

Exploring the Influence of Pile Cap Thickness on the Effectiveness of Pile Cap Foundations through Numerical Analysis

Ye. Bessimbayev¹, S. Niyetbay^{1*}, Z. Zhambakina¹, T. Enayat²

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: sayat_90@inbox.ru

Abstract. Subsurface engineering techniques have gained significant traction in advanced industrialized nations, where they are commonly employed. Piles, whether used individually or in groups connected to a reinforced pile cap on the surface, bear various types of loads such as axial, lateral, temporary, and sustained loads. When designing a pile foundation with a cap, it is crucial to consider the thickness of the cap. A thin cap, which distributes weight unevenly among the piles, functions more like a flexible slab, deviating from the traditional concept of pile foundations. In contrast, a thicker and stiffer cap spreads the load more evenly across the piles, reducing bending moments and the risk of shear failure, albeit potentially placing greater stress on the foundation. The primary objective of this article is to investigate how varying pile cap thickness affects the performance of pile foundations, particularly in terms of load distribution on the piles and deformation of the pile cap. The goal is to determine whether a specific cap thickness leads to a more uniform distribution of loads. In this study, a 3-D finite numerical model of nine pile-cap foundations was developed using the commercial software ABAQUS. These foundations featured cap thicknesses ranging from 0.5 meters to 3 meters. Data collected during the study includes pile loads, load transfer from piles to the cap, and lateral movement of the cap.

Keywords: *pile cap rigidity, pile cap, pile cap thickness, loads in piles, numerical simulation.*

1. Кіріспе

Алғашқыда, қадалы іргетастар ғимараттардың тұрақты тірегі жасау үшін топыраққа қағылған ағаш немесе тас материалдардан жасалды. Бұл әдістер әртүрлі мәдениеттерде, соның ішінде мысырлық, грек және рим өркениеттерінде қолданылды.

Орта ғасырларда және жаңа дәуірде қадалы іргетастарды қолдану кеңінен тарала бастады, әсіресе шіркеулер, сарайлар және көпірлер сияқты ірі құрылыс нысандарында. Технологиялар жетілдірілді, және қада орнатудың тиімді әдістері, мысалы, бұрғылар мен крандарды пайдалану енгізілді.

XIX ғасырда өнеркәсіптік революцияның дамуымен бірге темір және болат сияқты жаңа материалдар пайда болды, олар қадаларды жасау және оларды орнату әдістерін жетілдіру үшін қолданылды. Бұл биік және берік құрылымдарды салуға мүмкіндік берді.

XX ғасырда құрылыс технологияларының дамуымен бірге қадаларды орнатудың жаңа әдістері, соның ішінде вибрациялық және гидравликалық қондырғылар пайда болды. Сонымен қатар, бетон және композиттер сияқты жаңа материалдар кеңінен қолданыла бастады.

Бүгінгі таңда қадалы іргетастар түрлі ғимараттар үшін тұрақты негіз жасаудың ең кең таралған әдістерінің бірі болып табылады, және олардың тиімділігі мен беріктігін арттыру мақсатында жаңа технологиялар мен материалдарды әзірлеу жалғасуда.

Қадалы іргетастың қаттылығын есептеу әдістері жобаға қойылатын нақты талаптар мен шарттарға

байланысты әртүрлі тәсілдерді қамтиды. Олардың кейбіреулері мыналар.

Аналитикалық әдістер: Бұл әдістер қадалы іргетастың геометриясын, материалдарын және топырақтың қасиеттерін ескеретін математикалық модельдерге негізделген. Олар шекті элементтер әдісі (Finite Element Method, FEM), шекті айырмалар әдісі (Finite Difference Method, FDM) және іргетастың әртүрлі элементтері мен топырақтың күрделі өзара әрекеттестігін ескеруге мүмкіндік беретін басқа аналитикалық тәсілдерді қамтиды.

Эмпирикалық әдістер: Бұл әдістер ертеде орнатылған қадалы іргетастардың әрекетін бақылау мен тәжірибеге негізделген. Олар сынақ нәтижелерінің статистикалық талдауына немесе нақты құрылыстарға жүргізілген бақылауларға негізделген эмпирикалық формулаларды қамтуы мүмкін.

Сараптамалық бағалау: Кейбір жағдайларда сарапшылар топырақтың сипаттамалары, қадалы іргетастың геометриясы және басқа да параметрлер негізінде қаттылығын бағалау үшін өз тәжірибесі мен білімін қолдана алады.

Бағдарламалық қамтамасыз етуді қолдану арқылы модельдеу: Іргетастарды есептеу үшін геотехникалық немесе конструкциялық бағдарламалар сияқты мамандандырылған бағдарламалық құралдарды пайдалану арқылы қадалы іргетастың қаттылығына әсер ететін әртүрлі факторларды ескере отырып, неғұрлым нақты сандық есептеулер жүргізуге болады.

Нақты әдісті таңдау көптеген факторларға байланысты, соның ішінде қолжетімді деректер, дәлдік

деңгейі, жобаның талаптары және инженердің қалауы. Нақты жағдай үшін ең қолайлы әдісті таңдау үшін мұқият талдау жүргізу маңызды.

Терең іргетастар әдетте іргетас астындағы топырақтың түсетін жүктемелерді көтеру қабілетін жоғалтқан кезде пайдаланылады. Терең іргетастар, әдетте, қадаларды, бағанды, кессондарды және құдықты іргетастарды қамтиды. Терең іргетастардың ең көп таралған түрлерінің бірі - қадалы іргетас. Қадалы іргетастың екі негізгі компоненті – ростверк және қадалар, бұл ретте ростверк құрылыстың жоғарғы бөлігін төменгі бөлігімен толық байланыстырады. Демек, ростверктің көтеру қабілеті бүкіл іргетас құрылымына айтарлықтай әсер етеді. Мысалы, қадаларға түсетін жүктемелер ростверкке және қадаларға әсер етеді, бірақ ростверктің қаттылығы жүктеменің қадаларға берілуіне әсер етеді. Ростверктер қатты немесе икемді болуы мүмкін. Теориялық тұрғыдан алғанда, егер ростверк қатты болса, барлық қадалар біркелкі жүктеледі. Егер ростверк икемді болса, онда жүктеме аймағына жақын орналасқан қадалар басқа қадаларға қарағанда үлкенірек жүктеме көтереді. Ерекше жағдайларда бұл қадалардағы жүктеме басқа қадаларға қарағанда бірнеше есе артық болуы мүмкін. Алайда, іс жүзінде барлық қадалар жоғары қадалар тобының стандарттарын сақтай отырып жобаланады.

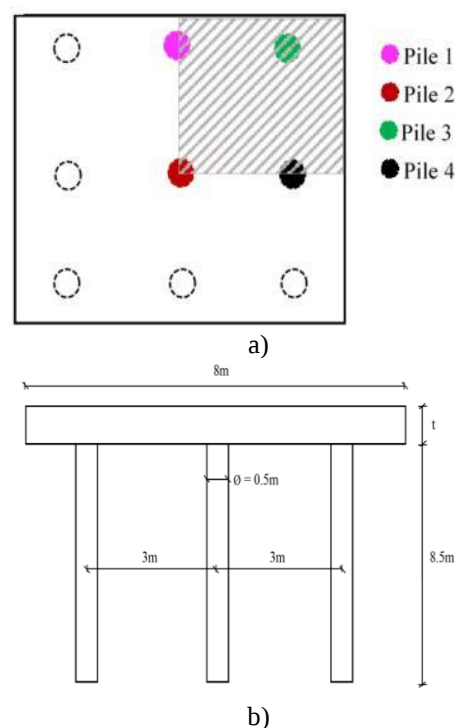
Зерттеушілер ростверктің қаттылығын есептеуге арналған әртүрлі формулаларды әзірледі, мысалы, Viggiani және басқалар [1] және Hain мен Lee [2], олар ростверк пен топырақ үшін Юнг модулі мен Пуассон коэффициентін ескереді. Бұл модельдер, ең алдымен, ростверкке байланысты сипаттамаларды, мысалы, ростверктің қалыңдығы мен оның материалының серпімділік модулін ұсынады. Басқа модельдерге қадалардың өзіне қатысты сипаттамалар, мысалы, қадалардың қаттылығы кіреді. Reynolds және басқалар [3] ростверктің қалыңдығын қада диаметріне байланысты анықтау үшін формуланы пайдалануды ұсынды, бұл анкерлеу және ығысу критерийлерін қанағаттандыру үшін қажет. Олар сондай-ақ колоннаны есептеу кезінде иілу моментін ескермеу үшін белгілі бір ростверк қалыңдығын таңдауды ұсынды. Екі немесе одан да көп қада бір колонна астына орнатылған кезде, ростверк иілу моменттерін және басқа да әсер ететін жүктемелерді ескере отырып күшейтілуі керек. Отыз жылдан кейін Rabbani және басқалар [4] Рейнольдс ережесін жоғары бағалады, өйткені ол қауіпсіздіктің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді, бірақ әрдайым экономикалық тұрғыдан тиімді бола бермейді және ол нақты деректерге негізделген.

A. Alkinani жалғыз қада мен ростверкпен байланысқан қадалар тобын әртүрлі тереңдікте және ростверкке әсер ететін әртүрлі жүктеме нұсқалары жағдайында толық эксперименттік зерттеу жүргізді [5]. Зерттеу нәтижелері ростверктің құмды негізге орнатылған кезде оның әсері айтарлықтай үлкен екенін көрсетеді. Осы жұмыстағы топырақ-қада негізгі моделінде ростверктің кедергісі оның ендірілу тереңдігі артқан сайын едәуір өседі.

1.1. Сандық модельдің сипаттамасы

Талдау тоғыз қадасы бар бір іргетас үшін жүргізілді. Қадалар екі қатарға орналасқан және қадалардың орталық сызығына сәйкес келеді. Ростверк шаршы

пішінді, ұзындығы 8 метр және барлық талдау жағдайларында өзгеріссіз қалады. Ростверк пен қадалар үшін бетон материалы қолданылды. Қадалардың өлшемі 0.5 метр, олардың арасындағы қашықтық 3 метр, ал ростверктің қалыңдығы 0.5 метрден 3.0 метрге дейін өзгертілді. Қадалардың ұзындығы 8.5 метрді құрайды. Іргетастың симметриясын ескере отырып, есептеулерде тек оның төрттен бір бөлігі қарастырылды. Осы жұмыста тек 1-суретте көрсетілген бөлік модельденіп, бағаланды, сондай-ақ зерттеу процесінде әр төртінші қадаға түсетін жүктеме бақыланды.



Сурет 1. Іргетастың геометриялық орналасуы: (а) жоспар көрінісі, (б) жоғарыдан көрінісі

2. Зерттеу әдістері мен материалдары

2.1. Модельдеу әдістері

Қадалы іргетастарды ABAQUS үш өлшемді соңғы элементтер әдісі бағдарламасын пайдалана отырып модельдеу келесі тәртіпте орындалды:

Модель геометриясын құру: ABAQUS бағдарламасында іргетастың үш өлшемді моделі жасалады, онда барлық геометриялық параметрлер, соның ішінде қадалардың пішіні мен өлшемдері, салыну тереңдігі, топырақ негізінің геометриясы және басқа да маңызды мәліметтер ескеріледі.

Материалдар мен қасиеттерін анықтау: Іргетастың әрбір құрамдас бөлігі (қадалар, ростверк, топырақ және т.б.) үшін тиісті материалдар мен олардың механикалық қасиеттері анықталады, мысалы, беріктік, серпімділік, серпімділік модулі, Пуассон коэффициенті және басқа да сипаттамалар.

Шекаралық шарттарды белгілеу: Модель үшін қозғалысты белгілі бір бағыттарда шектеу, бекіту нүктелері немесе шекаралық шектеулер сияқты шекаралық шарттар анықталады.

Жүктемелерді модельдеу: Іргетасқа әсер ететін барлық жүктемелер, оның ішінде тік және көлденең

жүктемелер, моменттер, динамикалық жүктемелер және т.б. енгізіледі.

Шекті элементтер торын құру: Модель сандық талдау жүргізу үшін шекті элементтерге бөлінеді. ABAQUS бағдарламасында модельдің геометриясы мен күрделілігіне байланысты әртүрлі элемент түрлерін қолдануға болады.

Есептеуді іске қосу: Модельдеудің барлық параметрлері енгізілгеннен кейін ABAQUS бағдарламасында есептеуді орындау жүргізіледі.

Нәтижелерді талдау: Есептеулер аяқталғаннан кейін алынған нәтижелер, мысалы, кернеулер, деформациялар, орын ауыстырулар және басқа да параметрлер іргетастың жұмысын және оның сенімділігін бағалау үшін талданады.

Модельді нақтылау және оңтайландыру: Қажет болған жағдайда, алынған нәтижелерге немесе жобадағы өзгерістерге негізделі отырып, модель нақтыланып және оңтайландырылып өңделуі мүмкін.

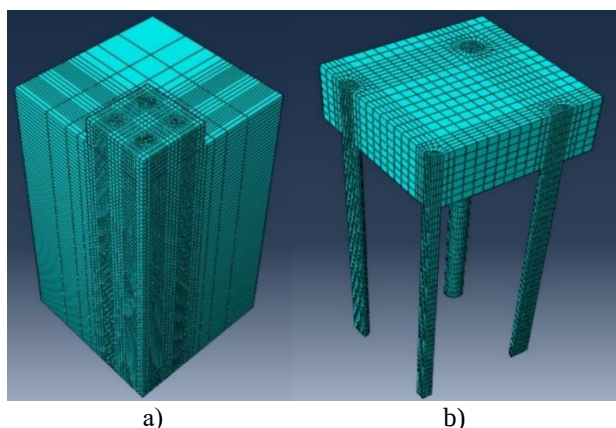
Үш өлшемді соңғы элементтер әдісін қолданатын ABAQUS бағдарламасы қадалы іргетастардың жұмысын неғұрлым дәл және шынайы талдауға мүмкіндік береді, сондай-ақ олардың жұмыс істеуіне және сенімділігіне әсер ететін әртүрлі факторларды ескеруге мүмкіндік береді.

Осы жұмыста қадалы іргетастар ABAQUS үш өлшемді шекті элементтер әдісі бағдарламасын пайдалану арқылы модельденді. Бірқатар зерттеушілер бұл бағдарламаны геотехникалық зерттеулер жүргізу үшін қолданған, олардың қатарына Alkinani және басқалар [6] кіреді. Төменде қадалар, ростверк, топырақ және шекаралық шарттарды модельдеудің әдістемесі егжей-тегжейлі сипатталған.

2.2. Қадалар мен ростверкті модельдеу

Қадалар мен ростверкті модельдеуі үшін ABAQUS бағдарламасында үш өлшемді C3D8 элементі (яғни, 8 түйінді үш өлшемді элемент) қолданылды. Есептеулерде осы C3D8 элементі пайдаланылып, оған азайтылған интеграция емес, толық интеграция тағайындалды.

Топырақтың серпімділігі бір ғана құм қабаты ретінде модельденді, оның ені 1000 см, ал ұзындығы 1700 см. Топырақтың жалпы ені қаданың жоғарғы бөлігінің енінен 2.5 есе үлкен деп қабылданды (яғни, 2.5×8 м), ал оның ұзындығы қаданың ұзындығынан 2 есе артық деп есептелді (яғни, 2×8.5 м).



Сурет 2. (а) ABAQUS бағдарламасында тоғыз қадалы іргетастың төрттен бір бөлігінің шекті элементтерге

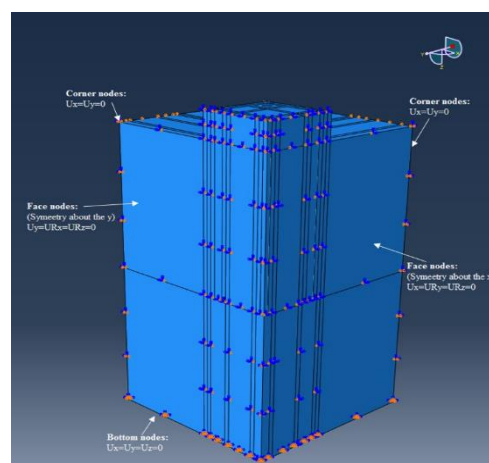
бөлінуі. (b) ABAQUS бағдарламасында тоғыз қадалы іргетастың төрттен бір бөлігінің моделі

Модельдің шекаралық шарттары 3-суретте көрсетілген. Координаттар жүйесі горизонталь осьтер Х және Y үшін жоғары бағытты анықтау мақсатында жалпы оң қол ережесін қолданады, ал Z тік осінің оң бағыты төменге қарай бағытталған. 3-суретте беткі қабат, шеттер және төменгі нүктелер үшін енгізілген шектеулер көрсетілген, олар белгіленген осьтер бойынша орын ауыстыру (U) және айналу (UR) еркіндіктерін шектейді. Юнг серпімділік модулі (E), орта және тығыз құм үшін Geotechdata (Geotechdata.info) [7] деректерінің негізінде алынған және топырақтың барлық тереңдігінде бірдей деп қабылданған.

Кесте 1. Топырақ және бетон қасиеттері

Параметрлер	Өлшем бірлігі	құм		Бетон
		Тығыз құм	Орташа тығыздықтағы құм	
Материал тығыздығы	ρ (т/м ³)	1.63	1.49	2.41
Юнг модулі	E (МПа)	65	49	23600
Үйкеліс бұрышы	ϕ (°)	40	30	
Пуассон коэффициенті	ν	0.35	0.29	0.21
Дилатансия бұрышы	ψ (°)	10	0	
Үйкеліс коэффициенті		0.55	0.45	

3-суретте модель конструкциясының параметрлері көрсетілген. Орналасуы мен позициясына келетін болсақ, горизонталь векторлар Х және Y стандартты оң қол ережесіне сәйкес келеді, ал Z тік осінің оң бағыты төменге бағытталған. Суретте алдыңғы, бүйірлік және төменгі түйіндер үшін енгізілген шектеулер көрсетілген, олар белгіленген осьтер бойынша орын ауыстыру (U) және айналу (UR) еркіндіктерін шектейді, бұл суретте көрініс тапқан.



Сурет 3. симулятордың шекаралық шарттары

3. Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Осы мақсатта екі іргетасқа зерттеу жүргізілді: біреуі 16 қадалы, екіншісі 9 қадалы. Екі түрлі топырақ түрінде сынақтар жүргізілді: орташа тығыздықтағы құм және тығыз құм. Біркелкі таралған тік жүктеме ростверк пен

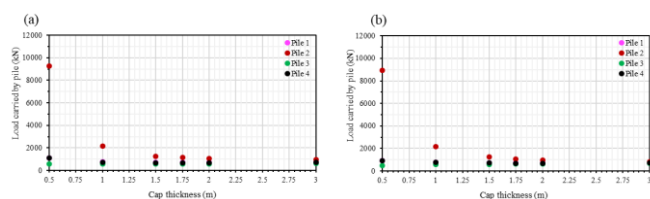
қадалардың пішінінің өзгеруіне және жоғары иілу кернеулеріне әкелетіндіктен, ростверктің ортасына төмен бағытталған 300000 кН жұмыс жүктемесі енгізілді.

Зерттеуде қарастырылған құрылымдық реакция факторлары екі негізгі санатқа бөлінеді:

- Әрбір жеке қаданың жүктемесі, сондай-ақ қадалар мен ростверк арасындағы жүктеме таралуы.
- Ростверктің төменгі бетінің таңдалған нүктелеріндегі тіркелген тік орын ауыстыруы.

4-суретте көрсетілгендей, 9 қадалы іргетас үшін ростверк қалыңдығы 50 см болған жағдайда, 2-қада айтарлықтай жүктеме тудырады, ол басқа қадаларға қарағанда шамамен 16-18 есе көп. Қадалар санының әртүрлі болуы 2-қада мен қалған үш қада арасындағы жүктеме ауытқуларына да әсер етеді. Бұл іргетаста тек бір ғана 2-қада белгіленген, бірақ 1-қада және 4-қада болып белгіленген екі қада, сондай-ақ 3-қада болып белгіленген төрт қада бар.

2-қаданы есептеулерден алып тастау қадалардың ең жоғары және ең төменгі жүктемелерінің арақатынасын орташа тығыздықтағы құм үшін 15.9-дан және тығыз құм үшін 18.4-тен 1.9-ға дейін төмендетеді. Бұл арақатынас 1 м құм қабаты үшін шамамен 1.3-ке тең, ал 1.5 м, 1.75 м, 2 м және 3 м қабаттар үшін шамамен 1.2-ге жақын. Тығыз құм жағдайында бұл мән 1.1-ден 1.2 аралығында өзгереді.



Сурет 4. Қаданың жүктемесі ростверк қалыңдығына байланысты (9 қадалы іргетас үшін): (a) орташа тығыздықтағы құм, (b) тығыз құм

4-суретте көрсетілген нәтижелер топырақ түрінің қадаларға түсетін жүктемеге әсерін көрсетеді және тығыз құм сияқты жоғары тығыздықтағы топырақ қадалар арасындағы жүктеменің біркелкі бөлінуіне ықпал ететінін айқындайды.

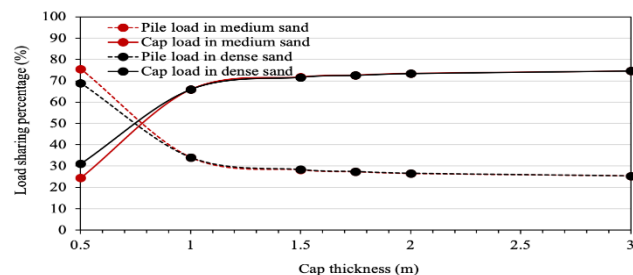
Осы зерттеуде сыртқы жүктеме қадаларға біркелкі бөлінген деп есептелді, егер олардың көтергіштік қабілеті арасындағы айырмашылық жиырма пайыздан аспаса. Осы нәтижелерді, сондай-ақ жеңіл және тығыз құм түрлеріне қатысты алынған мәліметтерді ескере отырып, 1.75 метр немесе одан да қалың ростверк 9 қадалы іргетастағы барлық қадаларға жүктемені біркелкі таратуға ықпал ететіні анықталды, алайда орталық қада бұл жағдайда ерекшеленеді.

5-суретте 9 қадалы іргетас үшін қадалар мен ростверк арасындағы жүктеменің таралуы көрсетілген. Айта кету керек, ростверк қалыңдығы 0.5 метр болған жағдайда, жүктеменің негізгі бөлігі қадаларға беріледі. Нақтырақ айтқанда, 9 қадалы іргетас жағдайында қадалар жалпы жүктеменің шамамен 72-79%-ын көтереді, ал ростверк тек 21-28%-ын қабылдайды. 9 қадалы іргетаста қадалар 16 қадалы іргетасқа қарағанда үлкенірек жүктеме алады.

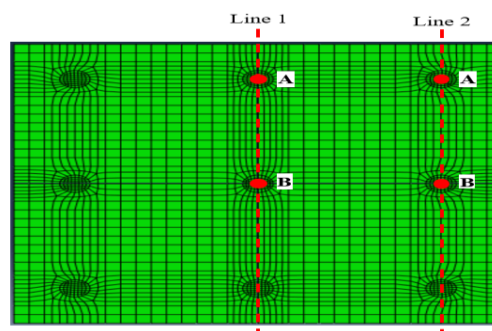
5-суреттегі мәліметтер ростверктің қадалармен салыстырғанда әлдеқайда икемді екенін және, сәйкесінше, сыртқы жүктемеге төтеп беру мүмкіндігі шектеулі болуы мүмкін екенін көрсетеді. Егер

қадалардың қалыңдығы 750 см-ден асса, ростверк пен қадалар жүктемесі шамамен тең мөлшерде бөлісіп, әрқайсысы жүктеменің 50%-ын көтереді. Ростверк қалыңдығы 1 метрден асқанда, ростверк пен қадалар арасындағы жүктеме таралуы тұрақты күйге ауысады. 9 қадалы іргетас үшін ростверк қадалар көтеретін жүктеменің шамамен 70%-ын өзіне қабылдайды.

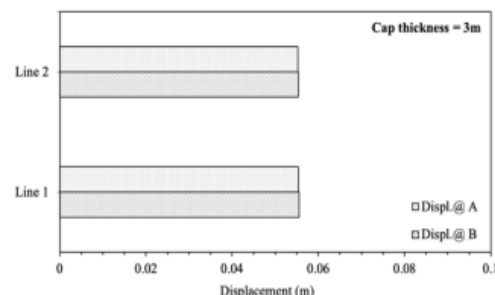
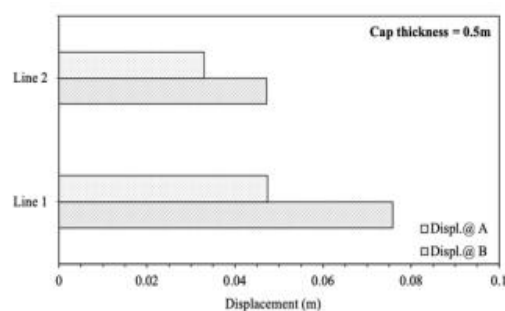
Сонымен қатар, 5-суретте көрсетілген мәліметтер топырақ түрінің жүктеме таралуына әсер етпейтінін көрсетеді. Бұл зерттеуде ростверктің өзіндік салмағы 9 қадалы іргетас үшін жүктеме таралуына шамамен 4%-ға әсер ететіні анықталды.



Сурет 5. Жүктеменің ростверк қалыңдығына байланысты таралуы: 9 қадалы іргетас



Сурет 6. Орын ауыстыруды зерттеуге арналған типтік нүктелердің орналасуы

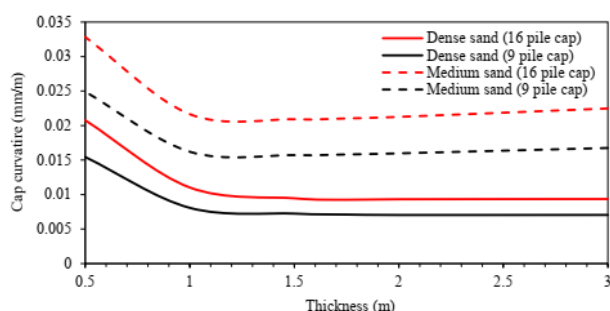


Сурет 7. Ростверк қалыңдығы 0.5 метр және 3.0 метр болғандағы тік орын ауыстыру

Осы зерттеуде ростверктің әртүрлі қалыңдықтары үшін орын ауыстыруы бағаланып, жеке қадаларға берілетін жүктемені зерттеу жүргізілді. 6-суретте осы зерттеуде қарастырылған негізгі нүктелердің орналасуы көрсетілген, ал 7-суретте орташа тығыздықтағы құм жағдайында ростверк қалыңдығы 0.5 м және 3 м болған кездегі осы нүктелердің деформациясы көрсетілген.

7-суреттен ростверк қалыңдығы 3 м болғанда, бақылау нүктелерінің деформациясы бірдей мөлшерде екені байқалады. Алайда, ростверктің ортасында (1-жол) 50 см қалыңдықта өзгерістер жүктеме әсер ететін шеттерінде (2-жол) айқынырақ көрінеді. Бұл 3 м қалыңдықтағы ростверктің 0.5 м қалыңдықтағы ростверкке қарағанда қаттырақ екенін көрсетеді, бұл 6-суреттегі нәтижелерге сәйкес келеді. 7-суретте деформацияның В нүктесінде 0.5 м қалыңдықтағы ростверкке қарағанда едәуір үлкен екені байқалады. Мұндай үрдіс икемді пластинаның деформациясы үшін қалыпты жағдай болып табылады.

Сурет 8-де сондай-ақ 16 және 9 қадалы іргетастар үшін ростверктің қалыңдығына байланысты оның иілу дәрежесі көрсетілген, бұл Чжэн Ченг әдістемесін [7] қолдану арқылы анықталған. Чжэн ростверктің жалпы қаттылығын оның қалыңдығын арттырған кезде иілуінің айтарлықтай төмендеуіне әкелмейтін жағдаймен байланыстырды. Осыған сүйене отырып, 1.5 метр қалыңдық икемді және икемсіз ростверктер арасындағы шекті мән ретінде қарастырылуы мүмкін.



Сурет 8. Қадалы іргетастың ростверктің қалыңдығына байланысты иілу тәуелділігі

4. Қорытынды

Ростверк қалыңдығының қадалы іргетастың көтергіштік қабілетіне әсері зерттелді. 9 қадалы іргетасты модельдеу үшін орташа тығыздықтағы және тығыз құмда жүргізілген зерттеу қорытындылары модельді тексеру мақсатында пайдаланылды. Ростверктің ортасынан төмен қарай 300000 кН жұмыс жүктемесі енгізілді. Бағалау үшін ростверктің қалыңдығы 0.5 м-ден 3.0 м-ге дейін, 0.5 м қадаммен өзгертілді.

Құрылымның реакциясын бағалау үшін әрбір жеке қаданың сіңіретін жүктемесі және ростверктің иілуі қолданылды. Келесі қорытындылар жасалды:

Ростверк бастапқыда икемді құрылым ретінде жобаланады, белгілі бір қалыңдыққа жеткеннен кейін, бетон беріктігін арттырып, қадалардағы кернеулер біркелкі таралады.

Талдауда қарастырылған бес қалыңдық мәнінің ішінде 1.5 метр беріктігі жоғары ростверктің минималды қалыңдығы ретінде ұсынылады.

Ростверк қалыңдығының ұлғаюына байланысты ростверк пен қадалардағы қосымша салмақ жалпы жүктеменің шамамен үш пайызын құрайды. Сондықтан, ростверк қалыңдығының артуынан туындайтын қосымша жүктеме ескерілмейді.

References / Әдебиеттер

- [1] Vidzhiani, R.G. (2012). Svajlar zhəne kadaly irgetastar. New-York: CRC Press
- [2] Rabbani, U.-Z.H. (2018). Arturli zhagdajlarda kadaly kalpakshalardyn zhumysy. Arhitekturalyk zertteu
- [3] Reinol'ds, Dzh. (1988). Temirbeton zhobalaushysynyn anyktamalygy. London: CRC Press
- [4] Sugunadevi, S.P.M. (2018). Arturli zhukteme zhagdajlarynda kadalar men kadaly kalpaktardun jeksperimenttik zertteui. Inzheneriya zhane ozuk tehnologijalar halykaralyk zhurnaly, IJEAT
- [5] Ashraf Alkinani. (2014). Kopphazaly model'di paidalana otyryp, tygyz kadaly irgetastardy zhuktemege bejimdeu. Gylimi-inzhenerlik zhane tehnologiyalyk zertteuler halykaralyk zhurnaly
- [6] Database. (2013). Soil elastic young modulus. Retrieved from: <http://geotechdata.info/parameter/soil-elastic-young-modulus.html>
- [7] Li, I. (1978). Ikemdi kadaly-tabandyk zhyjelerdi taldau. Géotechnique

Қадалы іргетастардың тиімділігіне ростверк қалыңдығының әсерін сандық талдау арқылы зерттеу

Е. Бесимбаев¹, С. Ниетбай^{1*}, З. Жамбакина¹, Т. Энаят²

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: sayat_90@inbox.ru

Андатпа. Жер асты инженерлік технологиялары дамыған индустриялық елдерде маңызды орын алуда және кеңінен қолданылады. Қадалар, жеке немесе топтық түрде қолданыстағы, үстіңгі қабаттағы күшейтілген ростверкке бекітілген, осьтік, бүйірлік, уақытша және тұрақты жүктер сияқты әртүрлі жүктемедерді қабылдап, топырақты негізге береді. Қадалы іргетасты жобалау кезінде ростверктің қалыңдығын ескеру қажет. Жұқа ростверк қадалар арасында салмақты біркелкі емес тарататып, қадалы іргетастардың дәстүрлі тұжырымдамасынан алшақтап, икемді тақта сияқты жұмыс істейді. Керісінше, қалыңырақ, қаттырақ ростверк жүктемені қадалар арасында біркелкі таратады, иілу

моменттерін және ығысудан қирауын төмендетеді, бірақ, іргетастағы кернеуді арттыруы мүмкін. Бұл мақаланың негізгі мақсаты қадалы іргетастардың жұмысына, атап айтқанда, қадалардағы жүктемені бөлу және іргетастың деформациясына ростверк қалыңдығының өзгеруінің әсерін зерттеу болып табылады. Мақсат - белгілі бір ростверк қалыңдығының жүктерді біркелкі бөлуге әкелетінін анықтау. Бұл зерттеуде ABAQUS коммерциялық бағдарламалық құралын пайдалану арқылы ростверк қалыңдығы 0.5 метрден 3 метрге дейін өзгертін тоғыз қадалы іргетастың 3D сандық моделі әзірленді. Зерттеу қадаларға түсетін жүктемелер, олардың қадалардан ростверкте ауысуы және ростверктің бүйірлік қозғалысы туралы деректер жиналды.

Негізгі сөздер: ростверктің қаттылығы, ростверк, ростверктің қалыңдығы, қадалардағы жүктемелер, сандық модельдеу.

Исследование влияния толщины ростверка на эффективность свайных фундаментов с помощью численного анализа

Е. Бесимбаев¹, С. Ниетбай^{1*}, З. Жамбакина¹, Т. Энаят²

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Международная образовательная корпорация, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: savat_90@inbox.ru

Аннотация. Технологии подземной инженерии приобрели значительное значение в развитых промышленных странах, где они широко используются. Сваи, будь то использованные индивидуально или в группах, присоединенные к укрепленному свайному ростверку на поверхности, несут различные виды нагрузок, такие как осевые, боковые, временные и постоянные нагрузки. При проектировании свайного фундамента с ростверком важно учитывать толщину ростверка. Тонкий ростверк, который неравномерно распределяет вес между сваями, функционирует больше, как гибкая плита, отклоняясь от традиционной концепции свайных фундаментов. В отличие от этого, более толстый и жесткий ростверк равномерно распределяет нагрузку по сваям, уменьшая изгибные моменты и риск разрушения из-за сдвига, хотя при этом может увеличиваться напряжение на фундаменте. Основной целью данной статьи является исследование влияния изменения толщины свайного ростверка на работу свайных фундаментов, в частности, в плане распределения нагрузки на сваи и деформации свайного ростверка. Цель состоит в определении, приводит ли конкретная толщина ростверка к более равномерному распределению нагрузок. В данном исследовании была разработана трехмерная численная модель девяти свайных фундаментов с ростверками, толщина которых варьировалась от 0.5 метра до 3 метров, с использованием коммерческого программного обеспечения ABAQUS. В ходе исследования были собраны данные о нагрузках на сваи, передаче нагрузки от свай к ростверку и боковом движении ростверка.

Ключевые слова: жесткость ростверка, ростверк, толщина ростверка, нагрузки в сваях, численное моделирование.

Received: 09 November 2024

Accepted: 16 March 2025

Available online: 31 March 2025