

## АНДАТПА

«Алматы қаласына сәйкес монолитті темірбетоннан жасалған биік ғимараттардың сейсмикалық төзімділігі» тақырыбында Али Тұрсымбайұлы Төлеевтің «Құрылыс» 8D07321 білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған диссертацияға

Соңғы жылдары Алматы қаласында 9 баллдық жоғары сейсмикалық жағдайда салынған ғимараттардың биіктігі айтарлықтай өсуі байқалды. Бұл үрдіс қазіргі заманғы қала құрылысы талаптарына және ірі қалалардағы бос аумақтың өткір тапшылығына байланысты, бұл тек Алматыға ғана емес, әлемнің көптеген мегаполистеріне де тән. XX ғасырдың аяғында ТМД-ның 9 балл аудандарындағы ең биік ғимарат 25 қабатты «Қазақстан» қонақ үйі болды. Алайда, 2005 жылдан бастап Алматыда биіктігі 20-дан 37 қабатқа дейінгі ондаған көпқабатты ғимараттар салына бастады, бұл жобалаушылар мен құрылысшылардың алдына жаңа міндеттер қояды.

**Осы зерттеу тақырыбының өзектілігі.** Сейсмикалық әсерлердің табиғаты мен ерекшеліктеріне сүйене отырып, эксперименттік зерттеулер ең қолайлы болып табылады, олардың көмегімен сейсмикалық типтің динамикалық әсерін жасауға болады. Мұндай эксперименттер нақты жер сілкінісі жағдайында бұрын тексерілмеген ғимараттардың немесе олардың жеке элементтерінің қабылданған құрылымдық шешімдерінің тиімділігі туралы, сондай-ақ құрылымдық жүйелердің жер сілкінісіне төзімділігін негіздеу үшін қолданылатын есептеу модельдерінің сенімділігі туралы жеткілікті объективті ақпарат алуға мүмкіндік береді. Қазақстанның сейсмикалық белсенді өңірлерінде көпқабатты ғимараттардың жалғасып жатқан құрылысы жағдайында мұндай зерттеулер жаңа объектілердің қауіпсіздігі мен сейсмикалық төзімділігін арттыру үшін шешуші мәнге ие, бұл бұл тақырыпты ерекше өзекті және сұранысқа ие етеді.

**Зерттеу нысаны:** жоғары сейсмикалық жағдайда (9-балл) сейсмикалық жүктемелердің әсерін бастан кешіретін Алматы қаласының биік монолитті ғимараттары.

**Зерттеу мәні:** Алматы қаласындағы 22 және 35 қабатты тұрғын үйлердің мысалында жүргізілген көп қабатты ғимараттарды эксперименттік зерттеу.

**Зерттеудің мақсаты** Алматы қаласының жағдайлары үшін сейсмикалық қауіптілігі жоғары аймақтарда сейсмикаға төзімді биік ғимараттарды жобалау мен салудың ғылыми-техникалық проблемасын кешенді шешу болып табылады. Эксперименттік зерттеулер барысында алынған динамикалық сипаттамаларды ескеретін және осы негізде аталған жүйелердің жер сілкінісіне төзімділігін қамтамасыз ету үшін дәлірек есептеу модельдерін пайдалану бойынша ұсыныстарды әзірлейтін көп қабатты қаңқалық-қабырға жүйелерінің ғимараттарын есептеу әдістемесі.

### **Зерттеу міндеттері:**

1. Көп қабатты ғимараттың негізгі динамикалық сипаттамаларын анықтау, мысалы, тербеліс кезеңдері, ыдырау декреттері, тербеліс формалары және т. б.
2. Сейсмикалық жүктемелерге ұшыраған кезде биік ғимараттың диссипативті қасиеттерін талдау.
3. Едендік дискілердің көлденең сейсмикалық жүктемелерді тік элементтер арасында бөлу қабілетін бағалау.
4. Көп қабатты ғимараттың өзіндік динамикалық параметрлерінің эксперименттік алынған мәндерін есептік көрсеткіштермен салыстыру.
5. Жобаланған конструктивті жүйенің есептік талдау нәтижелерінің эксперименттік зерттеулер нәтижелеріне сәйкестік дәрежесін анықтау.
6. Қолданылатын материалдардың нақты сипаттамаларының жобалық көрсеткіштерге сәйкестігін тексеру.
7. Аспаптық акселерограммалар жиынтығын (спектрлік уақыт әдісі) қолдана отырып, қарастырылып отырған көп қабатты ғимараттың максималды қозғалысын есептеу және нәтижелерді алынған спектрлік әдістермен салыстыру.
8. Материалдар бойынша биіктік коэффициенті және қауіпсіздік коэффициенттері сияқты есептік ережелердің негізгі параметрлері бойынша нақтылау және ұсыныстар беру мақсатында ҚНЖЕ және ҚР ЕЖ EN 1998-1:2004/2012 нормативтік-техникалық құралдардың (НТҚ) талаптарына сәйкес қаралатын биік монолитті ғимараттардың есептеулерін орындау.
9. Эксперименттік және теориялық зерттеулердің нәтижелері негізінде Алматы қаласының жағдайлары үшін сейсмикалық аймақтардағы қаңқалық-қабырғалық конструктивтік жүйенің биік монолитті ғимараттарын есептеу және жобалау бойынша ұсынымдар әзірлеу.

### **Зерттеу әдістері.**

Осы зерттеу аясында инерциялық әсер ететін діріл машиналарын (В3 типі), сондай-ақ «тарту» әдісін қолдана отырып, биік ғимараттарды эксперименттік зерттеуді қамтитын зерттеу әдістері қолданылды. Бетонның қасиеттері ИПС-МГ4.03 (соққы импульсі әдісі) көмегімен бұзбайтын бақылау әдістерімен анықталды. Арматуралық Болаттың механикалық қасиеттерін анықтау үшін ҚР СТ ИСО 6892-1-2010 еуропалық стандарты қолданылды. Есептеулер «Лири-САПР 2019(R1)» (Лицензия № 1475, 747656825 кілтінің идентификаторы) және «ETAPS» бағдарламалық кешендерінің көмегімен орындалды.

### **Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы.**

Бұл жұмыста:

- алғаш Алматы қаласы жағдайындағы 22 және 35 қабатты монолитті көпқабатты тұрғын үйлерді сынау нәтижесінде өзіндік динамикалық сипаттамалардың параметрлеріне (тербеліс кезеңдері, әлсіреу декременттері, тербеліс формалары және т.б.) қатысты жаңа эксперименттік деректер алынды;
- осы типтегі объектілерге есептік сейсмикалық жүктемелерді анықтау кезінде тербелістердің логарифмдік декременттерінің мәндерін 0,12...0,18 ( $\xi = 2...3\%$ ) шегінде қабылдау ұсынылады;

– биіктік коэффициенті, көп қабатты үйлерді есептеу үшін қолданылатын материалдар (бетон және арматура) бойынша қауіпсіздік коэффициенттері сияқты есептік ережелердің негізгі параметрлері нақтыланды және түзетілді. Зерттеу нәтижелері ҚР ЕЖ EN 1998-1:2004/2012-ға ұлттық қосымшаларды (ҰК) енгізу үшін пайдаланылатын болады;

– эксперименттік сынақтар мен статистикалық өңдеулерді талдау негізінде көп қабатты ғимараттардың тербеліс кезеңдерін анықтау үшін практикалық қолдануға арналған формула ұсынылады  $T=\alpha \cdot N$ , мұндағы  $N$ -қабаттар саны,  $\alpha$  - коэффициент 0,045-ке тең;

– алынған эксперименттік және есептік деректер негізінде Алматы қаласының жағдайлары үшін сейсмикалық аймақтардағы қаңқа-қабырға жүйесінің биік монолитті ғимараттарын есептеу және жобалау үшін ұсынымдар әзірленді.

### **Қорғауға шығарылатын негізгі ережелер**

1. Сейсмикалық әсердің спектрлік және спектрлік-уақыттық модельдерін пайдалана отырып, Алматы қаласы аумағындағы биік ғимараттарды сынау кезінде алынған эксперименттік деректерді есептік-параметрлік талдау әдістемесін қолдану.

2. Алматы қаласының 35 қабатты монолитті көпқабатты ғимараты үшін эксперименттік жолмен алынған және есептеулермен расталған заттай динамикалық сынақтардың нәтижелері.

3. Алматы қаласындағы 22 қабатты ғимаратта 35 қабатты ғимаратқа ұқсас конструктивтік жүйемен жүргізілген және есептеулермен расталған жүктемені (тартуды) түсіру әдісімен эксперименттік сынақтардың нәтижелері.

4. Биік ғимараттардың рамалық-қабырғалық құрылымдық жүйелерінің динамикалық сипаттамалары мен диссипативті қасиеттерінің айтарлықтай өзгеру заңдылықтары, олардың биіктігі төмен және орташа ғимараттармен салыстырғанда олардың қабаттылығы артады.

5. Көп қабатты ғимараттың тербеліс кезеңінің мәнінің өзгеру заңдылықтары орнатылған. Ғимараттың тербеліс кезеңін ғимарат биіктігінің функциясы ретінде анықтау формуласы алынды.

6. Сейсмикалық аудандардағы биік монолитті қаңқалы-қабырға құрылымының ғимараттарын есептеу және жобалау әдістемесі және осы негізде осы жүйелердің жер сілкінісіне төзімділігін қамтамасыз ету үшін дәлірек есептеу модельдерін қолдану бойынша ұсыныстар әзірлеу.

### **Практикалық маңыздылығы**

Сейсмикалық белсенділігі жоғары аймақтарда сейсмикалық төзімділіктің жоғарылауын қамтамасыз ететін Алматы қаласының жағдайлары үшін сейсмикалық төзімді биік монолитті қаңқалы-қабырға жүйесінің ғимараттарын есептеу және жобалау бойынша ұсыныстар әзірленді. Меншікті динамикалық сипаттамалардың параметрлері мен ғимараттың конфигурациялары (биіктігі) арасында сандық тәуелділіктер орнатылды, бұл дизайнерлерге объектінің әр түрлі қабаттарының динамикалық сипаттамаларын (тербеліс кезеңдері, логарифмдік декремент және т.б.) дұрыс анықтауға және биік тұрғын үйлерді

жобалауға практикалық енгізуге мүмкіндік береді. Нәтижелер жобалау практикасына енгізілді («Menessa» ЖШС).

**Жұмысты апробациялау.** Диссертацияның негізгі нәтижелері 5 ғылыми конференцияда, оның ішінде 3 халықаралық және 2 республикалық ғылыми конференцияларда талқыланып, сыналды.

**Жарияланымдар.** Диссертация тақырыбы бойынша 5 жұмыс жарияланды.

**Жұмыс құрылымы.**

Диссертацияға кіріспе, бес тарау, қорытынды және қосымшалар кіреді (139 бет, 25 кесте, 43 иллюстрация, 121 дереккөз, 3 қосымша).

**Мазмұнды:**

1 Тарау:

– ғимараттардың, оның ішінде биік ғимараттардың сейсмикалық төзімділігін арттырудың негізгі тәсілдері;

– ғимараттардың сейсмикалық төзімділігін арттыру бойынша зерттеулерге шолу; Алматы қаласы шегінде ошақтары бар жер сілкінісі мен жер сілкінісі құбылысы;

– кәдімгі және сейсмикалық аймақтарда тұрғызылған монолитті биік ғимараттардың конструктивтік жүйелері;

– Қазақстан Республикасының және ТМД елдерінің қазіргі заманғы нормаларының есептік ережелерін талдау және ғимараттардың сейсмикалық төзімділігін бағалау әдістемесі.

2 Тарау:

– в-3 типті вибромашинаны пайдалана отырып, монолитті 35 қабатты тұрғын көпқабатты ғимаратты эксперименттік зерттеу;

– көпқабатты ғимараттарды сынау әдістемесі, динамикалық әсерлер, датчиктер, тіркеуге арналған аппаратура, сынақ объектісі, бетон мен арматураның беріктігін тексеру;

– сынақ объектісіне динамикалық жүктемелер жасау тәсілі, сынау әдістемесі және тіркеуші аппаратура;

– динамикалық параметрлер және сынақ процесінде объектінің деформациялану ерекшеліктері;

– көзбен шолып тексеру нәтижелері; эксперименттік объектінің діріл сынақтарынан алынған аспаптық деректерді талдау.

3 Тарау:

монолитті 22 қабатты көп қабатты тұрғын ғимаратты кейіннен статикалық қолданылатын жүктемені лезде түсіре отырып, оларды арқанмен тартып алу арқылы эксперименттік зерттеу; сынақ объектісі; сынақ әдістемесі; сынақ нәтижелері; инженерлік талдау.

4 Тарау:

үдеудің аспаптық жазбаларын (спектрлік-уақыттық әдіс) қолдана отырып, 22 қабатты ғимараттың реакциясы; объектілер мен әдістер; нәтижелер.

5 Тарау:

нормалардың есептік ережелерінің параметрлерін салыстырмалы талдау.

## Жинақты қорытындылар

1. Алматы қаласында 35 қабатты монолитті ғимараттарға заттай сынақтар жүргізілді және өз тербелістерінің параметрлері анықталды.  $T_1=1,38с$ ,  $T_2=0,38с$  және  $T_3=0,195с$ , есептік жолымен анықталған меншікті тербелістердің үш формасы бойынша кезеңдер (бірінші кезең) сәйкесінше,  $T_{1.экс}=1,31с$ ,  $T_{2.экс}=1,381с$  және  $T_{3.экс}=0,201с$  құрайтын алынған эксперименттік мәндерге жақын.

2. Сыналған 35 қабатты ғимарат тербеліс энергиясын тарату қабілеті өте төмен ұзақ мерзімді динамикалық жүйелерге жатады. Сыналған құрылымдық жүйенің диссипативті қасиеттерін сипаттайтын тербелістердің логарифмдік декременттерінің мәндері ұқсас құрылымдық жүйелердің 5 қабатты ғимараттарына тән декреттік мәндерден айтарлықтай аз болды. Осы типтегі объектілерге есептік сейсмикалық жүктемелерді анықтау кезінде тербелістердің логарифмдік декременттерінің мәндерін  $0,12...0,18$  ( $\xi=2...3\%$ ). шегінде қабылдау ұсынылады.

3. Ғимараттың едендік қабаттарының көлденең деформациясы, олардың икемділігіне байланысты, бұл едендердің қозғалысының  $3\%$  - дан аспады.

4. Алматы қаласындағы 22 қабатты монолитті ғимараттың жүктемесін (тартылуын) түсіру тәсілімен эксперименттік сынақтар жүргізілді және өз тербелістерінің параметрлері анықталды. 22 қабатты тұрғын үйдің қаңқалық-қабырғалық құрылымдық жүйесінің тербеліс кезеңінің шамасы  $0,88-0,94$  сек шегінде. Тербелістердің логарифмдік декрементінің шамасы  $0,11-0,27$  (критикалық мәнің  $1,6-2,9\%$ ) шегінде өзгереді. Есептік жолмен анықталған ең төменгі меншікті тербеліс кезеңдері ( $T_1=0,98с$ ) алынған эксперименттік мәндерге жақын, олар  $0,88-0,94$  с шегінде болады.

5. Эксперименттік сынақтарды талдау негізінде  $T = \alpha \cdot N$  формуласы нақтыланды және ұсынылды. топырақ жағдайларының типтері (I - бірінші) және құрылыс алаңының сейсмикалығы (9-балл) бар қабырға конструктивтік жүйелері үшін Алматы қаласының жағдайлары үшін  $\alpha$  коэффициенті  $0,045$ -ке тең болып қабылданады.

6. Спектрлік әдіспен де, аспаптық акселерограммалар (спектрлік уақыт) негізінде де жүргізілген 1/б осі бойынша 22 қабатты ғимараттың тірек конструкцияларының көлденең жылжу салыстырмалы талдау нәтижелердің жоғары келісімділік дәрежесін анықтады.

Жүргізілген эксперименттік зерттеулер мен ҚНЖЕ нормаларымен ҚР ЕЖ EN 1990-1998 нормативтік-техникалық қағидаларының (НТК) есептік ережелерінің параметрлерін салыстырмалы талдау негізінде жұмыс авторы биік ғимараттарды жобалау және салу үшін  $1,5$ -ке тең биіктігі бойынша ғимараттың жауапкершілік санатын ескеретін  $\gamma_{th}$  мультимодальды коэффициентін пайдалануды ұсынады.