



ӨЖ 528.482.5

DOI: 10.31643/2021/6445.20



FTAMP 36.01.11

Geodetic monitoring of deformations of engineering structures

¹Urazbaev G.M., ^{1*}Altayeva A.A., ¹Kozhayev Zh.T., ²Mustafin M.G.

¹Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

²Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author email: a.aselya_92@mail.ru

ABSTRACT

Unfortunately, all kinds of anthropogenic and natural factors contribute to the deformation of man-made structures. Geodetic control of buildings and structures, timely detection and elimination of deformations is a guarantee of long-term operation of the building. Monitoring is one of the most important tools to ensure the reliability and safety of multi-storey and large-scale buildings and structures during construction and operation. A significant amount of instrumental control during construction and operation is carried out by geodetic methods. Geodetic methods are used to determine both local and general deformations of buildings and structures, deviations of load-bearing, fencing structures from vertical and design drawings, foundations and soil settlements, through which the technical condition of the building or structure is specially assessed. Today, the analysis of deformations is an important task for every region of our country, especially for areas with changes in the earth's surface. The field of deformation research in the Republic of Kazakhstan is quite developed and there are many necessary materials to identify such changes. In our country, special services are organized to control any benchmarks and analyze the results of high-precision measurements in several cycles to detect any changes on the earth's surface. Therefore, this article provides an overview of both the classical methods of geodetic control and the tools and technologies used to determine the quantitative characteristics of the deformation of engineering objects.

Keywords: monitoring, geodetic control, deformation, GNSS, laser scanning, electronic total station, digital leveling.

Received: 22 March 2021

Peer reviewed: 21 April 2021

Accepted: 14 June 2021

Information about authors:

Urazbayev Galymzhan Mahambetaliuly

Master student, Satbayev University, Almaty, the Republic of Kazakhstan, ORCID ID: 0000-0002-8098-0816, email: galymzhan_urazbaev@mail.ru

Altayeva Assel Abdikerimkyzy

PhD student, Satbayev University, Almaty, the Republic of Kazakhstan, ORCID ID: 0000-0002-1675-6828, email: a.aselya_92@mail.ru

Kozhayev Zhenis Tursynaliyevich

Doctor PhD, Satbayev University, Almaty, the Republic of Kazakhstan, ORCID ID: 0000-0002-9976-9375, email: zh.kozhayev@satbayev.university

Mustafin Murat Gazizevich

Doctor of technical science, professor, head of the Department of Engineering Geodesy, 2Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation. ORCID ID: 0000-0001-9416-2358

Инженерлік құрылыстардың деформацияларының геодезиялық мониторингі

¹Уразбаев Ғ.М., ^{1*}Алтаева А.А., ¹Қожаев Ж.Т., ²Мустафин М.Г.

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

² Санкт-Петербург тау-кен ісі университеті, Санкт-Петербург, Ресей

* Автордың электрондық поштасы: a.aselya_92@mail.ru

ТҮЙІНДЕМЕ

Өкінішке орай, антропогендік және табиғи факторлардың барлық түрлері техногендік құрылымдардың деформация әсеріне ұшырауына ықпал етеді. Ғимараттар мен құрылыстарды геодезиялық бақылау, деформацияларды уақтылы анықтау және оларды жою ғимараттың ұзақ мерзімді жұмысының кепілі. Мониторинг - бұл көп қабатты және ауқымды ғимараттар мен құрылыстарды салу және пайдалану кезінде олардың сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз

Алынған: 22 наурыз 2021
 Сараптама жасалды: 21 сәуір 2021
 Қабылданған: 14 маусым 2021

ететін маңызды құралдардың бірі. Құрылыс және пайдалану кезеңінде аспаптық бақылаудың едәуір мөлшері геодезиялық әдістермен жүзеге асырылады. Геодезиялық әдістер ғимараттар мен құрылыстардың локалдық және жалпы деформацияларын, жүк көтергіш, қоршау құрылымдарының тік және жобалық сызбалардан, іргетастар мен топырақтардың қоныстарынан ауытқуларын анықтау үшін қолданылады, олар арқылы ғимараттың немесе құрылыстың техникалық жағдайы арнайы бағаланады. Қазіргі таңда деформацияларды талдау біздің еліміздің әр аймағы үшін, әсіресе жер бетінің өзгеруі байқалатын аумақтар үшін маңызды міндет болып табылады. Қазақстан Республикасында деформацияны зерттеу саласы жеткілікті дамыған және мұндай өзгерістерді анықтау үшін көптеген қажетті материалдар бар. Біздің елімізде жер бетіндегі кез-келген өзгерістерді анықтау үшін барлық реперлік нүктелерді басқаратын және бірнеше циклдегі жоғары дәлдіктегі өлшеу нәтижелеріне талдау жасайтын арнайы қызметтер ұйымдастырылған. Сондықтан, бұл мақалада геодезиялық бақылаудың классикалық әдістеріне, инженерлік объектілердің деформацияларының сандық сипаттамаларын анықтау үшін қолданылатын құралдар мен технологияларға шолу жасалады.

Түйін сөздер: мониторинг, геодезиялық бақылау, деформация, ГНСС, лазерлік сканерлеу, электрондық тахеометр, цифрлық нивелирлеу.

Авторлар туралы ақпарат:

Уразбаев Ғалымжан Махамбеталиұлы	магистрант, Сәтбаев атындағы университет, Алматы, Қазақстан. ORCID ID: 0000-0002-8098-0816, email: galymzhan_urazbaev@mail.ru
Altayeva Assel Abdikerimkyzy	Докторант, Сәтбаев атындағы университет, Алматы, Қазақстан, ORCID ID: 0000-0002-1675-6828, email: a.aselya_92@mail.ru
Kozhayev Zhenis Tursynalievich	PhD доктор, Сәтбаев атындағы университет, Алматы, Қазақстан, ORCID ID: 0000-0002-9976-9375, email: zh.kozhayev@satbayev.university
Mustafin Murat Gazizevich	д.т.н., профессор, Инженерлік геодезия кафедрасының меңгерушісі, Санкт-Петербург тау-кен ісі университеті, Санкт-Петербург, Ресей. ORCID ID: 0000-0001-9416-2358

Кіріспе

Қазіргі уақытта құрылыс объектілерінің беріктігі, пайдалану сенімділігі және қауіпсіздігі проблемасы ерекше маңызға ие және кезек күттірмейтін міндеттердің біріне айналууда. Пайдалану ресурсының мерзімінен бұрын тозуына және олардың беріктігін төмендетуге әкелетін құрылыс құрылымдарындағы ақаулар ғимарат пен құрылысты салу мен пайдаланудың әр түрлі кезеңдерінде пайда болады.

Құрылыстардағы ақаулардың пайда болу себептерінің бірі - ғимарат іргетасының әр түрлі деформациясы. Іргетас жобалық позициядан жылжыған кезде барлық құрылыстық элементтердің жұмыс істеу сипаты өзгереді, бұл жобалық схеманың өзгеруіне және сәйкесінше құрылыстың әр түрлі секцияларының асқын кернеуіне әкеледі. Сондықтан ғимарат салу кезеңінде топырақтың тік және көлденең деформацияларын, сонымен қатар құрылыстық элементтердің тік оське қатысты жылжуын қадағалау маңызды [1, 2].

Бұл мақаланың мақсаты - инженерлік құрылыстардың деформациясын бақылаудың негізгі геодезиялық әдістерін қарастыру және тиімдісін таңдау.

Қазіргі уақытта мониторинг кезінде жүргізілетін геодезиялық жұмыстарды жүргізу бақылау элементтерінің ерекшеліктері мен оларды басқарудың аппараттық базасын көрсетпей, жалпы түрде ұсынылған қолданыстағы нормативтік әдебиеттердің позицияларына сәйкес жүзеге асырылады. Мұның басты себебі - объектілердің деформациясын бақылау бойынша тиімді шараларды жүргізу үшін бірыңғай әдістеме мен мамандандырылған сериялық жабдықтың болмауы.

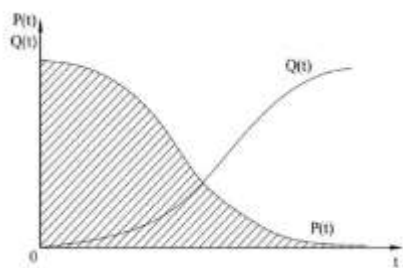
Геодезиялық мониторингтің бірыңғай әдістемесін жасауға байланысты проблеманы шешуге М.Е. Пискунов, А.К. Зайцев, С.В. Марфенко, Д.Ш. Михелев, М.Г. Мустафин, В.А. Вальков, X. Zhang, E.S. Okiemute, O.F. Olujimi, J. Janicka, W. Błaszczak-Вақ сияқты авторлар елеулі үлес қосты [3-6]. Келтірілген авторлардың еңбектерінде бақылау әдістерін жасауға және оларды негіздеуге көп көңіл бөлінеді [7, 8]. В.А.Герасимовтың, В.Я.Лобазовтың, Б.Е.Резниктің басылымдарында жаңа мониторинг тұжырымдамалары ұсынылып, шетелдік тәжірибеге сүйене отырып үздіксіз бақылау әдісін қолдануды ұсынады. Мониторинг мәселесіне классикалық бақылау әдістерінен осы тәсілдің басты айырмашылығы оның «потенциалды

Эксперименталдық бөлім

үздіксіздігі» ғана емес, сонымен қатар оның мақсаты жатады: классикалық бақылау дегеніміз - нәтижесінде анықталған критикалық мәндерден таңдалған геометриялық параметрлердің ауытқуын байқау, теориялық есептеулер; үздіксіз бақылау дегеніміз - уақыттың әртүрлі кезеңдеріндегі құрылыстардың күйлерін салыстыру [9].

Ғимараттар мен құрылыстарды салу және пайдалану кезінде жинақталған тәжірибе құрылымдардың зақымдануы әр түрлі себептерден болуы мүмкін екенін көрсетеді. Жобалау мен құрылыс процесінде жіберілген қателіктер мен ақаулардың болуы ең қауіпті себептердің бірі болып табылады, олардың болуы қазіргіден төмен жүктемелерде де апатқа әкелуі мүмкін. Кездейсоқ апаттық сипаттағы себептер (табиғи және техногендік апаттар) жеке топқа бөлінеді.

Тізімде көрсетілген әсерлер төтенше жағдайға тікелей әкеп соқтырмаса да, жалпы алғанда, зақымданудың жинақталуымен құрылым құрылымдарының сенімділігі төмендейді, бұл өз кезегінде апаттық жағдайдың бұзылу ықтималдығын арттырады. Бұл дегеніміз, объект конструкцияларының нормативтік жағдайын қалпына келтіру бойынша жұмыстарды істен шығу ықтималдығы құрылым конструкцияларының сенімділік көрсеткішінен жоғары болғанға дейін экономикалық тұрғыдан қабылдаған жөн 1-сурет.



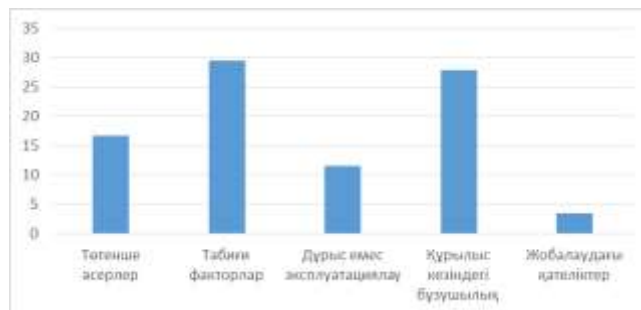
Сурет 1 - Конструкция сенімділігінің (P) және істен шығу ықтималдығының (Q) объектіні пайдалану уақытынан тәуелділігі (t)

Автоматтандырылған мониторинг - объектінің деформациясын бақылаудың тұрақты жұмыс істейтін автоматтандырылған жүйелерін пайдалануға негізделген. Ол жаңа озық технологияларды қолдануға негізделген, мысалы: талшықты-оптикалық өлшеу жүйелері немесе шетелдік «Structural Health Monitoring» (SHM), сөзбе-сөз аударма «денсаулықтың

құрылымдық мониторингі» немесе құрылымның күйін бақылау [8].

Мерзімді мониторинг - бұл мамандандырылған тексеру, оның негізгі міндеті визуалды және аспаптық бақылау көмегімен құрылыс конструкцияларының өзгерістерін анықтау болып табылады. Мерзімді мониторинг - бүгінгі күні автоматтандырылған мониторингке қарағанда шығыны аз іс-шара болып табылады.

Зерттеу барысында құрылыстардың деформациясына әкелетін негізгі себептер мыналар екендігі анықталды: табиғи типтегі әсерлер, сондай-ақ құрылыс кезіндегі қателіктер, бұл 2-сурет объектінің іргетастық және іргетас конструкцияларының зақымдануын деформациялауға әкеледі.



Сурет 2 - Ғимараттар мен құрылыстардың деформация себептерін талдау

Деформациялар табиғатта кеңістіктік екенін атап өткен жөн. Қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттарға сәйкес оларды тік және көлденең қозғалыстарға бөлу дәстүрге айналған. Тік жылжулар өз кезегінде шөгу, көтерілу және т.б.

Құрылыстардың тік жылжуларын бақылаудың негізгі әдістері нивелирлеу әдістері, электронды тахеометрлер, радар интерферометриясы, GNSS, сондай-ақ фото және стереофотограмметриялық әдістер болып табылады.

Геометриялық нивелирлеу.

Құрылыстардың шөгуін анықтау үшін жоғары дәлдік пен өлшеу жылдамдығы бар геометриялық нивелирлеу әдісі кеңінен қолданылады. 5-10 м қашықтықта нүктелер арасындағы биіктік айырымын 0,05-0,1 мм дейінгі дәлдікпен, ал жүздеген метр қашықтықта - 0,5 мм дейінгі дәлдікпен айқындауға болады.

Электрондық тахеометрлер және цифрлық нивелирлер.

Тахеометрдің жұмыс принципі шағылысатын нысанадан тар бағытталған лазерлік сәуленің шағылысуына және оған дейінгі қашықтықты өлшеуге негізделген. Жалпы жағдайда шағылыстырғыш-бұл объектінің бетіне бекітілген арнайы призма. Екі бұрышты (тік және көлденең) өлшеу шағылысу нүктесінің үш өлшемді кеңістіктік координаттарын есептеуге мүмкіндік береді. Қазіргі электрондық тахеометрлер шартты түрде үш топқа бөлуге болады: ең қарапайым, әмбебап және роботталған.

Лазерлік сканерлеу.

Лазерлік сканерлеу - бұл кеңістіктік координаттары бар нүктелер жиынтығымен таныстыру арқылы қоршаған кеңістіктің сандық моделін құру әдісі. Өлшеулерден кейін алынған объект моделі бірнеше миллиметр дәлдікпен координаттары бар алып нүктелер жиынтығы (жүздеген мыңнан бірнеше миллионға дейін). Лазерлік сканерлеу технологиясының мәні [9, 10] объектінің беткі нүктелерінің кеңістіктік координаттарын анықтау болып табылады. Бұл лазерлік шағылыспайтын диапазонды өлшегіш көмегімен барлық анықталған нүктелерге дейінгі қашықтықты өлшеу арқылы жүзеге асырылады [11].

Сканердің нәтижесі-есептелген үш өлшемді координаттары бар көптеген нүктелер. Мұндай нүктелер жиынтығы әдетте нүктелер бұлттары немесе скандар деп аталады. Әдетте бір бұлттағы нүктелер саны бірнеше жүз мыңнан бірнеше миллионға дейін өзгеруі мүмкін.

Лазерлік сканерлеу бойынша жұмыстарды жүргізу кезектілігі 3-суретте көрсетілген.



Сурет 3 - Лазерлік сканерлеу бойынша жұмыстарды жүргізу кезектілігі

ГНСС қолдану арқылы объектілерді мониторингі.

Ғаламдық навигациялық жерсеріктік жүйе (ҒНЖЖ) – бұл жерсеріктік сигналдарды өңдеу арқылы жер бетінің кез келген нүктесінде координаттарды алуға болатын жүйе. Кез-келген GNSS үш сегменттен тұрады: ғарыштық, жер үсті және пайдаланушы.

Навигациялық спутниктерді бақылау бойынша координаттарды анықтау келесі әдістермен жүргізілуі мүмкін [12]: абсолюттік; дифференциалды, салыстырмалы.

Горизонталь жылжулар мен қисаюларды анықтау әдістері.

Құрылыс нүктелерінің горизонталь жылжуы бір координаттар жүйесінде әртүрлі өлшеу циклдарында алынған олардың координаттарының айырмашылығы ретінде анықталады. Деформация шамасын анықтау мәселесін шешудің екі түрі бар: екі координат немесе бір координат бойынша [13]. Бірінші жағдайда нүктелердің координаталарын анықтау үшін сызықтық-бұрыштық өлшеулер, екінші жағдайда тірек нүктелері қолданылады.

Сызықтық-бұрыштық өлшеулер арнайы триангуляция және трилатерация желілері, полигонометрия жүрістері, аралас желілер, бұрыштық және сызықтық қиыстырулар, өлшенген бағыттар мен биіктіктері бар ұзартылған үшбұрыштардан жасалған желілер түрінде жасалады [14, 15].

Деформацияны бақылаудың аталған әдістері дәстүрлі болып табылады және мерзімді мониторинг кезінде практикада жиі қолданылады. Бұл әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 - Объектілердің деформациясын бақылау тәсілдерінің артықшылықтары мен кемшіліктері

Бақылау түрі	Дәлдігі	Үнемділік	Тиімділік	Нәтижелерді өңдеудің қарапайымдылығы
Геометриялық нивелирлеу	+	-	-	+
Фотограмметриялық бақылау әдістері	-	+	-	-
Лазерлік сканерлеу	+	+	+	+
Электрондық тахеометрлер	+	-	-	+
Ғаламдық навигациялық	-	+	+	-

жерсеріктік жүйе				
---------------------	--	--	--	--

Жоғарыда көрсетілген 1-кестені зерттеп, лазерлік сканерлеу әдісінің артықшылығы басым екеніне көз жеткізілді. Сонымен қатар, лазерлік сканерлеу әдісі түсірудің жоғары жылдамдығы, түсірілім деректерін нақтылау және толықтығы, қауіпсіздік, уақыт пен еңбекті үнемдеу сияқты көрсеткіштермен сипатталады. Осы себептен ғимараттар мен құрылыстардың деформациясын зерттеуде лазерлік сканерлеу әдісі таңдалды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Тұрғын үй кешенінің деформацияларын геодезиялық бақылау үшін «Хан-Тәңірі» ірі тұрғын үй кешені таңдалды.

«Хан-Тәңірі» ірі тұрғын үй кешені Алматы қаласындағы Іле Алатауының етегіндегі әдемі жерде, әл-Фараби даңғылынан 3,5 км қашықтықта орналасқан (4-сурет).



Сурет 4 - «Хан-Тәңірі» тұрғын үй кешенінің жалпы көрінісі

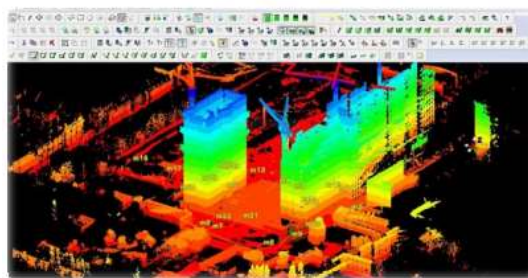
Хан Тәңірі тұрғын үй кешенінің деформацияларына геодезиялық мониторинг жердегі лазерлік сканерлеу әдісімен жүргізілді. Мониторинг төрт айлық мерзімділікпен екі кезеңде жүргізілді. Бірінші кезең - объектіні лазерлік сканерлеу, нөлдік өлшеу циклі деп аталады. Сканерлеу үшін Leica C10 жердегі лазерлік сканер қолданылды. Жұмыстың басы сканер станциясының орналасуын және қосылатын белгілердің орналасуын жоспарлау үшін объектіні және оған іргелес аумақты визуалды тексеру болды. Біздің жағдайда сканерлеу екі посттан өтті, тоғыз байланыстырушы белгі болды.

Белгі - бұл 100x100 мм және одан да көп өлшемдері бар, арнайы шағылыстыратын жабыны бар нысана. Сканердің екі тірегі үшін кем дегенде 4 жалпы белгі қажет. Белгілердің

орналасуы әр бекеттен қол жетімді болатындай болуы керек.

Әр станцияда сканерлеу: сканерді орнату, оны тегістеу, тестілеу, қажет болған жағдайда панорамалық фотосурет жасау, сканерлеу және маркаларды тану. Бір станцияда сканерлеу 30 минуттан екі сағатқа дейін созылады, сканерлеу уақыты берілген дискреттілікке және сканерлеу аймағына байланысты. Біз 5x5 см ажыратымдылықты орнаттық, нысан туралы толығырақ ақпарат алу үшін сканерлеу аймағы 360°x270°болды.

Лазерлік сканерлеудің нәтижесі 5-суретте көрсетілген нүктелік бұлттар болып табылады. Жұмысты орындау үшін пайдаланылатын сканер секундына 50 000-ға дейін өлшенген нүктелерді алуға мүмкіндік береді. Сканердің дәлдігі 4 мм-ге дейін, идеалды жағдайда 100 метр қашықтықта. Максималды қашықтық сканерленген объектінің шағылысу қабілетіне байланысты және 300 метрге жетеді. Сканерлеуден кейін сканердің екі станциясынан алынған нүктелердің бұлттары объектіні тексерудің максималды сапасын алу үшін тігіледі. Тігу байланыстырушы белгілерге сәйкес жүзеге асырылады. Лазерлік сканерлеудің ыңғайлылығы - әрбір сканерленген нүкте үшін координаттарды кез-келген жүйеде орнатуға болатындығы. Берілген нүктелерден координаттар GPS көмегімен анықталды. Лазерлік сканерлеудің тағы бір басымдығы - бұл объект үшін сканерлеу қай жерде және қай нүктеден жүзеге асырылатыны маңызды емес, сондықтан сканердің геодезиялық сілтемесі қажет емес және жетуге қиын жерлерді сканерлеуге болады.

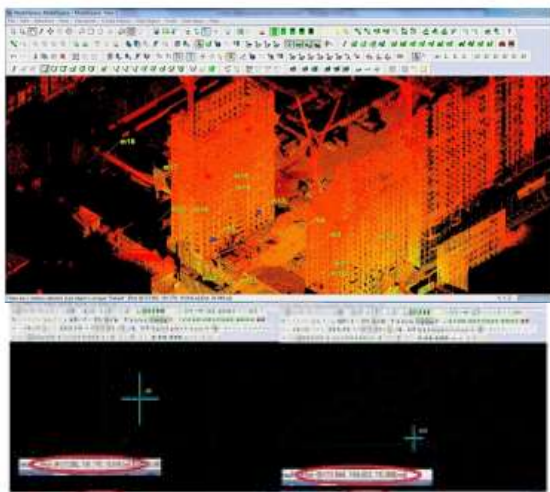


Сурет 5 – Сканерлеу кезінде алынған нүктелік бұлт

Нысанды сканерлегеннен кейін, құрылғыдан алынған деректер "Cyclone" бағдарламалық жасақтамаға жіберіледі, ол нүктелер бұлттарын өңдеуге, объектілерді модельдеуге және бірқатар қолданбалы есептерді шешуге

мүмкіндік береді. Біз алғашқы нәтижелерді алғашқы сауалнаманың мәліметтерін өңдегеннен кейін алдық. Бастапқыда біз құрылыс кезінде ауытқулар болған-болмағанын анықтадық. Нүктелер массивін өңдегеннен кейін ғимараттың едендік жоспары салынды және оның тік шекаралары бойынша бірінші және жиырмасыншы қабаттың деңгейі ғимараттың төрт бұрышына сәйкес 5, 10, 3, 3 мм-ге бөлінетіні талданды. Spір 3.03.01-87 "Жүк көтергіш және қоршау конструкциялары" ішінен жүк көтергіш қабырғалардың тігінен ауытқуының рұқсат етілген нормалары 20 мм-ден аспауы керек.

Екінші тапсырма бойынша - шөгү жылдамдығын анықтау үшін ғимаратты алғашқы сканерлеу кезінде біз оған байланыстырушы белгілерді бекітіп, олардың координаттарын анықтадық. Осылайша, объектіні кейінгі зерттеу кезінде олардың орын ауыстыруларын координаттар бойынша бақылауға мүмкіндік туды. Нәтижелерді 6-суреттен көруге болады.



Сурет 6 - Сканерлеу нәтижесінде алынған маркалардың координаттары (қараша)

Объектіге орнатылатын және тәулігіне 24 сағат аптасына 7 күн болатын жағдайдың деректерін түсіретін және жіберетін тұрақты мониторинг жүйелерінен айырмашылығы, мерзімді мониторингтің мәні объектіні сканерлеуді және белгілі бір уақыт аралығында бірнеше циклмен деректерді өңдеуді қамтиды, күрделі қондырғылар қажет емес. Екі жағдайда да оң және теріс жақтары бар, біздің жағдайда мониторингтің екінші әдісін қолдану ұтымды шешім болды.

Біздің жұмысымыздың екінші кезеңі объектіні алғашқы сканерлегеннен кейін төрт айдан кейін зерттеу болды. Өлшеудің екінші

циклінде екі сканерлеу станциясы және тоғыз байланыстырушы белгі орнатылды. Байланыстыру (бағдарлау) салынып жатқан объектінің сыртында тұрақты бекітілген белгілер бойынша өлшеу арқылы жүзеге асырылды. Екінші сканерлеу кезінде алынған деректер де өңделді. Барлық қажетті нүктелердің координаттары анықталды, олар 7-суретте көрсетілген.



Сурет 7 - Сканерлеу нәтижесінде алынған маркалар координаттары (ақпан)

Алынған екі нәтижені талдай отырып, біз белгілеріміздің координаттар бойымен жылжуын анықтай алдық және сәйкесінше ғимарат шөгүі болған-болмағанын талдадық. Нәтижелер 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2 - Ғимараттың ықтимал деформациясы мен шөгүін анықтау үшін сканерлеу нәтижелерін талдау

Марка	X	Y	Z	Маркалар арасыдағы арақашықтық
Сканерлеу деректері (қараша)				
m5	73.582	181.770	15.016	26.949
m13	73.584	154.823	15.358	
Сканерлеу деректері (ақпан)				
m5	73.586	181.769	15.011	26.950
m13	73.588	154.821	15.347	

Осылайша, m5 белгісі 5 мм биіктікке, ал m13 11 мм-ге жылжығанын көреміз. Бұл ғимараттың екі көтергіш қабырға бойымен біркелкі емес орналасуы туралы сигнал береді. Алайда, құрылыс нормалары мен ережелерінен ҚНЖЕ 2.02.01-83* «Ғимараттар мен құрылыстардың іргетастары» ғимараттардың іргетастарын отырғызудың рұқсат етілген нормалары 10 см құрайды. Осыдан қарастырылып отырған объект қолданыстағы нормалар мен ережелерге сәйкес

қолайлы шектерде болады деп қорытынды жасауға болады.

Қорытынды

Геодезиялық қызмет көрсету қазіргі уақытта құрылыс өндірісінің ажырамас және ең жауапты бөлігі болып табылады. Тұрғын үй кешендерін салу кезінде геодезиялық жұмыстарды өлшеу мен орындаудың жаңа әдістемелерінің пайда болуы еңбек өнімділігін едәуір арттыруға мүмкіндік берді.

Осылайша, негізгі нәтижелерді келесідей тұжырымдауға болады:

1. Құрылыстардың деформациясының себептері анықталды. Құрылыс объектілерін салу және пайдалану бойынша жинақталған

тәжірибені жүйелеу арқылы деформация себептерінің төрт негізгі тобын бөлуге болады:

1. Сыртқы техногендік және табиғи әсерлер;
2. Пайдаланудың жоспарлы шарттарының өзгеруі;
3. Техникалық қателер және технологиялық ақаулар;
4. Төтенше әсерлер.

Деформацияларды бақылаудың оңтайлы геодезиялық әдістері бақылаудың көпшілігінде қолданылады. Алайда, ұсынылған әдістер талаптарға сәйкес келмейтін, жұмыстың жоғары, дәл жылдамдығын талап ететін жұмыс жағдайында бақылаудың басқа әдістерін қолдану бұл жағдайлар тапсырыс берушінің мақсаттарына байланысты және экономикалық қауіпсіздікпен анықталады.

Осы мақалаға сілтеме: Уразбаев Г.М., Алтаева А.А., Кожаяев Ж.Т., Мустафин М.Г. Инженерлік құрылыстардың деформацияларының геодезиялық мониторингі // *Комплексное использование минерального сырья = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu..* – 2021. – №. 2 (317), -б. 69-77. <https://doi.org/10.31643/2021/6445.20>

Cite this article as: Urazbaev G.M., Altayeva A.A., Kozhayev Zh.T., Mustafin M.G. (2021). Geodetic monitoring of deformations of engineering structures // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a. = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu.* Vol. 317, Issue 2, -p. 69-77. <https://doi.org/10.31643/2021/6445.20>

Геодезический мониторинг за деформациями инженерных сооружений

¹Уразбаев Г.М., ^{1*}Алтаева А.А., ¹Кожаяев Ж.Т., ²Мустафин М.Г.

¹ Satbayev University, Алматы, Казахстан

² Санкт-Петербург тау-кен ісі университеті, Санкт-Петербург, Ресей

* Электронная почта автора: a.aselya_92@mail.ru

АННОТАЦИЯ

К сожалению, всевозможные внешние факторы, как антропогенного, так и природного характера способствуют тому, что все рукотворные сооружения подвергаются деформационным воздействиям. Геодезический мониторинг зданий и сооружений, своевременное выявление деформаций и их устранение — это залог долгой эксплуатации здания. Мониторинг - один из важнейших инструментов обеспечения надежности и безопасности многоэтажных и крупномасштабных зданий и сооружений при строительстве и эксплуатации. Значительный объем инструментального контроля при строительстве и эксплуатации осуществляется геодезическими методами. Геодезические методы используются для определения как локальных, так и общих деформаций зданий и сооружений, отклонений несущих, ограждающих конструкций от вертикальных и проектных чертежей, фундаментов и осадки грунтов, по которым специально оценивается техническое состояние здания или сооружения. Сегодня анализ деформаций - важная задача для каждого региона нашей страны, особенно для участков с изменениями земной поверхности. Область исследования деформаций в Республике Казахстан достаточно развита и есть много необходимых материалов для выявления таких изменений. В нашей стране организованы

Поступила: 22 марта 2021

Рецензирование: 21 апреля 2021

Принята в печать: 14 июня 2021

специальные службы для управления любыми реперными точками и анализа результатов высокоточных измерений в несколько циклов для выявления любых изменений на земной поверхности. Поэтому в данной статье представлен обзор классических методов геодезического контроля, а также инструментов и технологий, используемых для определения количественных характеристик деформаций инженерных объектов.

Ключевые слова: мониторинг, геодезический контроль, деформация, GNSS, лазерное сканирование, электронный тахеометр, цифровое нивелирование.

Информация об авторах:

Уразбаев Ғалымжан Махамбеталиұлы	магистрант, Сатбаев Университет, Алматы, Казакстан. ORCID ID: 0000-0002-8098-0816, email: galymzhan_urazbaev@mail.ru
Altayeva Assel Abdikerimkyzy	Докторант, Сатбаев Университет, Алматы, Казакстан, ORCID ID: 0000-0002-1675-6828, email: a.aselya_92@mail.ru
Kozhayev Zhenis Tursynalievich	PhD доктор, Сатбаев Университет, Алматы, Казакстан, ORCID ID: 0000-0002-9976-9375, email: zh.kozhayev@satbayev.university
Mustafin Murat Gazizevich	д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Инженерная геодезия, Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия. ORCID ID: 0000-0001-9416-2358

Әдебиеттер

- [1] Шеховцов, Г.А. (2009). Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений. Н.Новгород, ННГАСУ, 156.
- [2] Герасимов В.А., Лобазов В.Я., Резник Б.Е. (2010). Концепция геодезического мониторинга деформационных процессов. Геопрофи, №1, 17-21. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/25/10/105004>. 73.
- [3] Mustafin M.G., Valkov V.A., Kazantsev A.I. (2017). Monitoring of deformation processes in buildings and structures in metropolises. Procedia Engineering, Volume 189, 729-736. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.115>.
- [4] Zhang X. (2017). Different monitoring methods for building deformation of practical exploration. Journal of Physics: Conf. Series 910, 012029. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/910/1/012029>.
- [5] Xu Y.L., Chen B, Ng CL, Wong KY, Chan WY. (2010). Monitoring temperature effect on a long suspension bridge. Struct Control Hlth, 17, 632-53. <https://doi.org/10.1002/stc.340>.
- [6] Okiemute E.S., Olujimi O.F. (2018). Monitoring and analysis of vertical and horizontal deformations of a large structure using conventional geodetic techniques. Journal of Environment and Earth Science, Vol.8, № 12,. 52-61. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2529964>.
- [7] Baltiyeva A. A., Raskaliyaev A. S., Samsonenko A. I., Shamganova L. S., Fan H. (2020). Development of the software and technical complex of the high-precision satellite positioning system in the conditions of open pit mining processes. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â/Complex Use of Mineral Resources/Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu., 4 (315), p. 42-48. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.35>.
- [8] Janicka J., Błaszczak-Bąk W., Rapinski J., Suchocki C. (2020). Application of the msplit estimation method in the detection and dimensioning of the displacement of adjacent planes. Remote Sensing, 12(19), 1-17. <https://doi.org/10.3390/rs12193203>.
- [9] Hayakawa Y., Kusumoto Sh., Matta N. (2016). Application of terrestrial laser scanning for detection of ground surface deformation in small mud volcano. Hayakawa et al. Earth, Planets and Space, 68:114. <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0495-0>.
- [10] Lienhart W. (2017). Geotechnical monitoring using total stations and laser scanners: critical aspects and solutions. Journal of Civil Structural Health Monitoring volume 7, 315–324. <https://doi.org/10.1007/s13349-017-0228-5>.
- [11] Kovanič, L.; Blistan, P.; Urban, R.; Štroner, M.; Pukanská, K.; Bartoš, K.; Palková, J. (2020). Analytical determination of geometric parameters of the rotary kiln by novel approach of TLS point cloud segmentation, 10, 7652.
- [12] Yuwono B.D., Prasetyo Y. (2019). Analysis deformation monitoring techniques using GNSS survey and terrestrial survey. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 313, 012045. <https://doi:10.1088/1755-1315/313/1/012045>.
- [13] Sedlak V. (2015). Some specific procedures in solving the deformation vector for mining undermined areas. Journal of materials and engineering structures, 2, 99–110.
- [14] Жуков Б.Н., Карпик А.П. (2003). Геодезический контроль инженерных объектов промышленных предприятий и гражданских комплексов. Новосибирск, СГГА, 356. <https://doi: 10.5862/MCE.46.6>.
- [15] Luccio M. (2002). The concrete and the clay: monitoring large structure deformation. GPS World, Vol. 13, No. 8, 16. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.115>.

Reference

- [1] Şehovsov, G.A. (2009). *Sovremennyye geodezicheskie metody opredeleniya deformatsii inzhenernykh sooruzhenii* [Modern geodetic methods for determining the deformations of engineering structures]. N. Novgorod, NNGASU, 156. (in Russ).
- [2] Gerasimov V.A, Lobazov V.Я., Reznik B.E. (2010). *Konsepsiya geodezicheskogo monitoringa deformatsionnykh processov. Geoprofi* [The concept of geodetic monitoring of deformation processes], №1, 17-21. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/25/10/105004>. 73.(in Russ).
- [3] Mustafin M.G., Valkov V.A., Kazantsev A.I. (2017). *Monitoring of deformation processes in buildings and structures in metropolises. Procedia Engineering*, Volume 189, 729-736. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.115>. (in Eng).
- [4] Zhang X. (2017). *Different monitoring methods for building deformation of practical exploration. Journal of Physics: Conf. Series* 910, 012029. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/910/1/012029>. (in Eng).
- [5] Xu YL, Chen B, Ng CL, Wong KY, Chan WY. (2010). *Monitoring temperature effect on a long suspension bridge. Struct Control Hlth*, 17, 632-53. <https://doi.org/10.1002/stc.340>. (in Eng).
- [6] Okiemute E.S., Olujimi O.F. (2018). *Monitoring and analysis of vertical and horizontal deformations of a large structure using conventional geodetic techniques. Journal of Environment and Earth Science*, Vol.8, № 12,. 52-61. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2529964>. (in Eng).
- [7] Baltiyeva A. A., Raskaliyaev A. S., Samsonenko A. I., Shamganova L. S., Fan H. (2020). *Development of the software and technical complex of the high-precision satellite positioning system in the conditions of open pit mining processes. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â/Complex Use of Mineral Resources/Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu*, 4 (315). P. 42-48. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.35>. (in Eng).
- [8] Janicka J., Błaszczak-Bąk W., Rapinski J., Suchocki C. (2020). *Application of the msplit estimation method in the detection and dimensioning of the displacement of adjacent planes. Remote Sensing*, 12(19), 1-17. <https://doi.org/10.3390/rs12193203>. (in Eng).
- [9] Hayakawa Y., Kusumoto Sh., Matta N. (2016). *Application of terrestrial laser scanning for detection of ground surface deformation in small mud volcano. Hayakawa et al. Earth, Planets and Space*, 68:114. <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0495-0>. (in Eng).
- [10] Lienhart W. (2017). *Geotechnical monitoring using total stations and laser scanners: critical aspects and solutions. Journal of Civil Structural Health Monitoring* volume 7, 315–324. <https://doi.org/10.1007/s13349-017-0228-5>. (in Eng).
- [11] Kovanič, L'; Blistan, P.; Urban, R.; Štroner, M.; Pukanská, K.; Bartoš, K.; Palková, J. (2020). *Analytical determination of geometric parameters of the rotary kiln by novel approach of TLS point cloud segmentation*, 10, 7652. (in Eng).
- [12] Yuwono B.D., Prasetyo Y. (2019). *Analysis deformation monitoring techniques using GNSS survey and terrestrial survey. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 313, 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/313/1/012045>. (in Eng).
- [13] Sedlak V. (2015). *Some specific procedures in solving the deformation vector for mining undermined areas. Journal of materials and engineering structures*, 2, 99–110. (in Eng).
- [14] Jukov B.N., Karpik A.P. (2003). *Geodezicheskii kontrol inzhenernykh obektov promyslennykh predpriatii i grajdanskih kompleksov* [Geodetic control of engineering facilities of industrial enterprises and civil complexes]. Novosibirsk, SGGA, 356. <https://doi.org/10.5862/MCE.46.6>. (in Russ).
- [15] Luccio M. (2002). *The concrete and the clay: monitoring large structure deformation. GPS World*, Vol. 13, No. 8, 16. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.115>. (in Eng).