

УДК: 624.154

LRT ҚҰРЫЛЫС АЛАҢЫНДАҒЫ БҰРҒЫЛАП ҚҰЙЫЛАТЫН ҚАДАЛАРДЫ КЕШЕНДІ ТЕСТІЛЕУ АРҚЫЛЫ ЗЕРТТЕУ

Разуева Дария Турсынахунқызы,

daria.janym@mail.ru;

Л.Н.Гумилев ат. ЕҰУ магистранты, Астана. Қазақстан

Ғылыми жетекші - Омаров А.Р.

Қазіргі уақытта Астана қаласында LRT қоғамдық көлік жүйесін (жеңіл рельсті көлік) салу бойынша жұмыстар жүргізілуде. Мақалада Астананың проблемалық топырақтарындағы LRT жобасы қарастырылады. Көпірдің іргетасы көлденең қимасының диаметрі $1,0 \div 1,5$ м және ұзындығы $8 \div 55$ м бұрғылап құйылатын қадалардан жасалған. Бұл мақалада қаданың тұтастығын сынау нәтижелері (ASTM D6760 – 08 бойынша) және бұрғылау орнатылатын қадаларды статикалық жүктемелік сынақтары (MEMCT 5686-94 бойынша) ұсынылған. Аталған жағдайда әрбір бұрғылау қабатыныңдағы бетонның тұтастығын бақылау өте маңызды. Тұтастығын тексеру үшін Cross-Hole акустикалық каротаж әдісі қолданылады. Cross-Hole Sonic Logging бұзбай бақылау әдісі, қазіргі уақытта құрылыс алаңындағы қаданың тұтастығын бағалау үшін ең сенімді әдіс болып табылады. Қаданы орнатқаннан кейін орындалатын тұтастықты тексеру оның сапасын бағалау үшін ең ақылға қонымды балама болып табылады. Мақалада, Астанада LRT құрылыс алаңындағы бұрғылау қадаларды кешенді тестілеу арқылы зерттеу жүргізілген.

Жеңіл рельсті көлік жүйесі- эстакадада LRT жолымен жүретін, өзге де көлік жолдарымен тоқайласпайтын қоғамдық көліктің ең қауіпсіз түрі. Жүйе бойынша 22,4 шақырымдық эстакада, жабық түрдегі 18 заманауи станция, 19 көліктен тұрады. Жоба бойынша жер үсті метро тәулігіне 146 мың адамды тасымалдай алады. Орташа техникалық жылдамдығы LRT сағатына 40 километрді құрайды, бірақ мүмкіндігі бойынша вагондар сағатына 80 километрге дейін жетуі мүмкін. М-3 көпірінің жанынан LRT жолына қосымша көпір жоспарлануда (1 сурет). Жаңа параллельдік мосттың ұзындығы 152 метр, ширина - 14 метр. Астана халықаралық әуежайынан басталып, Нұрлы жол теміржол вокзалында аяқталады. [1]. Көпірдің бір тірек конструкциясы үшін конструкциядан түскен жүктемелерге байланысты 4 немесе 6 қадалы іргетас пайдаланылады. Қадалардың жобалық салмақ көтеру қабілеті 4500 кН-нан 13000 кН-ға дейін өзгереді.



Сурет 1. М-3 және LRT көпірлері бейнеленген.

Қаданы статикалық жүктеме арқылы сынау (Static Load Testing - SLT)

Бұрғылап құйылатын қадалардың статикалық жүктемелік сынақтары Астана қаласындағы LRT құрылыс алаңында жүргізілді. Бұл сынақ тереңдіктегі іргетастың көтергіш қабілетін анықтау үшін және осьтік деформацияны өлшеуге арналған. Статикалық жүктемеге сынау (бұдан әрі SLT) қадалар салмақ көтеру қабілетін талдау үшін неғұрлым сенімді дала сынақтарының бірі. Бұл жұмыста LRT құрылыс алаңында төрт қада үшін жүргізілген SLT - сынақтары ұсынылған. Диаметрі (бұдан әрі D) 1000 - 1200 мм және тереңдігі 23,6 м-ден 29 м-ге дейін бар бұрғылап құйылған қадалар.

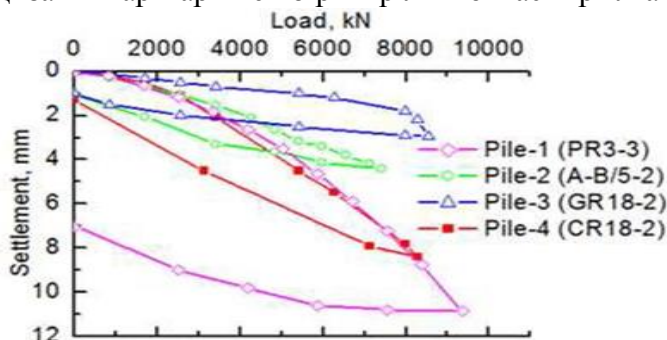
Қаданы сынау негізгі арқалықтың ортасынан тең қашықтықтағы тірек арқалықтары мен платформалардан тұратын болаттан жасалған жүйені ұсынды (сурет 2).



Сурет 2. Қазақстан, Астана қ. LRT құрылысында бұрғылап құйылған қаданың статикалық жүктеме арқылы сынау.

Стандарт - ҚР ҚНЖЕ 5.01-03-2002 [1] - сыналатын қадалар шөгуінің соңғы шамасы конструкция санатына байланысты 16 немесе 24 мм тең. Қазақстандық стандартқа сәйкес құрылыс алаңында салынған қадалардың 1% - ы SLT әдісі арқылы сыналуы тиіс, бірақ кемінде 2 рет SLT әдісі алаңда жасалуы тиіс. Қазақстан мен ТМД елдерінің аумағында қада топырақтарын далалық сынау MEMCT 5686-94 [2] талаптарына сәйкес жүзеге асырылады.

Бұрғылау қабаттары үшін топырақты статикалық сынау жобаның 80% астам бетон беріктігіне жеткеннен кейін басталады. "Темір жолдың бетон конструкциясының беріктігін анықтауға арналған код" (ТБ 10005-2010) [3] кәсіби стандартына сәйкес, бетон конструкциясының қоршаған ортасы 6 түрге жіктеледі, яғни көміртекті орта, хлоридті орта, химиялық коррозия ортасы, физикалық әсердің сульфатты ортасы, мұздату-еріту ортасы және үйкелу ортасы. Қоршаған ортаның әр түрлі типтерінің әсер ету дәрежесі жоба шарттарына сәйкес және дизайн шарттарымен біріктіріліп топтастырылған [4].



Сурет 3. Статикалық жүктемелік сынақтардың жүктеме-шөгуі сызбасы

Статикалық қысу жүктемесі бар топырақты сынауға арналған қондырғы құрамына мынадай жабдықтар кіреді:

- қадаларды жүктеуге арналған құрылғы (домкрат);
- реактивті күштерді қабылдауға арналған тіреу конструкциясы немесе платформа (жүк платформасы);
- сынау кезінде қадалардың ығысуын өлшеуге арналған құрылғы (өлшеу аспаптары бар эталондық жүйе) [2].

Қадаларды жүктеуге арналған құрылғы қадаларға жүктемелердің осьтік және орталық берілуін, жүктемелердің сатылармен берілу мүмкіндігін, жүктеудің әрбір сатысындағы қысымның тұрақтылығын қамтамасыз етуі тиіс. Табиғи қадалар сыналатын осьтен анкерлік қадаға дейінгі қашықтық кемінде 3d, бірақ кемінде бір жарым метр болуы тиіс. Қадалардың деформациясын (орын ауыстыруын) өлшеуге арналған аспаптар (майысулар) өлшеудің 0,1 мм артық емес қателігін қамтамасыз етуі тиіс. Сыналатын қадалардан тең (екі метрден артық емес) қашықтықта симметриялы Орнатылатын аспаптардың саны 2 аспаптан кем болмауы тиіс. Прогибомерлерді пайдалану кезінде диаметрі 0,3 мм болат сым қолданылады.

Сынау процесінде қадаға жүктемені анықтау үшін пайдаланылатын өлшеу шектері мен манометрлерді бөлу бағасы 20 пайыздан кем емес қормен сынау бағдарламасында көзделген қадаға ең үлкен жүктемеге байланысты таңдалады. Сыналатын қадаларды жүктеу бірқалыпты, соққысыз, мәні сынау бағдарламасымен белгіленетін жүктеме сатыларымен жүргізіледі, бірақ бағдарламада берілген ең үлкен жүктеменің 1/10-нан аспайтын қабылданады. Табиғи қадалардың төменгі ұштарын ірі сынықты топырақтарға, гравийлі және тығыз құмдарға, сондай-ақ қатты консистенциялы сазды топырақтарға тереңдету кезінде жүктеменің алғашқы үш сатысын бағдарламада берілген ең үлкен жүктеменің 1/5-іне тең қабылдауға жол беріледі. Заттай қадаларды жүктеудің әрбір сатысында деформацияны өлшеу үшін барлық аспаптар бойынша есептерді мынадай ретпен алады: нөлдік есеп – қадаларды жүктеу алдында, бірінші есеп жүктеме қосымшасынан кейін бірден, осы тізбектелген төрт есептің өрісі отыз минут аралықпен және одан әрі деформацияны шартты тұрақтандыруға дейін әрбір сағат сайын. Қаданы сынау кезінде деформацияны шартты тұрақтандыру критерийіне, егер қадалар төменгі шетінде құмды топырақтар немесе балшықты топырақтар қатты қатқылдан тығыздық консистенциясына дейін жатса, ал егер қадалар төменгі шетінде сазды топырақтар жұмсақтылықтан ағымдағы консистенцияға дейін жатса, онда онда екі сағат бақылау кезінде жүктеменің осы сатысындағы қадалар шөгуінің жылдамдығы 0,1 мм-ден аспайтын болады. Табиғи қадасын сынау кезіндегі жүктеме қадалар жалпы шөгіндісі кемінде 40 мм болатын мәнге дейін жеткізілуі тиіс. Қатты консистенциялы ірі сынықты, тығыз құмды және сазды топыраққа табиғи қадалардың төменгі ұштарын тереңдету кезінде жүктеме сынақ бағдарламасында көзделген мәнге дейін жеткізілуге тиіс, бірақ есептеумен анықталған қадалардың көтергіш қабілетінің бір жарым немесе материал бойынша қадалардың есептік кедергісінің кем болмауы тиіс.

Қадалар жүктемені түсіруді жүктеу сатыларының екі еселенген (бір саты арқылы) мәніне тең, әрбір сатыны кемінде 15 ұстай отырып, ең үлкен жүктеме сатыларына жеткеннен кейін жүргізеді. Деформацияларды өлшеуге арналған аспап бойынша есептер түсірудің әрбір сатысынан кейін бірден және 15 минуттан кейін алынады. Толық түсірілгеннен кейін (нөлге дейін) қадалар серпімділік орнын ауыстыруды бақылауды қадалар төменгі шетінің астында жатқан құмды топырақта 30 минут және сазды топырақта алпыс минут бойы әрбір 15 минуттан кейін есептерді алып тастау арқылы жүргізген жөн.

Кесте 1. Қадаларды статикалық жүктеуге далалық сынақтардың нәтижелері.

#	Қада #	Қада L, м	Қада D, м	Жүктеме, кН	S, мм
1	Қада -1 (PR3-3)	27.5	1.2	9372.41	10.87
2	Қада -2 (A-B/5-2)	24.6	1.2	7411.04	4.18
3	Қада 3 (GR18-2)	29.0	1.2	8561.1	2.94
4	Қада 4 (CR18-2)	23.6	1.0	8275.73	8.4

"Crosshole Sonic Logging" (CSL) қадалық ұңғыманың сапасын жоғары ажыратымдылықта бақылау үшін Cross Hole Section көлденең акустикалық тіркеу құралын пайдаланады. CSL қадалық ұңғыманы бақылау жүйесін пайдаланған кезде, оларға ультрадыбыстық түрлендіргішті орналастыру үшін, алдын ала қаданың ұзындығымен бірдей, белгілі бір диаметрдегі металл құбырларын орнатады [4]. Құбырлар саны қаданың көлденең диаметрінің ауданына байланысты. Жұмыс барысында пьезоэлектрлік және электромеханикалық түрлендіргіштерді қолданады. Акустикалық байланысты суды немесе арнайы қатпайтын сұйықтықты (0° С төмен температурада) құбырларға құю арқылы қол

жеткізіледі. CSL қадалық ұңғыманы бақылау жүйесі әдісінің мақсаты мәні құбырлар арасындағы жабық бетонның тұтастығын бақылау болып табылады. Бетондағы кез-келген ақаулар жолындағы толқындардың болуы ультрадыбыстық импульстің жылдамдығын төмендетеді, амплитудасы және қабылданған сигналдың пішінін өзгертеді. Ақаулардың барынша толық анықталуының маңызды рөліне қаданың периметрі бойынша құбырлардың орналасуы, олардың саны, жасалатын материалы, сондай-ақ қадалардың ұзындығы бойынша оларды орнату сипаты жатады. Құбырларды орнату барысында бір біріне салыстырмалы параллелділікті сақтау қажет. Сигналдың транзит уақытын, оның амплитудасы мен жылдамдығын есептеп, бетон беріктігінің сандық мәндерін анықтау үшін дыбыстың қашықтығын (базасын) білу керек. Нәтижелерді түсіндіру анықталған аномалияларды белгілі типтік ақаулармен арнайы сынақта дайындалған қадаларда жазылғандармен салыстыруға негізделген. I және II типтегі - қолайлы қадалар; III тип үшін құрылыс конструкциясы мен конструктор тарапынан оны пайдалану мүмкін еместігін немесе провизиялық ұсыныстың расталғандығын анықтау үшін зерттейді; IV тип жарамсыз болып табылады.

CSL қадалық ұңғыманы бақылау жүйесін пайдаланған кезде, қаданың көлденең кимасының төрттен бір бөлігінен аса алатын ақауларды анықтауға болады. Әсіресе, құбырға жақын ақауларды анық анықтайды. Астана қаласындағы LRT қоғамдық жеңіл жүрісті көлік жүйесінің құрылысын салу барысында PR4-4 және PR6-2 бұрғылап құйылған қадалар сыналды (сурет 4). 2-кестеде сыналған қадалардың деректері келтірілген. Сыналған қадалардың диаметрі 1,2 м дейін, нақты номиналды беріктігі B45 дейін. Сыналған қадалар Cross Hole Section әдісіне арналған диаметрі 42 мм болат өлшеу құбырлары бар арматуралық торлармен орнатылды. 2-кестеде барлық сынақ қадалар үшін қол жеткізу құбырлар арасындағы әрбір өлшеу қашықтығының нәтижелері келтірілген. Өлшенген тереңдік өлшеу қондырғысының ұзындығынан (таратқыш пен қабылдағыш) аз ұзындығы бар еркін қол жетерлік құбыр ұзындығының нәтижесі болып табылады [2].

Кесте 2. Ультрадыбыстық тұтастығы сынауының нәтижелері

Қада №	Құбырлар ағы қабылдау тының №	Қабылдау ары арасындағы ашықтық (м)	Өлшенген зындық (бос құбырдың ндығы) (м)	Нәтижелері / пікірлері
PR4-4	1-2	0,756	6,96 (құбыр1)	Біртекті бетон, аномалия н, құбыр 1 тек шамамен 7 м ол жетімді
	2-3	0,682	8,12 / 8,15	
	3-1	0,763	6,96 (құбыр1)	
PR6-2	1-2	0,747	11,63	Біртекті бетон, аномалия н, барлық 3 өлшем бағытында өмен түсіру уақыты ара-ғы (AT 20%),
	2-3	0,715	11,62	
	3-1	0,746	11,60	

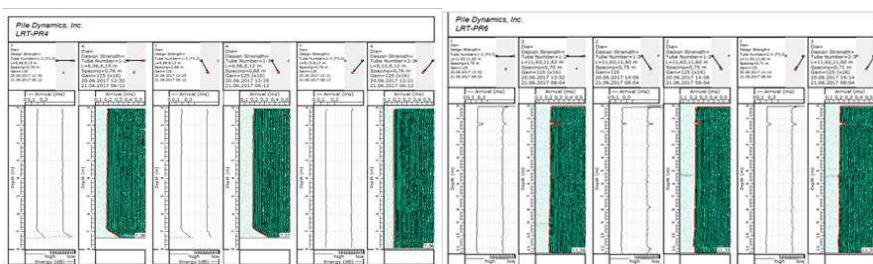
Төмендегі суреттер ультрадыбыстық тұтастығы сынақтарының нәтижелерін көрсетеді (сурет 5).



Сурет 4. Астана LRT құрылыс алаңында Cross Hole Section әдісімен бұрғылап құйылатын қадаларды зерттеу жұмыстары

Сынақ құны сонымен қатар өткізгіш құбырдың бірлігіне байланысты.

Бетонның үздіксіздік немесе біртектіліктен ауытқулары (дециметр ауқымында) жылдамдық пен энергия сіңірудің тиісті өзгерістерімен анықталады, берілген толқындар 6 көрсетілген.



Сурет 5. PR4-4, PR6-2 сынақ қадалардың тұтастығын тексеру нәтижелері.

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. SNiP RK 5.01-03-2002. Pile Foundation (2002).
2. GOST 5686-94. Methods for Field Testing by Piles. Gersevanov Research Institute of Bases and Underground Structures (NIIOSP), Moscow (1994).
3. TB 10005-2010. Code for durability design on concrete structure of railway (2010).
4. ASTM D6760 – 08. Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing. ASTM International, West Conshohocken (2008).