкамлигини таъминлашда сейсмометрия ва электротомография усуллари алоҳида аҳамиятга эга.

Сейсмометрия - сунъий ёки табиий равишда юзага келтирилган сейсмик тўлқинларнинг турли геологик қатламлар орқали тарқалишини таҳлил қилишга асосланган. Бу усул ёрдамида:

- тупроқ ва тоғ жинсларининг зичлиги;
- мустаҳкамлик параметрлари;
- қатламлар чегаралари;
- чўкиш ёки бўшлиқ мавжудлиги каби омиллар аниқланади.

Электротомография (ERT - Electrical Resistivity Tomography) эса ер тагига электр токи узатиш ва қайтар сигналларни қабул қилиш орқали геомассаларнинг электр қаршилигини аниқлашга асосланади. Турли жинслар ҳар хил ток ўтказувчанликка эга бўлгани сабабли, бу усул:

- ўтказувчанлик даражасини;
- намлик миқдорини;
- ер ости сувлари сатҳини;
- мустаҳкам жинслар билан бўш структураларни ажратиш имконини беради.

Ушбу геофизик усуллар нафақат юқори аниқликда маълумот бериш, балки кенг майдонларда тезкор тадқиқот олиб бориш имконини ҳам яратади. Айниқса, тектоник фаол зоналарда, кўчки хавфи мавжуд тоғли ва тоғ этакларида, қурувчи геодинамик барқарорликни ҳолис баҳолашда мазкур тадқиқотлар муҳим аҳамиятга эга. Шу туфайли сейсмометрия ва электротомография йўл қурилиши лойиҳаларида хавфсизлик, иқтисодий самарадорлик ва техник ишончлиликни таъминлашда асосий роль ўйнайди.

Бурғилаш ва намуна олиш

Муҳандислик-геологик тадқиқотлар жараёнида бурғилаш ишлари энг ишончли ва ахборотли усуллардан бири ҳисобланади. Бу усул тўғридан-тўғри ер тагига кира оладиган механик таъсир орқали турли чуқурликдаги геологик қатламлардан реал намуна олиш имконини беради. Олинган намуналар лаборатория шароитида чуқур таҳлил қилиниб, қурилиш асосини ташкил этувчи тупроқ ва жинсларнинг аниқ физик-механик хусусиятлари ўрганилади.

Бурғилаш орқали қуйидаги муҳим параметрлар аниқланади:

- Тупроқ намлиги - ер остидаги сув захираларининг таъсирини баҳолашда муҳим;
- Зичлик ва ўтказувчанлик - пойдевор юкламасини кўтариш қобилиятини белгиловчи омиллар;
- Гил фоизи - жинсларнинг шишиши ёки чўкишга мойиллигини аниқлашда зарур;
- Қобиклик ва қаватлараро бирикмалар - тупроқнинг табиий структураси ва барқарорлиги;
- Физик-механик параметрлар - кесилиш мустаҳкамлиги, ташқи таъсирга чидамлилик ва бошқалар.

Бурғилаш ишлари нафақат таҳлил учун, балки тадқиқот ҳудудининг вертикал профилини шакллантириш ва геологик бурма ёки чуқурликларни аниқлаш учун ҳам хизмат қилади. Йўл қурилишида бу маълумотлар пойдевор конструкцияларининг чуқурлигини, тупроқни зичлаш усуллари, дренаж тизимлари лойиҳасини ҳамда умумий қурилиш-технологик қарорларни тўғри қабул қилишда муҳим аҳамият касб этади.

Айниқса, гетероген ва мураккаб геологик тузилишга эга ҳудудларда бурғилаш ишлари лойиҳа хавфсизлигини кафолатлаш учун зарур шарт ҳисобланади. Шу боисдан, замонавий йўл қурилиши лойиҳаларида бурғилаш ва намуна олиш тадқиқотлари бошланғич ва мажбурий босқич сифатида қўлланилади.

Геотехник моделлаштириш

Муҳандислик-геологик тадқиқотлардан олинган маълумотлар - бу шунчаки маълумот эмас, балки илмий асосланган муҳандислик қарорларини қабул қилиш учун асос ҳисобланади. Ана шу маълумотлар асосида геотехник моделлаштириш орқали қурилиш ҳудудининг тўлиқ хулқ-атворини компютерда симуляция қилиш мумкин бўлади. Бу жараёнда замонавий ҳисоблаш дастурлари - *Plaxis*, *GeoStudio*, *FLAC3D*, *Midas GTS NX* каби махсус геотехник пакетлардан фойдаланилади.

Геотехник моделлаштириш - тупроқ, сув ва иншоот ўзаро таъсирини таҳлил қилиш имконини берувчи қулай муҳандислик воситасидир. Моделлаштириш орқали қуйидаги муҳим сценарийлар баҳоланади:

- Кўп қатламли йўл асосларининг юк остидаги деформацияси;
- Кўприк устунлари ва пойдеворларнинг тупроқ билан ўзаро таъсири;
- Дренаж тизимларининг самарадорлиги;
- Ер қимирлаши ёки сув сатҳи ўзгариши каби табиий омилларнинг таъсири.

Моделлаштириш, шунингдек, турли лойиҳа ечимлари орасида энг самарали ва иқтисодий мақбул вариантни танлаш имконини беради. Бу эса қурилиш

харажатларини камайтириш, материаллар танловини оптималлаштириш, хавфсизлик маржасини оширишга хизмат қилади.

Геотехник моделлаштиришнинг яна бир муҳим жиҳати - лойиҳагача бўлган хавфни илгари кўриш, эҳтимолий муаммоларни олдиндан аниқлаш ва уларга қарши профилактик ечимларни ишлаб чиқишдир. Шу боисдан бу усул замонавий йўл қурилишида инновацион ёндашув сифатида қаралади ва халқаро стандартларда ҳам кенг қўлланилади.

Амалиётда қўллаш мисоллари

Сўнгги йилларда Ўзбекистонда йўл қурилишида замонавий инженерлик тадқиқотлар кенг жорий этилмоқда. Хусусан, Тошкент - Андижон йўлини қайта қуришда георадар ёрдамида кўчки эҳтимоли юқори бўлган жойлар аниқланди ва лойиҳа шунга мос равишда ўзгартирилди. Шунингдек, FWD (Falling Weight Deflectometer) қурилмалари орқали замонавий йўл асослари таҳлили амалга оширилмоқда.

Хулоса

Инженерлик-геологик тадқиқотлар йўл қурилишида нафақат техник асос, балки иқтисодий самарадорлик ва хавфсизликни таъминловчи муҳим омил ҳисобланади. Замонавий технологияларнинг жорий этилиши орқали лойиҳалаш ва қурилиш жараёнида юқори сифатга эришиш, хатарларни олдиндан баҳолаш ва камайтириш мумкин. Шу боис, бу соҳадаги илғор тажрибаларни кенг жорий этиш ва мутахассисларни доимий равишда қайта тайёрлаш талаб этилади.

Инженерлик-геологик тадқиқотлар замонавий йўл қурилиши жараёнида стратегик аҳамиятга эга бўлган, асосий босқичлардан биридир. Ушбу тадқиқотлар орқали пойдевор остидаги геологик тузилиш, тупроқ хусусиятлари ва гидрогеологик шароитлар ҳақида аниқ ва ишончли маълумотлар олинади. Бу маълумотлар эса лойиҳалаш босқичида муҳандислик ечимларини тўғри ва оқилона қабул қилиш, конструктив қарорларни асослаш, ҳамда материал ва молиявий ресурсларни мақсадли ишлатиш имконини беради.

Сўнгги йилларда георадар, электротомография, сейсмометрия, бурғилаш, геотехник моделлаштириш каби замонавий тадқиқот усуллариининг жорий этилиши соҳага янги суръат бахш этди. Бу технологиялар муҳандисларга майдонда реал вақт режимида таҳлил қилиш, хатарларни олдиндан кўра билиш, турли сценарийларни моделлаштириш ва самарадор ечимларни танлаш имконини яратиб берди.

Инженерлик-геологик тадқиқотларнинг аҳамияти нафақат техник жиҳатда, балки иқтисодий ва экологик самарадорликни таъминлашда ҳам муҳим ўрин тутади. Йўл қурилишидаги хато қарорлар аксар ҳолда ер ости шароитлари нотўғри баҳоланган ҳолатларда юзага келади. Бу эса нафақат харажатларни оширади, балки инсон хавфсизлиги ва атроф муҳит учун таҳдид солиши мумкин.

Шу боис, бу соҳадаги илғор тажрибаларни амалий қурилиш жараёнларига кенг жорий этиш, муҳандис кадрларни замонавий методлар бўйича мунтазам қайта тайёрлаш, ҳамда маҳаллий шароитларга мос инновацион ёндашувларни ишлаб чиқиш ва татбиқ этиш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Hencher S. Practical engineering geology. - CRC Press, 2024.
2. Venmans A. A. M. Total engineering geological approach applied to motorway construction on soft soils //Geophysics edition. - 2009. - Т. 1. - С. 41.
3. ГАНИЕВ И. Г. Определение износа в элементах пролетных строений с учетом карбонизации бетона в конструкциях мостов //Транспорт Российской Федерации. - 2008. - №. 5. - С. 40-41.
4. Ганиев И. Г. Расчёт износа в элементах пролётных строений мостов с учётом коррозии арматуры //Известия Петербургского университета путей сообщения. - 2008. - №. 4. - С. 112-117.