

Танат Н.Б., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ-інің студенті
Жупархан Б., магистр, аға оқытушы, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ

ӘӨЖ: 528.8.

КӨПІР ҚҰРЫЛЫСЫН ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗДАНДЫРУ

В данной статье рассмотрены выполняемые геодезические работы в ходе строительства моста. Направлена на решение проблем геодезического обеспечения строительства мостов от геодезических изысканий на начальной стадии до сдания сооружения в эксплуатацию.

This article examines the geodetic works carried out during the construction of bridges. Paper seeks to address the problems of geodetic support the construction of bridges from geodetic surveys in the initial stage till construction in operation.

Көпір құрылысын жобалау – инженер-жобалаушылардың ең маңызды күрделі және үлкен жауапкершілікті, ептілік пен дағдыны талап ететін жұмыстардың бірі болып саналады. Қазіргі кезде жол құрылысын жобалау процессі толығымен автоматтандырылған болса, көпір құрылысы инженер-жобалаушылардан қажет мәліметтер мен зерттеулерді жүргізуден басқа, шығармашылық және дербес тәсілді талап етеді.

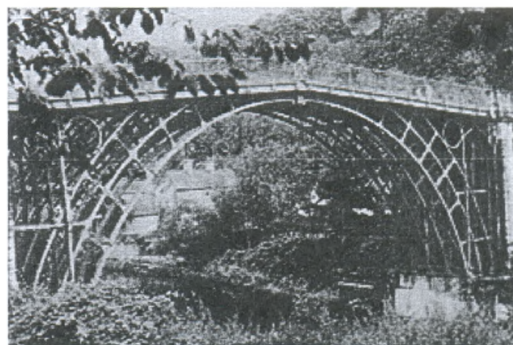
Көпір – жол жалғасын кедергілерден өту үшін салынатын күрделі жасанды құрылыс болып табылады.

Көпірлердің шығу тарихы жайлы сөз қозғайтын болсақ, ерте заманда көпір құрылысы жобалаудан алыс болып, бұлақ, аңғар, өзен және тағы сондай сияқты кедергілердің үстімен қойылған бәренеден көрініс табатын.

Құлиеленушілік заманы көпір құру саласындағы бір жаңалық – көпірлердің тастан жасалауымен ерекшеленді. Сонымен бірге, құрылысшылар көпір салу үшін, алдымен, оның ұзындығын өлшеп, тас материалының қажет мөлшерін есептеген. Нақ осы фактор жобалау процессінің пайда болуына негіз болды деген болжау бар. Көпір құрылысын жобалау және оны салу саласына зор үлес қосқан ежелгі римдіктер, көпірді салу кезінде келесідей технологияны қолданған: тастарды бір біріне қалап, алдын-ала жобаланып салынған күмбезді құрылысты цементпен құю.

Орта ғасыраларда мемлекеттер арасындағы сауда және әскери қатынастардың дамуымен алғашқы инженер-жобалаушылар мамандары оқытыла бастады. Олардың жұмыстарының арқасында көпірлер әлдеқайда кеңірек, бекем, ал ұзындығы бойынша 70 метрге дейін жеткізілген. XVIII ғасырда тас көпірлермен қатар металл конструкциясынан жасалған көпірлер салына бастады. Ол кезде өзінің сапалы сипаттамасымен ерек-

шеленген алғашқы металл конструкциялы көпірлердің бірі 1779 жылы ағылшын Колбрукдейл қаласында салынды.



Сурет 1 - Әлемдегі алғашқы металл конструкциялы көпір. Англия, Колбрукдейл қаласы. (Қазіргі кезде XVIII ғасырдағы өнеркәсіп революциясына ескерткіш – Айрон-Бридж шатқалы)



Сурет 2 - Әлемдегі алғашқы металл конструкциялы көпір. Англия, Колбрукдейл қаласы. (Қазіргі кезде XVIII ғасырдағы өнеркәсіп революциясына ескерткіш – Айрон-Бридж шатқалы)

Көпірдің мақсатына, міндетіне, құрылу техникасына қарай, құрылыстағы айырмашылықтарына қарамастан, атқаратын қызметі көліктік қажеттіліктеріне негізделген. Оның әртүрлі мемлекеттік ин-

станциялармен (сәулет, экологиялық, т.б.) мақұлданған орналасу жері анықталғаннан кейін негізгі геодезиялық жұмыстар басталады. Көпір құрылысын қамтамасыз ететін негізгі геодезиялық жұмыстар қамтиды:

- су түбінің рельефін және тәңірегін түсіру;
- жоспарлы және биіктік бөлу торларын құру;
- көпір тіреулерінің центрлерін және осьтерін бөлу;
- тіреу денелерін дәл бөлу;
- тіреулерді құруды бақылау және құрылыс барысындағы атқарушы (орындау) түсірісі;
- реттеушілік және жаға нығайтқыш құрылыстарын бөлу;
- көпір кіреберісінде бөлу жұмыстары;
- аралық құрылыстардың монтажының атқарушы (орындау) түсірісі және бөлу жұмыстары;
- көпірді сынау кезіндегі аралық құрылыстардың деформацияларын өлшеу;
- көпірді құру және пайдаланған кезде аралық құрылыстардың деформацияларын және тіреулердің отыруы мен қисаюына бақылау жасау.

Белгіленген құрылыс алаңын бағалау үшін алдын-ала кешенді түрде келесі ізденіс жұмыстары жүргізіледі: инженерлік-геодезиялық, инженерлік-геологиялық және гидрологиялық; гидрометеорологиялық, климатологиялық, метеорологиялық, геоботаникалық, т.б. Құрылыстың әр түрлерінде, ең алдымен, негізгі ізденістер жүргізіледі.

Инженерлік-геодезиялық ізденістер белгіленген аймақтың рельефі мен ситуациясы жайлы мәлімет алып, жобалаудың ғана емес, басқа да ізденістер мен зерттеулердің негізі болып табылады. Инженерлік-геодезиялық ізденістер барысында құрылыс алаңында әртүрлі масштабта геодезиялық негіз құру мен топографиялық түсіріс, сызықтық ғимараттардың трассалау жұмысы, геологиялық өнімдерін геодезиялық байлау және тағы басқа жұмыстар жүргізіледі.

Сонымен қатар, инженерлік ізденістерге: геотехникалық бақылау, табиғи және техногенді процесстерден төнетін қауіпті бақылау, территорияны инженерлік қорғаудың шараларын негіздеу, қоршаған орта компоненттерінің аймақтық мониторингісі, инженерлік ізденістер процесі барысында жүргізілетін ғылыми зерттеулер, құрылыс, пайдалану, жою

кезіндегі зерттеулер мен кадастрлық жұмыстар жатады.

Инженерлік ізденістердің құрамы мен көлемі жобаланған ғимараттың типі, түрі мен өлшемдеріне, жергілікті жердің жағдайы және оның зерттелуі мен жобалау деңгейіне байланысты болады.

Инженерлік ізденістердің реті, дәлдігі және әдісі құрылыс нормалар негізінде анықталады.

Келесі сатыда, яғни тікелей көпірді салу кезінде, жүргізілетін негізгі геодезиялық жұмыстар: тіреулердің центрлері мен осьтерін бөлу, аралық құрылыстарды салу, зауыттармен қамтамасыз етілетін монтажды элементтердің өлшемдеріне бақылау жасау, қосалқы және уақытша құрылыстарды бөлу жұмыстары, құрылған объектінің атқарушы (орындау) түсірілімі, деформацияларға бақылау жасау болып табылады.

Салынып жатқан көпірдің пайдалануға жарамдылығы, сапасы, пайдалану мерзімі және тағы басқа ерекшеліктері құрылыс барысында жасалатын геодезиялық жұмыстар кешенінің барлық түрлеріне тікелей байланысты болады. Кішкентай және орташа көпірлерді салу кезінде геодезиялық және бөлу жұмыстарды жұмыс өндіруші немесе өндіріс-техникалық бөлімінің инженері атқарады, қалыпты жағдайдағы класстан тыс, ірі және үлкен көпірлер құрылысында бұл жұмыстар құрылыстың өндіріс-техникалық бөлімінің құрамындағы арнайы геодезиялық топ арқылы жүргізіледі. Үлкен жауапкершілікті қажет ететін көпір салу барысында триангуляциялық торларды жасау жұмыстары арнайы геодезиялық мекемелерге жүктеледі.

Көпір құрылысында геодезиялық қызмет дайындау жұмыстарынан бастап құрылысты пайдалануға бергенге дейін бақыланады. Қолданылатын геодезиялық аспаптар көпір салу барысындағы көпірдің маңыздылығына қарай, оның талаптарына сай болуы тиіс.

Көпір құрылысымен айналысатын және ол үшін ізденістер жүргізген жобалық мекеме құрылыс басталмастан бұрын тапсырушының қатысуымен акт бойынша құрылысшыларға көпір трассасының осьтерін бекіту материалдарын, өткелдің көлденең профилін, реттеушілік құрылыстардың осьтері жайлы мәліметтерді, көпірдің көлденең осьтерін бекітетін центрлердің орналасу жағдайы мен типін, топырақ қабатының реперлері

мен қабырға маркалары бойынша мәліметтерді, аса үлкен және класстан тыс көпірлер үшін полигонометрия және триангуляция пункттерін толық өткізуге тиісті. Сонымен қатар, акт қосымшасында құрылыс осьтері белгіленген өткелдің бөлшектік жобасы, көпір өткелінің геодезиялық негізінің центрлеу сұлбасы, геодезиялық негіздің биіктік белгілері мен координаттар каталогынан көшірмелері болуы міндетті.

Негізгі бөлу планы келесі мәліметтерді қамтуы тиісті: көпірлердің орналасу бойынша бастапқы мәлімет, базистер мен бұрыштарды өлшеудің әдісі мен дәлдігі, нақты және мүмкін қателіктер, көпір өткелін бекіту мен ізденіс жұмыстарын жасағандағы алдын-ала бөлу жұмыстарының негізгі әдісі.

Планның геодезиялық белгілері (центрлер, реперлер) мен масштабы бойынша мәлімет көпірдің атқаратын қызметіне қарай белгіленген талаптарды қанағаттандыруға тиісті (1-кесте).

сты артықшылықтарына дәлдігінің жоғары болуы (оның есебінен ауытқулар мөлшері төменірек), істеу принципінің жеңіл болуы, адам факторын (яғни адам жіберетін қателіктерін) шегеретін үлкен сандары мен әріптері бар дисплейдің болуы, алынған мәліметтерді ЭЕМ-ға жеңіл тасымалдау үшін арналған сақтау жадымен жабдықталуы жатады.

Өртүрлі деңгейдегі биіктік атқарушы (орындау) түсіріс кезінде, көп нүкте жайлы ақпаратты алу керек болған кезде лазерлік әмбебап аспаптар қолданылады. Бұл аспаптар кеңістікте дәйекті түрде вертикаль және горизонталь жазықтықтарды жасауға мүмкіндік береді. Аспапты тіреуде орналастырып вертикаль лазерлі жазықтықты көпірге параллель етіп бағыттайды. Рейка бойынша есептерді 100-150 м қашықтықта лазерлік жазықтық бойынша алады. Сәулелі штрихтың қалыңдығы 15-20 мм болғандықтан, бұлыңғыр күндері де анық көрінеді.

Кесте 1

Планның геодезиялық белгілері мен масштабы бойынша мәліметтерге белгіленген талаптар

Көпір ұзындығы	План масштабы	Биіктік бойынша горизонтальдар арасындағы қашықтық, м	Көпір осьтерінің центрлерінің саны мен оларды бекіту тәсілі	Реперлер немесе маркалардың саны мен оларды бекіту тәсілі
100-300 м	1:2000	0,5	Әр жағада екіден кем емес, аса берік центрлермен	Әр жағада бір реперден, тұрақты бекітілу
300 м жоғары	1:5000	1,0	Әр жағада екіден кем емес, аса берік центрлермен	Әр жағада екіден кем емес, аса берік центрлермен Әр жағада екі реперден, тұрақты бекітілу

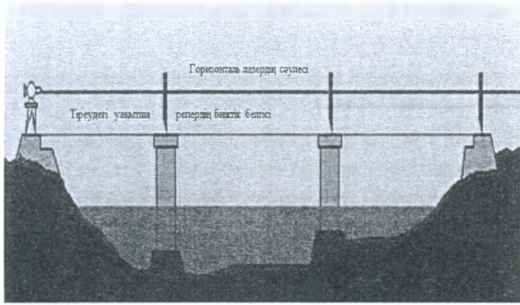
Көпір құрылысын жүргізу барысындағы геодезиялық жұмыстарда қолданылатын негізгі аспаптар: нивелир, электронды тахеометр, теодолит, жарық-қашықтық өлшегіштер (светодальномеры) және т.б.

Заманауи технологиялардың дамуы геодезиялық аспаптардың жетілдірілуіне өз септігін тигізіп отыр. Қазіргі кезде электронды, сонымен қатар лазерлі аспаптардың шығарылуы мен кең қолдануы оның дәлелі болып табылады. Олардың ең ба-

Осындай вертикаль лазерлі сәуленің қолданылуы бір уақытта жоғарғы және төменгі белдеулердің есептерін алуға мүмкіндік туғызады.

Нүктелердің биіктік орындары горизонталь жазықтыққа қатысты алынады. Аспаптық қателіктерді төмендету және нивелирлеудің дәлдігін жоғарылату мақсатында лазерлі жазықтықты горизонталь жағдайына келтіру тіреулердегі анықталған белгілері бар реперлерде

орналасқан рейкадағы есептер бойынша алынады.



Сурет 3 - Нүктелердің биіктік орындарын горизонталь лазерлік жазықтық бойынша анықтау

Ауа температурасының өзгеруі және күн әсерінен металл конструкциясының әркелкі қызуы биіктік белгілерін, көлденең профильдің жалпы көрінісін өзгертеді. Сондықтан, құрылысты нивелирлеу жұмыстарын кешкі уақытта немесе бұлыңғыр күнде жүргізу әлдеқайда дұрыс болады. Бұл жағдайда қараңғы уақытта жұмыс жүргізуге мүмкіндік беретін лазерлі аспаптың артықшылығын анық байқауға болады.

Лазерлік аспаптармен атқарушы (орындау) түсіріс жұмысының дәлдігіне эксперименттік зерттеулер жасау барысында 150 м қашықтыққа дейін орналасқан құрылыс элементтерінің биіктік-жоспарлы жағдайын анықтаудың қателігі 2-4 мм, бұл қателіктер, көбінесе, сырқы ортаның метеорологиялық факторларына тәуелді болатындығы анықталды. Сонымен қатар атқарушы (орындау) түсірісті жасағанда лазерлік жазықтықты бекіту кезінде фото-электронды құрылғылардың қолдануы өте қолайлы. Себебі бұл жағдайда дәлдіктің жоғарылауы қамтамасыз етіліп, өлшеу процесі ішінара автоматтандырылады. Осылайша, Чехословакияда теміржол көпірдің құрылысында өткелді құрылыстың атқарушы (орындау) түсірісін жасау барысында лазерлі-телевизиялық жүйе (Lastelmodt) қолданылды. Бұл жүйе сәулені бағдарлауға арналған қозғалмайтын маркадан, қозғалмалы марка мен маркадағы сәуленің орналасуын автоматты түрде тіркеуге арналған дисплейден тұрады. Құрылыстың орналасу жағдайына бақылау лазерлік сәулеге қатысты белгілі бір еңіспен берілген көпір осінің бойымен бағытталған қозғалмалы марканың көмегімен іске асырылады. Зерттеулер бойынша (340 м дейін қашықтықта) лазерлік сәуленің орналасу жағдайын тіркеудің дәлдігі 1-5 мм құрады.

Өткел құрылысын жүргізу кезінде

жергілікті жерде көпір тіреулерінің центрлері мен басқа да көпір элементтерінің орналасу жағдайы анықталып бекітіледі және аралық құрылыстардың тіреулерін құру мен монтажын жасау барысындағы бөлшектік бөлу жұмыстары орындалады.

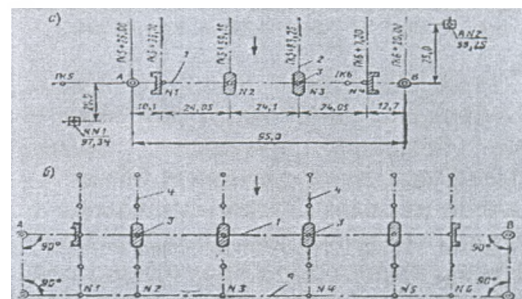
Осы мақсатта көпір құрылысының барлық сатыларында бөлу жұмыстарының орындалуын қамтамасыз ететін арнайы геодезиялық бөлу торлары құрылады. Бұдан басқа рационалды түрде орналасқан және бекітілген геодезиялық бөлу торлары көпір құрылысы мен эксплуатациясы кезіндегі деформацияларына бақылау жасауға негіз бола алады.

Тіреу орталарын бөлу әдісі мен жергілікті жердің жағдайына байланысты жобалық бөлу торларын келесі әдістермен жасайды:



Сурет 4 - Бөлу торларының әдістері

Тіреу осьтерін бөлу жұмыстары кезінде кішкентай және орташа құрылыстар үшін тіреу орталары жергілікті жерге құрылыс осьтерін бекітетін белгілер (А және В пунктері, 5-сурет, а) мен жобадағы жолдың пикетажына байланған тіреулердің орталарының арасындағы арақашықтық тікелей өлшеніп көшіріледі.

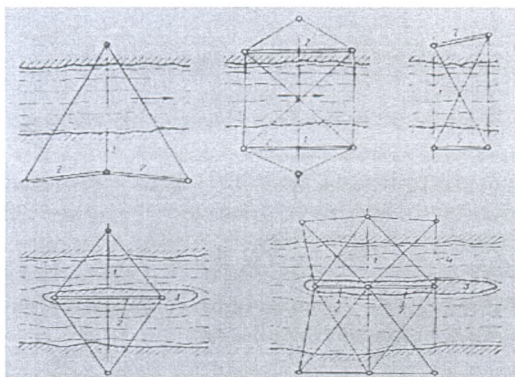


Сурет 5 - Тіреу осьтерін бөлу әдістері

Егер жергілікті жердің жағдайына байланысты көмекші көпірді өткелдің осінде орналастыру мүмкін болмаса, онда бастапқы А және В пунктері көшірілетін осьті шетте қайта салады (5-сурет, б). Көмекші осьті негізгі оське параллель етіп орналастыру дұрыс. Қысқы уақытта осьтерді бөлу жұмыстары мұзға қатырылған тақтай төсемнен жүргізіледі. Сызықтық өлшеулер шкалалық лента немесе болат рулеткамен

жүргізіледі. Арақашықтықты өлшеу кезінде құралды (лентаны, рулетканы) горизонталь жағдайда ұстайды; жердің еңістігі $3^\circ - 5^\circ$ артық болған кезде, яғни құралды горизонталь жағдайда ұстау қиынға соққан кезде, сызықтың ұзындығына сәйкесінше түзетулер енгізіледі. Жер бетін тегістеп, бұталарды кесіп тастап, алдын ала дайындайды. Тік қияларда баспалдақты көпірдің салынуы ұсынылады.

Жылы мезгілде кең және терең өзендерде ірі құрылыстарды салу барысында тікелей өлшеулер арқылы бастапқы пункттердің арасындағы арақашықтықты өлшеу мен тіреулердің осьтерін бөлу мүмкін емес. Бұл жағдайда параллактикалық немесе триангуляциялық әдістерге жүгінеміз. Осы мақсатта жағаларда үшбұрыштар немесе төртбұрыштар жүйесі түрінде көрініс табатын геодезиялық тіреу торлары құрылады. Бөлу жұмыстары абсолютті немесе шартты жүйеде координаталары белгілі геодезиялық тіреу торының пункттеріне байланып жүргізіледі.



Сурет 6 - Тіреу осьтерін бөлу әдістері

Триангуляциялық тор әр жағада орналасқан және көпір осін бекітетін екі бастапқы нүктеден тұрады. Триангуляциялық тордың негізі болып базистер табылады. Олардың кедергісіз визирлеу мен дәл өлшеуді қамтамасыз ететін құрылыстардан бос жазық алаңда орналастырылуы дұрыс. Базистердің шеткі нүктелерін су баспайтын жерде өте нық бекіту қажет. Тіреулердің орталарын бөлу жұмыстары базистің екі нүктесінен кем емес көпір осінің створында қиылысқан кертілген бұрыштық таңбалар арқылы орындалады. Бөлу жұмысының дәлдігі жоғары болу үшін кертілген таңбаның бағыты мен көпір осінің арасындағы үшбұрыштардың бұрыштары 25° кем және 150° артық болмауы тиіс.

Триангуляция көмегімен анықталған

көпірдің соңғы нүктелері мен тіреу орталарының арасындағы арақашықтықты, мүмкіндігінше, тікелей өлшеулер арқылы қайта тексерілуі тиіс.

Егер трасса айналма қисық сызық бойында орналасқан болса, онда көпір осі қисық сызық бойымен, ал тіреу көлденең осьтері қисық радиусының бағыты бойынша алынады. Тіреудің көлденең осьтері мен көпірдің осімен қиылысу нүктелері тіреудің центрлері болып саналады.

Жергілікті жердің жағдайы мен көпірдің өлшеміне байланысты бөлу жұмыстары тангенс сызығынан, тартылатын хордан көпбұрыш әдісімен немесе полярлық әдіспен жүргізілуі мүмкін.

Бөлу торын дербес координаталық жүйеде жасалынып, көпір өткелінің осі абциссаның осі деп алынады. Тор реперлер жүйесінен құрылады. Олардың бастапқы реперге қатысты белгілердің анықталуының дәлдігі 3-5 мм ОКҚ-пен сипатталады. Бұл талапқа толығымен жауап беретін жүріс – III классты нивелирлеу. Құрылыс алаңында жұмыс реперлерінің қалың торын жасап, олардан белгілерді барлық көпір құрылыстарына таратады.

Күрделі кең өзенде орналасқан үлкен көпір өткелдерінде геодезиялық бөлу негізі сызықтық-бұрыштық және полигометриялық торлардың бірігуінен де жасалуы мүмкін.

Көпір өткелінде орналасатын биіктіктік геодезиялық тор бастапқы сатыда – ізденіс жұмыстары жүргізілгенде салынады. Көпір осінің маңындағы биіктіктік бөлулер үшін абсолюттік белгілері трасса нүктелерінің белгілері алынған жүйеде геометриялық нивелирлеу әдісімен анықталған реперлер орналастырылады. Реперлерді құрылыс жұмыстары бітпегенше және құрылыс эксплуатацияға берілмегенше қозғалмайтын қалыпта ұстау керек.

Геодезиялық жұмыстардың дәлдігі дұрыс болуы үшін ұзындығы 100 м дейін көпір құрылысы кезінде құрылыс осін бекітетін бастапқы пункттер мен тіреулердің осьтерінің арасындағы қателік 1:5000 аспауы қажет. Ұзындығы 100 м астам көпірлерде құрылыс осін бекітетін бастапқы пункттер мен тіреудің іргетастың үстіңгі бөлігінің осінің орналасу жағдайы арасындағы арақашықтықты өлшеу дәлдігі тіреулердегі аралық құрылыстардың жылжуына байланысты болып, келесі формуламен анықталады:

$$m \leq \pm \sqrt{\sum \left(\frac{t_{np}}{k} \right)^2} + 0,5n,$$

мұндағы, m – өлшеудің мүмкін қателігі, см;

$l_{\text{ар}}$ – әр аралықтың ұзындығы, см;

n – көпірдің өлшенетін алаңының орналасқан аралықтардың саны;

k – аралық құрылыстардың типі байланысты болатын коэффициент; фермалық алаңдардың ± 5 см дейін жылжуы мүмкін болатын арқалық аралық құрылыстар мен монолиттік арқалық және жиектемелі темірбетонды көпірлер үшін $k=6000$, қалған жағдайда $k=10000$.

Ұзындығы 200 м дейін көпірлер үшін триангуляциялық торды салған кезде бірақ базисті өлшеумен шектелуге болады, бірақ көпірдің ұзындығы 200 м үлкен болса, екінші (бақылау) базистің болуы тиіс. Осы бекітетін бастапқы пункттердің арасындағы арақшықтық өлшеу құралдарымен салыстырғанда базистің ұзындығы 2 есе дәлірек өлшенеді. Тіреу іргетасының осьтерін бөлгендегі мүмкін болатын қателік екі есе артуы мүмкін.

Монтаждың аяқталуы бойынша атқарушы түсіріс жүргізіліп, оның нәтижесінде аралық құрылыстың планы, профилі, жолдың көлденең профилі анықталады.

Көпірдің жеке құрылыстардың (тіреу, аралық құрылыс, т.б.) аяқталуы бойын-

ша құрылған үймереттің геометриялық өлшемдерін мен орындалған жұмыстардың көлемін анықтау сияқты геодезиялық жұмыстар орындалады. Дербес жағдайларда, көпір геологиялық тұрғыда күрделі жерде салынатын болса, құрылған үймереттердің деформацияларына арнайы бағдарламалар бойынша геодезиялық бақылау жүргізіледі.

Қазіргі таңда пайдалану мерзімі тез арада қысқарып қалатын көпірлердің саны аз емес. Бұл жағдайға бірден-бір септігін тигізетін фактор – геодезистердің құрылыс кезіндегі жіберетін қателіктері. Сондықтан, көпір құрылысын геодезиялық қамтамасыздандыру барысында жүргізілетін жұмыстарды білу, бұл саладағы практикалық және әдістемелік негізді нығайту – құрылысқа қатысы бар мамандар үшін өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Қорыта келгенде, көпір құрылысындағы геодезия – орны бөлек сала деп айтуға болады. Себебі, жобалаудың ең бірінші сатыларынан-ақ, геодезиялық ізденістер жүргізіліп, одан кейінгі орындалатын геодезиялық жұмыстар көпір құрылысының бөлінбес бір бөлігі болып табылады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Коугия В.А., Грузинов В.В., Малковский О.Н., Петров В.Д. «Геодезические работы при строительстве мостов». М.: Недра, 1986. — 248 с.
2. Попов С.А., Осипов В.О., Бобриков Б.В., Храпов В.Г. «Мосты и тоннели». М: Транспорт, 1977. С.26-421.
3. Кушти В.И., Куштин И.Ф. «Инженерная геодезия». Ростов н/Д: Феникс, 2002. С. 12-36.
4. Федотов Г.А. «Инженерная геодезия». М.: Высш. шк., 2002. С.37-54.