

Аннотация

Шадқам Асылбек Сафараліұлының 8D07303 – «Құрылыс және құрылыс материалдары мен конструкцияларын өндіру» мамандығы бойынша PhD докторы ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған «Сейсмикалық әсерлер кезінде құрылыстың сейсмооқшауланған іргетаспен өзара әрекеттесуін модельдеу» атты диссертациялық жұмысына

Зерттеудің өзектілігі: Қазіргі таңда әлемнің түрлі өңірлерінде, соның ішінде Қазақстанның сейсмикалық қауіпті аймақтарында (Алматы, Шымкент, Талдықорған және т.б.) болып жатқан жер сілкіністері ғимараттар мен құрылыстардың сейсмикалық әсерлерге жоғары дәрежеде осал екенін айқын көрсетіп отыр. Құрылыстардың зақымдануы мен қирауы елеулі экономикалық залалға ғана емес, сонымен қатар адамдардың өмірі мен денсаулығына төнетін қауіпке алып келеді. Осыған байланысты сейсмикалық қорғаныстың неғұрлым тиімді жаңа технологияларын іздеу және оларды енгізу құрылыс ғылымы мен практикасының басым міндеті болып табылады.

Сейсмотұрақтылық теориясының аспектілері Я.М. Айзенберг, Т.Ж. Жунусов, Т.Д. Абаканова, У.Т. Бегалиев, И.И. Гольденблат, С.В. Поляков, Г.А. Джинчвелашвили, О.В. Мкртычев, Б.Г. Коренев, Н.А. Николаенко, Т.Р. Радишидов, С.В. Кузнецов, А.М. Уздин, Ю.Д. Черепинский, сондай-ақ Н. Ньюмарк, Ш. Окамото, Э. Розенблут, А.К. Chopra және басқа да ғалымдардың еңбектерінде жан-жақты дамытылды.

Құрылымның іргетас топырағымен өзара әрекеттесуін есепке алу мәселелеріне қатысты зерттеулер Ж.С. Ержанов, Ш.М. Айталиев, Б.Б. Телтаев, Е.А. Исаханов, А.Ж. Жүсіпбеков, В.А. Хомяков, В.А. Ильичев, Д.Д. Баркан, И.Т. Мирсаяпов, З.Г. Тер-Мартirosян, А.Г. Тяпин, Л.В. Нуждин, сондай-ақ J. Housner, Calvi P.M., Zhang J.S., Dhanya J.S. және басқа да авторлардың жарияланымдарында көрсетілген.

Сейсмооқшаулаудың дәстүрлі әдістері, негізінен ғимараттың жерүсті бөлігіндегі немесе іргетас жүйелеріндегі конструктивтік шешімдерге негізделгендіктен, күрделі инженерлік-геологиялық жағдайлар мен күшті сейсмикалық тербелістер кезінде әрдайым жеткілікті деңгейде қорғаныс қамтамасыз ете бермейді. Осыған байланысты топырақ негізінде сейсмикалық толқындардың таралу қарқындылығын төмендету үшін қорғаныш бөгеттер мен қабаттарды қолдануға негізделген геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) технологияларын дамыту ерекше маңызға ие болып отыр.

Дегенмен, П.Н. Абовский, Г.А. Джинчвелашвили, О.В. Мкртычев және басқа да зерттеушілердің бағалауларына сәйкес, белсенді сейсмооқшаулау саласы әлі де әдіснамалық тұрғыдан толық қалыптаспаған және оның тиімділігін объективті тексеруді қамтамасыз ететін қатаң ғылыми-техникалық негіздемені қажет етеді.

Перспективті бағыттардың бірі – сейсмикалық толқындарды топырақ негізінде таралу сатысында әлсіретуге мүмкіндік беретін геотехникалық сейсмооқшаулау (Geotechnical Seismic Isolation, GSI) технологияларын қолдану болып табылады. Сейсмикалық әсерлер кезінде құрылыстың

сейсмооқшауланған іргетаспен өзара әрекеттесуін модельдеу GSI жүйесінің тиімділігін бағалауға және жобалау үшін практикалық ұсынымдар әзірлеуге ғылыми негіз береді.

Сейсмикалық толқындардың таралуын және олардың сейсмикалық бөгеттермен өзара әрекеттесуін сандық модельдеу бойынша кейбір нәтижелер С.В. Кузнецов, Г.А. Джинчвелашвили, О.А. Маковецкий, О.В. Мкртычев, А.Э. Нафасов, Х.М. Сапарлиев, В.В. Орехов, Е.Т. Бесимбаев, С.Е. Ниетбай, Х. Негахдар, Р. Douglas, R. Haupt, V. Liberman, M. Rothschild және басқа авторлардың еңбектерінде келтірілген.

Осы саладағы зерттеулер геотехникалық сейсмооқшаулауды қолдану арнайы материалдардың және инженерлік шешімдердің (орлар, бөгеттер, резеңке-топырақ қоспаларынан жасалған қабаттар және т.б.) демпфирлеу қасиеттері есебінен ғимаратқа әсер ететін сейсмикалық тербелістер амплитудасын едәуір азайтуға мүмкіндік беретінін көрсетеді. Мұндай тәсіл, соның ішінде сейсмикалық белсенділігі жоғары аймақтарда құрылыс салу жағдайында да, құрылыстардың тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін жаңа мүмкіндіктер ашады.

Осылайша, зерттеудің өзектілігі Қазақстанның және басқа да сейсмикалық қауіпті өңірлердің жағдайларына бейімделген GSI жүйелерін қолданудың ғылыми-техникалық негіздерін және практикалық әдістерін әзірлеу қажеттілігімен айқындалады. Алынған нәтижелер жаңа жобалық шешімдерді қалыптастыруға, сейсмикалық қауіптіліктің деңгейін төмендетуге және жер сілкіністері кезіндегі қирау қаупін азайтуға ықпал етеді.

Зерттеу нысаны: геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) топырақ негіздерінде орналасқан әртүрлі конструктивтік сұлбалардағы темірбетон ғимараттар, құрылыстар және жүйелер қарқынды сейсмикалық әсерлер жағдайында.

Зерттеу пәні: жер сілкінісі кезіндегі негіздің кернеулі-деформацияланған күйі (деформациялар мен кернеулердің қарқындылығы), V-тәрізді және тік сейсмикалық бөгеттер түріндегі геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) модельдері, геотехникалық сейсмооқшаулаудың тиімділігін бағалау.

Диссертацияның мақсаты: құрылыстың сейсмооқшауланған іргетаспен өзара әрекеттесуін есептік-эксперименттік модельдеу және жер сілкінісі әсерін азайту үшін геотехникалық сейсмооқшаулаудың (GSI) тиімділігін бағалау.

Көрсетілген мақсатқа қол жеткізу үшін диссертациялық жұмыста келесі **міндеттер қойылды:**

1. Жер сілкіністері кезінде құрылыс пен сейсмооқшаулаушы іргетастың өзара әрекеттесуі бойынша теориялық және эксперименттік зерттеулерді талдау және геотехникалық сейсмооқшаулауды жаңа ғылыми бағыт ретінде ғылыми-техникалық тұрғыдан негіздеу.
2. Ғимарат пен геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) жүйесінің өзара әрекеттесуін модельдеу әдістемесін әзірлеу, ол «ғимарат – сейсмооқшаулаушы іргетас» жүйесінің бірлескен жұмысын көрсетеді.

3. Қорғалатын аймақтағы сейсмикалық әсерлерді төмендетуге мүмкіндік беретін сейсмикалық бөгеттер түріндегі геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) моделін әзірлеу.
4. Сейсмикалық әсерлерді төмендетуге мүмкіндік беретін тік сейсмикалық бөгеттер түріндегі геотехникалық сейсмооқшаулаудың пішінін, материалдарын және геометриялық өлшемдерін есептік-эксперименттік модельдеу.
5. Нақты инженерлік-геологиялық жағдайлар мен жер сілкінісінің есептік сейсмикалық әсері үшін геотехникалық сейсмооқшаулаудың (GSI) тиімділігін бағалау.

Зерттеулерде геотехникалық сейсмооқшаулаудың (GSI) сейсмикалық бөгеттер түріндегі әрекет ету принципі жер бетіндегі сейсмикалық тербелістердің трансформациясын азайтатын нысан ретінде есептік-эксперименттік модельдендірілді.

Зерттеу әдістері: PLAXIS 2D бағдарламасын пайдалана отырып, құрылыстың сейсмооқшауланған іргетаспен өзара әрекеттесуіне есептік-эксперименттік модельдеу жүргізілді, ғимараттар мен құрылыстардың сейсмикалық жүктемелерге реакциясына жан-жақты талдау жасалды және оларды қорғауға бағытталған инженерлік-техникалық шешімдер кешені қалыптастырылды.

Диссертациялық жұмыста келесі әдістер қолданылды.

- **аналитикалық әдістер** — геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) технологияларының дамуының теориялық негіздерін жалпылау үшін;
- **сандық модельдеу әдістері** — конструкциялардың және сейсмооқшауланған іргетастың кернеулі-деформацияланған күйін бағалау үшін;
- **салыстырмалы талдау және сараптамалық бағалау әдістері** — әзірленген геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) моделін верификациялау және практикалық ұсынымдар әзірлеу үшін.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) тұжырымдамасын сейсмооқшаулаудың дәстүрлі жүйесіне балама жобалық шешім ретінде дамытуда, яғни сейсмикалық әсерлерді төмендетудегі тиімділігімен және құрылыс пен пайдалану кезеңдеріндегі сенімділігімен ерекшеленетін жүйе ретінде негіздеуде болып табылады:

1. Ғимараттар мен құрылыстардың сейсмикалық тұрақтылығын арттыруға ықпал ететін жаңа ғылыми бағыт ретінде геотехникалық сейсмооқшаулауды (GSI) ғылыми-техникалық тұрғыдан негіздеудің әдіснамасы жүйеленіп, қалыптастырылды.
2. Геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) бар жағдайдағы құрылыстың өзара әрекеттесуін модельдеу әдістемесі әзірленді, ол «құрылыс – сейсмооқшаулаушы іргетас» жүйесінің бірлескен жұмысын көрсетеді.
3. Геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) моделдері V-тәрізді және тік сейсмикалық бөгеттер түрінде ұсынылды, олар сейсмикалық әсерлерді төмендетудегі тиімділігімен және құрылысының сенімділігімен ерекшеленеді.

4. Қорғалатын аймақта сейсмикалық әсерлерді азайтуды қамтамасыз ететін сейсмикалық бөгеттердің оңтайлы пішіні, демпфирлеуші қасиеттері бар бөгет материалдары және негізгі геометриялық параметрлері ұсынылды.
 5. Нақты инженерлік-геологиялық жағдайлар үшін сейсмооқшауланған іргетастың жерүсті құрылымымен бірлескен жұмысының сандық модельдеуі жүргізіліп, геотехникалық сейсмооқшаулаудың (GSI) тиімділігі айқындалды.
 6. Выполнена оценка надежности железобетонного здания и дымовой трубы при учете совместной работы основания с геотехнической сейсмоизоляцией (GSI) Негіздің геотехникалық сейсмооқшаулаумен (GSI) бірлескен жұмысы ескерілген жағдайда темірбетон ғимараты мен түтін мұнарасының сенімділігіне баға берілді.
- Құрылыс және пайдалану кезеңдерінде геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) жүйесінің ұйымдастырушылық-технологиялық сенімділігін қамтамасыз ету бойынша ұсыным әзірленді.

Қорғауға шығарылатын негізгі қағидалар:

1. Ғимараттар мен құрылыстардың сейсмикалық тұрақтылығын арттыруға ықпал ететін жаңа ғылыми бағыт ретінде геотехникалық сейсмооқшаулауды ғылыми-техникалық тұрғыдан негіздеуге арналған аналитикалық және теориялық зерттеулердің нәтижелері.
2. «Құрылыс – сейсмооқшаулаушы іргетас» жүйесінің бірлескен жұмысын бейнелейтін геотехникалық сейсмооқшаулауды (GSI) модельдеу әдістемесін әзірлеу үшін ғимараттың беткі сейсмикалық толқындармен өзара әрекеттесуін сандық модельдеу нәтижелері.
3. Жер сілкінісі әсерін азайту үшін жақсы демпфирлеу қасиеттері бар әртүрлі материалдардан жасалған сейсмикалық бөгеттер пішінін есептік-эксперименттік модельдеу нәтижелері.
4. Жер сілкінісі қарқындылығы 9 балл болған жағдайда көпқабатты ғимарат пен түтін мұнарасы үшін «құрылыс – геотехникалық сейсмооқшаулау» жүйесінің сенімділігін бағалау нәтижелері.
5. Геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) жүйелерін орнату технологияларының тиімділігін бағалау нәтижелері және оларды нақты инженерлік-геологиялық жағдайларда қолдану жөніндегі ұсынымдар.

Қолдану аймағы – геотехника, сейсмостұрақты құрылыс, қолданыстағы ғимараттарды сейсмикалық қорғау.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы мынада:

әзірленген геотехникалық сейсмооқшаулауды ғылыми-техникалық тұрғыдан негіздеу ғимараттар мен құрылыстарды жобалау және салу кезінде қолданылуы мүмкін. Алынған нәтижелерді пайдалану нысандардың сейсмостұрақтылығын арттыруға, жер сілкіністерінен келетін залалды азайтуға және сейсмикалық қауіпті аймақтарда олардың сенімді пайдаланылуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

- ғимараттың беткі сейсмикалық толқындармен өзара әрекеттесуін сандық модельдеу нәтижелері геотехникалық сейсмооқшаулауды (GSI) модельдеу әдістемесін әзірлеуге мүмкіндік берді, ол құрылыс пен сейсмооқшаулаушы іргетастың бірлескен жұмысын ескереді. Бұл сейсмикалық қауіпті аудандарда ғимараттарды жобалау кезінде қорғаныс шараларының тиімділігін неғұрлым дәл бағалауға мүмкіндік береді.

- жоғары демпфирлеу қасиеттері бар материалдардан жасалған сейсмикалық бөгеттер пішіндерін есептік-эксперименттік модельдеу олардың жер сілкіністерінің әсерін төмендетудегі тиімділігін негіздеуге мүмкіндік береді және ғимараттар мен құрылыстардың қорғаныс жүйелерін жобалауда пайдаланылуы мүмкін.

- жұмыстың практикалық маңыздылығы мынада: геотехникалық сейсмооқшаулау (GSI) технологияларының тиімділігі бағаланып, оларды нақты инженерлік-геологиялық жағдайларға байланысты қолдану жөнінде ұсынымдар әзірленді. Бұл ғимараттар мен құрылыстардың сейсмотұрақтылығын арттыру үшін оңтайлы шешімдерді ғылыми негізделген түрде таңдауға мүмкіндік береді;

Автордың жеке үлесі диссертациялық жұмыстың мақсаты мен міндеттерін тұжырымдаудан, зерттеу материалдарын жинау және жүйелеуден, сейсмооқшаулаушы іргетас бойынша сандық есептерді орындаудан; алынған нәтижелерді талдау мен интерпретациялаудан, сондай-ақ қорғауға ұсынылатын қорытындылар мен негізгі ережелерді дайындаудан тұрады. Бұдан бөлек, автор зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми мақалалар мен баяндамалар жазды.

Автор BR21882292 «Тұрақты құрылыс саласын кешенді дамыту: инновациялық технологиялар, өндірісті оңтайландыру, ресурстарды тиімді пайдалану және технологиялық парк құру» атты ПЦФ жобасына орындаушы ретінде қатысты».

Жұмыстың жариялануы мен апробациясы. Диссертацияның негізгі нәтижелері халықаралық және республикалық ғылыми конференцияларда талқыланып, апробациядан өтті:

1. Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті “Engineering Education: Challenges, Trends, Best Practices” (2024)

2. II Еуразиялық инновациялық форум «Ірі қалалардың құрылысы мен қауіпсіздігінің өзекті мәселелері» (2024 ж.)

3. Раззаков атындағы КГУСТА университетінде өткен Қырғыз Республикасының мемлекеттік саяси қайраткері Насирдин Исановтың 80 жылдығына арналған халықаралық конференция (2024 ж.)

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері ғылыми құндылығы бар 7 жарияланған еңбекте баяндалған, оның ішінде Scopus базасының Q2 және Q4 квантиліндегі журналдарда 2 жарияланым, КОКСНВО ұсынған журналдарда 2 мақала және 2 өнертабысқа патент бар:

1. Bessimbayev Y.T., Shadkam A.S., Begaliev U.T., Begentayev M.M., Suleyev D.K., Zhumadilova Z.O., Igribayev T.I., Ussipbekov Y.Y. Development of

Geotechnical Seismic Isolation System in the Form of Vertical Barriers: Effectiveness and Perspective. Buildings, 2024, Vol 14, I 9, 2736

<https://doi.org/10.3390/buildings14092736>

2. Alenov K.T., Bessimbayev Y.T., Shadkam A.S., Bissenov K.A , Niyetbay S.E , Z.N. Moldamuratov Z.N. Modelling and efficiency assessment of vertically reinforced slab foundation of multi-storey building. Nanotechnologies in Construction. 2025. T 17. No. 2. P 151-172. Scopus Building and Construction – 43 процентиљ <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2025-17-2-151-172>

3. Бесімбаев Е.Т., Асылбеков Д, Ниетбай С.Е., Шадкам А.С. Көне тарихи сәулет ескерткіштерінің сейсмотұрақтылығын қамтамасыз етудің геотехникалық әдісі. Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction №4, 86, 2022, стр 147-154. ISSN 1680-080X <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2022.4-14>

4. Bessimbayev Y.T., Shadkam A.S., Begaliev U.T., S.E Niyetbay S.E. The Comparison of Deformation Calculation Results of Structures under Seismic Impact Using Mohr-Coulomb and Hardening Soil Small (HSS) Soil Models. Вестник КазГАСА. №4 (94), 2024. Құрылыс. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.4-16>

5. Бесимбаев Е.Т. ,Кульдеев Е.И., Жумадилова Ж.О ,Бегалиев У.Т. Особенности проектирования вертикально армированного основания плитного фундамента. Вестник ВКТУ им. Д.Серикбаева, 228, №4, 2024 https://doi.org/10.51885/1561-4212_2024_4_228

6. Бесимбаев Е.Т., Иргебаев Т.И., Жамбакина З.М., Шадкам А.С., Наширалиев Ж.Т., Куатбаева Т.К., Кусбекова М.Б., Маселбеков Д.М. Экран для защиты зданий и сооружений от сейсмических толчков при землетрясениях и воздействия техногенных источников колебаний. № 36539 Номер бюллетеня Дата 05.01.2024.

7. Бесимбаев Е.Т., Иргебаев Т.И., Жамбакина З.М., Наширалиев Ж.Т., Шадкам А.С., Куатбаева Т.К., Кусбекова М.Б., Маселбеков Д.М., Бегалиев У.Т., Ниетбай С.Е. Жиренбаева Н.О., Кадыров Ж.Н. Экран для защиты зданий и сооружений от сейсмических толчков при землетрясениях и воздействия техногенных источников колебаний. № 36543 Номер бюллетеня Дата 05.01.2024.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан тұрады және 122 беттен құралған. Жұмыс 65 суретпен иллюстрацияланған, 3 кестені қамтиды және 88 атаудан тұратын әдебиеттер тізімімен сүйемелденген.