

АНДАТПА

Философия ғылымдарының докторы ғылыми дәрежесін алу үшін
жазылған диссертация үшін
(PhD) 6D071100 – Геодезия

Сейтказина Гульнур Саркытбековна

ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ӨЛШЕУЛЕР НЕГІЗІНДЕ СПОРТТЫҚ ИМАРАТТАРДЫҢ ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ ҮРДІСТЕРІН ГЕОБАҚЫЛАУ

Шешіліп отырған ғылыми-техникалық мәселенің қазіргі жағдайын бағалау.

Геодезиялық мониторинг міндеті геодезиялық жұмыстарды орындау тәжірибесіндегі ең кең таралған және жауапты міндеттердің бірі болып табылады. XX ғасырда геодезиялық мониторингті орындаудың негізгі қағидалары, бақылау жүргізудің технологиялық схемалары және дәлдікті, бақылау аралықтарын және нәтижелерді өңдеуді есептеудің математикалық модельдері әзірленді. Қазіргі уақытта геодезиялық мониторингтің әдістері мен технологиялары елеулі өзгерістерге ұшырады. Бұл өзгерістер тұрғызылып жатқан құрылыстардың геометриялық параметрлерінің алуан түрлілігімен (ұзындығы, биіктігі, диаметрі және т.б.) және құрылысты жүргізу мүмкіндіктерімен (қоршаған орта жағдайларына, іргетас түріне байланысты шектеулердің болмауы, сейсмикалық аймақтарда нысандар тұрғызу) байланысты. Осы тұрғыдан алғанда, қазіргі заманғы құрылыстар анағұрлым күрделі жүктемелерге ұшырайтыны, бұл өз кезегінде күрделірек деформациялық процестердің пайда болуына әкелетіні айқын. Құрылысы елеулі өзгерістерге ұшыраған қазіргі заманғы инженерлік нысандардың ішінде спорттық құрылыстар ерекше орын алады. Спорттық құрылыстар эксплуатациясы көрермендердің көп мөлшерінің әсері (стадиондар, велотректер) немесе жарыстарды тікелей өткізу кезінде пайда болатын жүктемелер (бобслей трассалары, автодромдар) сияқты ерекше жүктемелердің болуымен сипатталады. Мұндай жағдайларда спорттық құрылыстардың геодезиялық мониторингін жобалау және жүргізу бойынша қолданыстағы тәсілдер жұмыстардың қажетті дәлдігін, егжей-тегжейлілігін және жеделдігін қамтамасыз етпейді. Спорттық құрылыстардың геодезиялық мониторингін жүргізу дәлдікті есептеудің қолданыстағы математикалық модельдерін, бақылауларды орындау әдістемелерін және өлшеу нәтижелерін талдау модельдерін әзірлеуді және жетілдіруді талап етеді.

Инженерлік құрылыстардың геодезиялық мониторингін ұйымдастыру мен жүргізудің классикалық тәсілдері Ю.П. Гуляев, А.К. Зайцев, Д.Ш. Михелев, Е.Б. Ключин, В.В. Симонян және Г.А. Шеховцев еңбектерінде келтірілген.

Инженерлік құрылыстардың геодезиялық мониторингі проблемасына Қазақстан Республикасының жағдайында мониторингті ұйымдастыру, деформацияларды талдау және заманауи технологияларды қолдану мәселелерін қарайтын бірқатар отандық ғалымдардың жұмыстары арналған.

Шетелдік ғалымдардың еңбектері, ең алдымен, жұмыстарды орындау технологиясын жетілдіруге бағытталған. Әсіресе Штутгарт (D. Wujanz, F. Neitzel, W. Busch), Милан (F. Fregonese, M. Scaioni, G. Alba), Ноттингем (X. Meng) және Братислава (A. Koráčík, P. Kutinovič, I. Lipták, J. Erdélyi) ғылыми мектептерінің зерттеулерін атап өту қажет.

Тақырыптың өзектілігі. Спорттық құрылыстардың геодезиялық мониторингі әртүрлі статикалық және динамикалық жүктемелерге ұшырайтын құрылыстарға бақылау жүргізумен байланысты мониторингтің жеке бір міндеті болып табылады. Бұрын ұсынылған бақылау дәлдігін есептеу әдістері мен модельдері, мониторингті орындау әдістері мен технологиялары және мониторинг нәтижелерін өңдеудің математикалық модельдері құрылыс саласы мен геодезиялық өндірістің мүлде басқа жағдайына негізделген болатын. Мұндай жағдайда спорттық құрылыстарды жобалау және тұрғызудың қазіргі заманғы шарттарын бейнелейтін жетілдірілген

бақылау дәлдігін есептеу модельдерін, жаңа технологиялар мен өлшеу нәтижелерін талдау модельдерін қолдану қажеттілігі туындайды.

Құрылыс конструкцияларын есептеу саласындағы, оның ішінде спорттық құрылыстарды есептеу саласындағы заманауи жетістіктер дәлдікті және бақылаулардың мерзімділігін есептеу модельдері мәселесіне мүлде жаңа қырынан қарауға мүмкіндік берді. Қолданыстағы дәлдікті анықтау математикалық модельдері инженерлік құрылыстардың деформациялану процесін өте жуық түрде сипаттайтын қабылданған стандартты мәндерге негізделеді. Көптеген жағдайларда геодезиялық мониторинг дәлдігін нормалау типтік құрылыстар үшін әзірленген нұсқаулық көрсеткіштерді пайдалану арқылы жүргізіледі, ал спорттық құрылыстар мұндай типтік құрылыстар қатарына жатпайды. Инженерлік құрылымды статикалық нысан ретінде қарастыру маңызды кемшілік болып табылады, онда деформациялық жылжулар бірдей заңдарға сәйкес жүреді және ғимараттың әртүрлі бөліктері біртекті деп саналады. Мұндай тәсіл кезінде мониторинг жүргізу орындары (деформациялық белгілер мен маркаларды орнату орындары) бақылаушының тәжірибесіне сүйене отырып немесе ғылыми негіздемесіз интуитивті түрде тағайындалады. Осыған байланысты ғимарат–негіз–қоршаған орта өзара әрекеттесуін қарастыру негізінде күтілетін жылжуларды есептеудің кешенді ғылыми негізделген моделін әзірлеу қажет. Осылайша, құрылыс механикасының жеңілдетілген модельдерін қолдану арқылы алынған деформациялар функциясы ретінде жылжулар бойынша геодезиялық мониторинг дәлдігін анықтайтын математикалық модельді әзірлеу өзекті болып табылады.

Спорттық құрылыстардың күрделі геометриясы және әртүрлі деформациялық параметрлерді (кеңістіктік жылжулар, беттерді, қабықтарды, жекелеген тораптарды бақылау, жарықшақтардың дамуын бақылау және т.б.) бақылау қажеттілігі геометриялық нивелирлеу немесе сызықтық-бұрыштық өлшеулер сияқты дәстүрлі мониторинг әдістерін қолдануды шектейді. Сонымен қатар, нормативтік әдебиеттерде ұсынылатын әдістер мен технологиялар не ескірген, не соңғы жиырма жыл ішінде елеулі өзгерістерге ұшыраған. Сондықтан спорттық құрылыстардың геодезиялық мониторингін қазіргі заманғы өлшеу әдістерін қолдана отырып жүргізудің әдістемесі мен технологиясын әзірлеу аса маңызды міндет болып табылады. Мұндай әдістердің ішінде ерекше артықшылықтарға ие әдіс ретінде спорттық құрылыстардың кеңістіктік моделін алуға және оны кешенді зерттеу мен талдауға мүмкіндік беретін жерүсті лазерлік сканерлеу әдісін атап өтуге болады.

Қазіргі уақытта мониторинг нәтижелерін талдау негізінен жылжу графиктері және жекелеген деформациялық параметрлерді, мысалы, еңкею, иілу, бұралу және т.б. есептеу түрінде орындалып, ұсынылады. Алайда лазерлік сканерлеу нәтижелері бойынша алынған құрылыстың кеңістіктік моделі деформацияларды неғұрлым кешенді және егжей-тегжейлі талдауға мүмкіндік береді. Мұндай жағдайда мониторинг нәтижелерін талдаудың жаңа модельдері мен әдістемелерін әзірлеу міндеті ерекше өзектілікке ие болады. Жерүсті лазерлік сканерлеу деректерінің артықтығы жылжуларды модельдеу үшін анағұрлым күрделі математикалық модельдерді қолдануға мүмкіндік береді, олардың мысалы ретінде сплайн-функциялар және олардың В-сплайндар мен біркелкі емес рационал В-сплайндар түріндегі түрлендірулерін келтіруге болады.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде диссертациялық зерттеу тақырыбының өзектілігі туралы қорытынды жасауға болады, ол бақылау дәлдігін есептеу модельдерін жетілдіруге, спорттық құрылыстардың геодезиялық мониторингі нәтижелерін талдаудың жаңа технологияларын, әдістемелерін және модельдерін әзірлеуге бағытталған.

Зерттеудің мақсаты. Жоғары дәлдікті геодезиялық өлшеулер негізінде спорттық құрылыстардың деформациялық процестерін геодезиялық мониторингтеу әдістемесі мен технологиясын жетілдіру.

Зерттеу объектісі - «Сұңқар» халықаралық шаңғы трамплиндері кешені.

Зерттеу пәні - Спорттық құрылыстар конструкцияларының деформациялық процестері.

Зерттеу міндеттері. Қойылған мақсатқа сәйкес диссертацияда төмендегі міндеттер тұжырымдалып, шешілді:

– спорттық құрылыстарды геодезиялық мониторингтеудің қолданыстағы әдістері мен технологияларын, оның ішінде геодезиялық бақылаулардың дәлдігін есептеу әдістерін және деформациялық процестер мониторингі нәтижелерін талдау әдістерін талдау;

– «Сұңқар» шаңғы трамплині мысалында спорттық құрылыстардың есептік жылжуларын бағалау және геодезиялық мониторингтің қажетті дәлдігін анықтау моделін әзірлеу үшін құрылыс механикасы әдістерін, оның ішінде шекті элементтер әдісімен модельдеуді қолдануды зерттеу және негіздеу;

– кернеулі-деформацияланған күйді модельдеу нәтижелері негізінде спорттық құрылыстар конструкцияларында деформациялық маркаларды ұтымды орналастыру әдістемесін әзірлеу;

– сплайн-функциялар теориясын пайдалана отырып, геодезиялық мониторинг деректері бойынша спорттық құрылыстардың кеңістіктік жылжуларын талдау әдістемесін әзірлеу және негіздеу.

Зерттеу әдістері. Қолданылған зерттеу әдістері қойылған міндеттерді толық шешуге мүмкіндік берді. Геодезиялық мониторингтің дәлдігін есептеудің математикалық моделін әзірлеу үшін құрылыс механикасының негізгі қағидалары мен әдістері, сондай-ақ шекті элементтер әдісінің теориялық және есептік алгоритмдері пайдаланылды. Деформациялық маркаларды орналастыру әдістемесін әзірлеу спорттық құрылыстың жылжулары мен кернеулерін шекті элементтер әдісімен есептеу нәтижелері негізінде жүзеге асырылды. Геодезиялық мониторинг нәтижелерін талдау және интерпретациялау модельдері үшін есептеу математикасының әдістері, атап айтқанда сплайн-функциялар теориясы мен оның қолданбалары пайдаланылды.

Қорғауға ұсынылатын ғылыми қағидалар

1. Шекті элементтер әдісімен модельдеуге негізделген геодезиялық мониторинг дәлдігін есептеудің математикалық моделі, ол шекті есептік жылжулар бойынша бақылаулардың дәлдігін есептеуге және кернеулер шоғырлану аймақтарында деформациялық маркаларды оңтайлы орналастыру әдістемесін ұсынуға мүмкіндік береді.

2. Сплайн-функциялар теориясын пайдалана отырып спорттық құрылыстардың кеңістіктік жылжуларын зерттеу әдістемесі, ол кеңістіктік біркелкі емес геодезиялық деректерді талдауды және жылжулардың өзгеру заңдылықтарын анықтауды қамтамасыз етеді.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы

1. Спорттық құрылыстардың геодезиялық мониторингіне арналған кешенді ғылыми-әдістемелік негіз әзірленді, оған шекті элементтер әдісі негізінде өлшеулердің қажетті дәлдігін анықтайтын математикалық модель, сондай-ақ күтілетін максимал жылжулар мен кернеулер шоғырлану аймақтарында деформациялық маркаларды ұтымды орналастыру әдістемесі енгізілген, бұл деформациялардың сипаты туралы алдын ала болжамдар ұсынбай-ақ дәлдікті негізді түрде тағайындауға және мониторинг сұлбасын анықтауға мүмкіндік береді.

2. Сплайн-функциялар теориясын пайдалана отырып спорттық құрылыстардың кеңістіктік жылжуларын талдау әдістемесі ұсынылды, ол кеңістіктік біркелкі емес геодезиялық бақылауларды аппроксимациялау мен интерпретациялауды, құрылыстардың деформациялану заңдылықтарын анықтауды және қорғау іс-шаралары бойынша жобалық шешімдерді негіздеуді қамтамасыз етеді.

Диссертациялық жұмыстың практикалық маңыздылығы

– спорттық құрылыстарды жерүсті лазерлік сканерлеу әдісімен геодезиялық мониторингтеу технологиясы әзірленді, ол жұмыстарды орындаудың технологиялық сұлбасын қамтиды және басқа типтегі құрылыстарды геодезиялық мониторингтеу кезінде пайдаланылуы мүмкін;

– инженерлік құрылыстардың геодезиялық мониторингі бөлімінде нормативтік базаны жетілдіруге арналған әдістемелік ұсынымдар әзірленді;

– есептеу геометриясы әдістерін, атап айтқанда сплайн-функцияларды пайдалана отырып күрделі қисық сызықты нысандарды модельдеудің есептік алгоритмі ұсынылды. Практикада аталған есептік алгоритм Matlab бағдарламалау тілінде іске асырылды.

Диссертациялық зерттеу нәтижелері Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университетінің оқу үдерісіне енгізілді, сондай-ақ өндірістік жобаларды орындау барысында пайдаланылды.

Ғылыми қағидалардың, қорытындылар мен ұсынымдардың негізділігі мен сенімділігі. Ғылыми қағидалардың, қорытындылар мен ұсынымдардың негізділігі мен сенімділігі геодезиялық өлшеулер теориясы мен құрылыс механикасы әдістерін қолданумен,

шекті элементтер әдісімен модельдеуді және деформацияларды талдаудың заманауи сандық әдістерін пайдаланумен, сондай-ақ «Сұңқар» шаңғы трамплиндері кешенінде жүргізілген жоғары дәлдікті геодезиялық бақылаулар деректерімен модельдеу нәтижелерін салыстыру арқылы расталады. Алынған нәтижелер ғылыми басылымдардағы жарияланымдармен және халықаралық ғылыми конференцияларда апробациядан өтуімен дәлелденген.

Автордың жеке үлесі. Автордың жеке үлесі спорттық құрылыстарды геодезиялық мониторингтеудің заманауи әдістерін талдаудан және дәлдікті есептеудің нормативтік тәсілдерінің шектеулерін анықтаудан тұрады. Құрылыс механикасы мен шекті элементтер әдісі негізінде мониторинг дәлдігін тағайындаудың математикалық моделі әзірленді. «Сұңқар» кешенінің шаңғы трамплиндерінің деформацияларын модельдеу орындалып, деформациялық маркаларды орналастыру негізделді. Жерүсті лазерлік сканерлеуді қолдана отырып спорттық құрылыстарды мониторингтеу технологиясы ұсынылды.

Диссертациялық жұмыстың жарияланымдары мен апробациясы. Диссертациялық зерттеу материалдары бойынша жеті баспа еңбегі жарияланды, оның ішінде: рецензияланатын журналдарда екі мақала (Scopus дерекқоры; Civil Engineering Journal (Q1) және Journal of Geodesy and Geodynamics (Q2)); Қазақстан Республикасы Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті және ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігі ұсынған басылымдарда бір мақала және халықаралық конференциялар, форумдар мен конгрестер жинақтарында төрт мақала, олардың екеуі Scopus дерекқорына енгізілген.

Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері төмендегідей:

1. «Сұңқар» шаңғы трамплині мысалында құрылыс механикасы әдістерін, атап айтқанда шекті элементтер әдісін пайдалана отырып спорттық құрылыстардың жылжуларын есептеудің математикалық моделі зерттелді.

2. Құрылыс механикасының қағидалары негізінде спорттық құрылыстардың геодезиялық мониторингінің дәлдігін есептеудің математикалық моделі әзірленді.

3. «Сұңқар» шаңғы трамплині мысалында кернеулі-деформацияланған күйді модельдеу нәтижелері негізінде спорттық құрылыстар конструкцияларында деформациялық маркаларды ұтымды орналастыру әдістемесі әзірленіп, негізделді.

4. Спорттық құрылыстардың жерүсті лазерлік сканерлеу әдісімен геодезиялық мониторингін жүргізу технологиясы әзірленді.

5. Сплайн-функциялар теориясын пайдалана отырып геодезиялық мониторинг деректері бойынша спорттық құрылыстардың кеңістіктік жылжуларын талдау әдістемесі әзірленіп, негізделді.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 115 бет машинкамен терілген мәтінде баяндалған, 17 кестені, 68 суретті қамтиды, пайдаланылған әдебиеттер тізімі 94 атаудан тұрады.