

6D072900 – «Құрылыс» мамандығы бойынша философия докторы (PhD)
ғылыми дәрежесін алуға арналған

«Жылжымалықтың қисық сызықты тендеулері негізінде еңкішті жабын қабықшаның кернеулі-деформацияланған күйін зерттеу» тақырыбы бойынша

ДУЙСЕНБЕКОВ БОЛАТ КАМБАРОВИЧТИҢ

диссертациясының

АҢДАТПАСЫ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. ҚР құрылыс саласын дамуының қазіргі кезеңінде заманауи ғимараттар мен имараттардың перспективалық көлемдік-жоспарлық шешімдеріне, олардың конструктивтік шешімдерінің сенімділігіне және сәулеттік көркемдігіне көп көңіл бөлінеді. Қазіргі уақытта ҚР-да, сондай-ақ бүкіл әлемнің дамыған елдерінде техникалық прогрестің бейнесі болып табылатын үлкен аралықты нысандардың (әуежайлар, вокзалдар, концерт залдары, көрме павильондары, стадиондар, ойын-сауық кешендері, түрлі мақсаттағы өнеркәсіптік құрылыстары және т.б.) құрылысы кеңінен таралуда. Мұндай нысандарды салу кезінде ең маңызды элементтердің бірі болып жабынның конструкциясы және оның көтергіш элементтерімен жанасуына болып табылады.

Соңғы ғылыми зерттеулер көрсеткендей, бұл мәселе жұқа қабырғалы кеңістікті қабықшалардың әртүрлі құрылымдық пішіндері мен материалдарын қолдану арқылы сәтті шешіледі. Ұзын цилиндрлік қабықшалар, қабықшалы-панельдер, оң Гаусс қисық сызықты қабықшалары және т.б. сияқты тиімді доғалы қабықшалар құрылымдары, олардың ұзақ мерзімді жұмысының сенімділігі тұрғысынан да, жаңа көркемді сәулеттік пішіндерді құру тұрғысынан да өте бай мүмкіндіктерге ие. Біздің ойымызша аталған жабын конструкцияларының ішінде ең функционалды және перспективалы ретінде оң Гаусс қисық сызықты қабықшалары болып табылады. Оларды қолдану арқылы Еуропада 1,5 миллион м², ал Ресейде 1,0 миллион м² пайдалы аумақ салынды.

Оларды салу үшін жиі қолданылатын материалдар: темірбетон, табак бетті металдар және прокатты болат, пластмасса, ағаш, полимерлі және композициялық материалдар. Бірақ темірбетон еңкішті жабын қабықтарды өндіруде басым мәнге ие. Бұл композициялық гетерогенді материал салыстырмалы түрде арзан, отқа төзімді, сыртқы әсерлерге жақсы қарсы тұрады (атмосфералық жауын-шашын, агрессивті химиялық элементтер, температураның өзгеруі және т.б.). Цементтің класы мен құрамын, пластификатор қоспаларын, әртүрлі арматураларды қолдану және арматуралық қаңқаларды жобалау мүмкіндігінің арқасында біз жұқа қабырғалы кеңістікті қабықтардың қажетті жобалық қасиеттеріне қол жеткізе аламыз. Бұл материалдың бірқатар ерекшеліктері бар, олар жүктеме сатысына байланысты сызықтық және сызықтық емес деформацияны, жылжымалықты,

жарықшақтардың ашылуын, жүк көтергіштігін толық жоғалтпай және т.б. қасиеттерін жатқызуға болады. Егер жиі қолданылатын темірбетон элементтерін (бағаналар, тіректер, плиталар, арқалықтар және т.б.) есептеу және жобалау кезінде бұл қасиеттер жеткілікті зерттелген жұқа қабырғалы кеңістіктік қабықтарды енгізу кезінде қолданылмаса, онда үлкен аралықты жабу жүйелерінің экономикалық тиімділігі мен қаржылық тартымдылығын төмендететін артық қорлар пайда болады. Экономиканы дамытуда үлкен рөл атқаратын негізі факторлардың бірі болып, ғимараттардың материалдық сыйымдылығының төмендеуіне, еңбек шығындарының азаюына және құрылыс мерзімінің қысқаруына байланысты капитал салымдарын тиімділігін арттыру болып табылады. Шетелдік зерттеулердің деректері бойынша жабынның күрделі үлкен аралықты кеңістіктік жүйелерін қолдану және олардың жұмысының нақты жағдайлары мен материалдардың қасиеттерін ескере отырып, жүк көтергіш конструкциялардың өзіндік құнын 7% - ға дейін және тұтастай алғанда құрылыстарды 4% - ға дейін төмендетуге мүмкіндік береді.

Үлкен аралықты жұқа қабырғалы жабын құрылымдарының айқын артықшылықтарына және олардың үнемі жетілдіруіне қарамастан, олар құрылыс тәжірибесінде сирек кездеседі. Осы саладағы ғылыми зерттеулермен айналысатын мамандардың пікірінше, қабықшалы конструкцияларды қолдануды тежейтін факторлар: жұқа қабырғалы кеңістіктік конструкциялардың жұмысы кезінде болатын физикалық процестердің күрделілігі мен көп факторлығына байланысты сенімді есептеу жүйелерінің болмауы, әсіресе оң Гаусс қисық сызықты қабықшалары есептеуде; нақты жағдайдағы эксперименттік зерттеулердің жеткіліксіз саны; осы мәселені шешудің әртүрлі тәсілдерімен зерттеулерді сандық модельдеудің нәтижелері туралы деректердің аздығы; есептік бағдарламалық кешендерді толық талдау жасалмағандығы; кернеулі-деформациялық күйі (КДК) бойынша есептік және эксперименттік алынған деректерді толық талдамалық салыстыруды жүргізудің мүмкін еместігі және т.б.

Жүктеме ұзақ уақыт әсер еткен кезде, оларда материалдың жылжығыштық қасиеті пайда болуы мүмкін, яғни уақыт барысында тұрақты жүктеме кезіндегі деформациялар мен кернеулердің өзгерісі. Бұл беріктіктің жоғалуына немесе тіпті орнықтылықтың жоғалуына әкелуі мүмкін. Жылжығыштық теориясы салыстырмалы түрде жас ғылым болғандықтан, материалдың жылжуын ескере отырып, еңкішті жабын қабықтар үшін орнықтылық мәселелерін шешу және кернеулі-деформацияланған күйді анықтау өзекті болып табылады.

Бұл жұмыста еңкішті жабын қабықтарды эксперименттік зерттеу және материалдың жылжуын ескере отырып, құрылымдарды зерттеу кезіндегі жұмыстарға шолу үшін кең материалдар ұсынылған. Бірақ автор тек басқа авторлардың эксперименттік нәтижелеріне негізделе отырып, сандық-эксперименттік бөлімді өзі жасайды. Нәтижесінде ол өз деректерін басқа тәжірибелік шешімдердің нәтижелерімен салыстырады.

Зерттеудің жеткіліксіздігі және есептеу базасының жетілмегендігі, қарастырылып отырған жабын конструкцияларының деформациясы мен

апаттарының себебі болып табылады. Ең танымалы болған «Трансвааль парк» ойын-сауық кешенінің апаты (РФ, Ясенев қ., 2004 ж.). Зерттеу нәтижелері бойынша сараптамалық комиссия қорытынды жасады: «Жылжығыштықтың, жарықшақтың пайда болуы мен бұзылуының, темірбетон статикалық анықталмаған құрылымдық жүйелердің сызықтық емес деформациясын талдауға арналған есептеу аппараты мен бағдарламаларын әзірлеу жұмыстарын жалғастыру керек».

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында қолданылатын ЛираСАПР-2015, ROBOT, SCAD, ANSYS, COSMOS-M бағдарламалық кешендері өзектендірілген және Еурокодтардың талаптарына жақсы сәйкес келеді. Олар халықаралық талаптарды ескереді, бұл монолитті күрделі құрылымдарды ғана емес, сонымен қатар құрама элементтерді және тіпті бүкіл құрылыс нысандарын зерттеуге ықпал етеді. Барлық әйгілі есептеу кешендері ақырғы элементтер әдісіне (АЭӘ) негізделген, бұл оларды физикалық және геометриялық сызықты емес, материалдың жылжығыштығы және басқа да маңызды факторларды ескере отырып пайдалануға мүмкіндік береді.

Бірақ, жоғарыда аталған компьютерлік бағдарламалардың артықшылықтарына қарамастан, олар кеңістіктік үлкен көлемді жабу жүйелерін, атап айтқанда, оң Гаусс қисықтығының қабықтарын есептеудің барлық ерекшеліктерін қамтымайды.

Сондықтан, бұл ғылыми зерттеу – қолданыстағы бағдарламалармен салыстыра отырғанда КДК-н дәл анықтауға, жылжымалықтың қисық сызықты тендеулері негізінде жұқа доғалы қабықшалардың деформациясын, сондай-ақ оларды тексеруге және алынған нәтижелердің сенімділігін нақты жағдайдағы деректермен салыстыру арқылы дәлелдеуге мүмкіндік беретін құрылыс өндірісінің қазіргі даму кезеңінде өзекті және сұранысқа ие жаңа компьютерлік бағдарламаны жасауға бағытталған.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты. Бұл жұмыстың мақсаты физикалық, геометриялық сызықтық емес және материалдың жылжымалықты деформациясын ескере және сандық есептеу әдістерін қолдана отырып, КДК-н нақтылау негізінде оң Гаусс қисықты дөңес темірбетон қабықтарын есептеудің жаңа әдісін жасау болып табылады.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешілді:

- еңкішті жабын темірбетон қабықтарын есептеу алгоритмі жасалды. Бұл физикалық, геометриялық сызықтық емес және материалдың жылжуының деформациясын ескере отырып, КДК параметрлерін анықтау мәселесін шешуге мүмкіндік береді;

- жылжығыштықты, геометриялық және физикалық сызықтық емес деформацияларды ескере отырып, еңкішті жабын қабықтардың шекті айырмашылықтар тендеулері алынды;

- ұзақ жүктемелер кезінде материалдың жылжуының сызықты емес тендеулері негізінде еңкішті жабын қабықтардың КДК-і зерттелді;

- еңкішті жабын қабықтардың КДК талдауы және физикалық және геометриялық сызықтық емес әсері.

Зерттеу нысаны мен тақырыбы. Зерттеу нысаны еңкішті Оң Гаусс қисық сызықты қабықшалары болып табылады. Зерттеу тақырыбы – КДК-і

және физикалық, геометриялық қисық сызықты, жылжымалықты деформациясының өзгеру процесін ескере отырып, еңкішті қабықшалардың орнықтылығын зерттеу.

Ғылыми жаңалығы:

- шектеулі айырмашылық әдісі (тор әдісі) негізінде геометриялық пен физикалық қисық сызықты есептерді және материалдың жылжымалықты деформациялау есептерін шешу алгоритмі жасалды;

- материалдың физикалық, геометриялық қисық сызықты қасиеттері және жылжымалықты ескере отырып, еңкішті қабықшалардың деформацияланудың математикалық моделі жасалды;

- жылжымалықтың қисық сызықты тендеулерін ескере отырып, еңкішті қабықшалардың КДК-нің параметрлерін уақытында есептейтін "DELPHI-7" базалық жүйеде жасалынған бағдарлама әзірленді;

- ұзақ мерзімді жүктеме күш кезінде иілудің өсу процесі артып, еңкішті қабықшалардың орнықтылығын жоғалтуға әкелуі мүмкін екендігі көрсетілген;

- ұзақ мерзімді жүктеме күш кезінде орнықтылығын жоғалтуға әкелетін, геометриялық және физикалық қисық сызықты қасиеттерді есепке алу нәтижесінде қабықшаның КДК параметрлерін дәлірек есептеуге мүмкіндік береді;

- еңкішті қабықшаларды есептеу кезінде әзірленген бағдарлама материалдың нақты қасиеттерін ескере отырып, заманауи ЛираСАПР-2015 бағдарламасына қарағанда $6\div 8\%$ үнемді тиімді көрсеткіштерді көрсетті. Бұл материалдың жылжымалықты деформациясын, геометриялық және физикалық қисық сызықты қасиеттерді ескере отырып, еңкішті қабықшаларды есептеуде шектеулі айырмашылық тендеулеріне қолданғанына байланысты.

Тәжірибелік маңыздылығы:

- "DELPHI-7" базасында әзірленген еңкішті қабықшаларды есептеу бағдарламасы мен зерттеу әдістемесі жобалау-конструкторлық ұйымдарда, оқу процесінде, ғылыми-зерттеу институттарында және мемлекеттік сараптамаларда қолданылуы мүмкін;

- материалдардың нақты қасиеттерін ескере отырып, еңкішті қабықшаларды есептеу көтергіш конструкцияларды 7% - ға дейін үнемдеуге және материалдың физикалық пен геометриялық қисық сызықты қасиеттері мен жылжымалықты ескере отырып, құрылымдардың құнын $4-6\%$ - ға төмендетуге мүмкіндік береді;

- әзірленген әдістеме және оның негізінде жасалынған бағдарлама қисық сызықты жылжымалықты ескере отырып, бағалау есебін жылдам жүргізуге мүмкіндік береді.

Зерттеу әдістері. Еңкішті жабын қабықтардың тұрақтылығын анықтау үшін заманауи компьютерлердің байланысты әдістерін қолдана отырып, теориялық және сандық-аналитикалық зерттеулер.

Кернеулі-деформацияланған күйді есептеу Еурокодтарға көшуге негізделген нормативтік-техникалық құжаттаманы ескере отырып, «DELPHI-7» базасындағы бағдарламалық кешенді қолдана отырып, соңғы айырмашылық тендеулері негізінде тор әдісін пайдалана отырып жүргізілді.

Материалдың сызықты емес жылжуын және нәтижелерді эксперименттік деректермен салыстыруды ескере отырып, еңкішті жабын қабықтарды есептеу алгоритмі жасалды.

Жұмысты жүзеге асыру. Ғылыми нәтижелер М.Әуезов атындағы ОҚУ-нің "Құрылыс құрылымдары бойынша арнайы курсы" пәнінің дәріс кешенінің оқу үдерісіне енгізілді.

Материалдың қисық сызықты жылжымалығын ескере отырып, еңкішті қабықшаларды есептеу бағдарламасы «Қазақ құрылыс және сәулет ғылыми-зерттеу және жобалау институты» АҚ-да, «Отау Строй» ЖШС жобалау ұйымында және Түркістан облысының құрылыс басқармасында енгізілді. Автор сонымен қатар пайдалы модельге патент беру туралы оң қорытынды алды (тіркеу нөмірі 2020 / 0983.2, 04.11.2020 ж.).

Зерттеу нәтижелерінің нақтылығы. Зерттеу нәтижелерінің сенімділігі КДК-н зерттеудің сандық тексерілген әдісімен, алынған нәтижелерді басқа ғылыми зерттеушілердің теориялық және эксперименттік деректерімен салыстырумен, сондай-ақ еңкішті қабықшалардың деформациясы кезінде жылжымалық және иілгіштік теориясының сенімді арақатынасын қолданумен расталады.

Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдар:

- "DELPHI-7" базасында жасалған материалдың жылжымалығын ескере отырып, еңкішті қабықшаларды есептеуге арналған бағдарлама;

- шектеулі айырмашылықтар әдісіне негізделген материалдың жылжымалығын зерттеу әдістемесі және еңкішті қабықшалардың кернеулі-деформативтік күйін ДК-де есептеу бағдарламасы;

- орнықтылықты қамтамасыз ету жағдайынан еңкішті қабықшаларға әсер ететін шектеулі жүктеме күшті анықтау;

- материалдың жылжымалығын және ұзақ мерзімді жүктеме күш әсер еткен кезінде қабықшаның кернеулі-деформативтік күйін ескере отырып, еңкішті қабықшалардың орнықтылығын жоғалтуды зерттеу;

- еңкішті қабықшалардың орнықтылығын жоғалтуға әкелетін еңкішті қабықшалардың КДК-нің физикалық және геометриялық параметрлерін талдау.

Зерттеу жұмыстарының жоспарымен және жалпы мемлекеттік бағдарламаларымен байланысы. Жұмыс М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің ҒЗЖ жоспарына Б-16-04-13 «Әр түрлі жүктемелер мен әсерлер кезінде әртүрлі құрылымдық схемадағы азаматтық ғимараттардың жұмысын зерттеу» сәйкес орындалды.

Жұмыс «Нұрлы жол» инфрақұрылымды дамытудың 2015-2019 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасының «2-міндет. Өндірістік инфрақұрылым мен туристік инфрақұрылымды дамыту. Сәулет, қала құрылысы және құрылысты жетілдіру шаралары» бағытына сәйкес жүзеге асырылды. (Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2015 жылғы 6 сәуірдегі № 1030 қаулысы).

Жұмысты апробациялау. Зерттеу нәтижелері «V International Scientific practical conference "Industrial technologies and engineering»» (Шымкент, Қазақстан Республикасы), «Бъдещето въпроси от света на науката-2018» XIV

Халықаралық ғылыми - практикалық конференциясында (София, Болгария), «Әуезов оқулары – 16: Төртінші өнеркәсіптік революция"» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы (Шымкент, Қазақстан Республикасы) секілді халықаралық ғылыми конференцияларда баяндалып және талқыланды. «Білім беру сапасын арттыру, ғылым мен өндірістегі заманауи инновациялар-2018» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Екібастұз, Қазақстан Республикасы) жарық көрді.

Автордың жеке үлесі:

-физикалық және геометриялық қисық сызықты қасиеттерді, сондай-ақ жүктеме деңгейіне байланысты қатаңдық параметрлердің өзгеруін ескеруге мүмкіндік беретін, жарықшалардың пайда болуын ескере отырып, жүктеме күштің қысқа мерзімді әсеріне топсалы тірелген еңкішті темірбетон қабықшаларын есептеу үшін аралас түрдегі теңдеулердің шектеулі айырмашылықтар жүйесін шығару;

-физикалық және геометриялық қисық сызықты қасиеттерді, сонымен қатар жүктеме деңгейіне байланысты қатаңдық параметрлердің өзгеруін ескеруге мүмкіндік беретін, жарықшалардың пайда болуын ескере отырып, жүктеме күштің қысқа мерзімді әсеріне қатаң жиектері бар еңкішті темірбетон қабықшаларын есептеу үшін орын ауыстыру түрдегі теңдеулер жүйесін шығару;

- компьютерлерде қолдануға болатын әзірленген теңдеулерді сандық іске асыру үшін бағдарлама әзірлеу;

- алгоритм құру және кернеулерді, деформацияларды, орын ауыстыруды, жарықшалардың таралу схемаларын есептеу бағдарламасын жасау, сондай-ақ темірбетон қабықшаларының ұзақ мерзімді шектік жүктемесін немесе шектік уақытын анықтау.

Жарияланымдар. Диссертациялық зерттеулердің негізгі нәтижелері 9 ғылыми жұмыста, оның ішінде Scopus / Web of Science (Thomson Reuters) деректер базасына кіретін журналда 1 мақала, ҚР Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған журналдарда 4 мақала, халықаралық конференция материалдарында 4 тезис, оның ішінде шетелдік конференция материалдарында 1 мақала жарияланды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация негізгі бес бөлімнен, негізгі тұжырымдар мен ұсыныстардан, әдебиеттер тізімі мен қосымшалардың тұрады. Бұл жұмыстың негізгі мазмұны 177 беттен, оның ішінде 33 сурет пен 7 кестеден тұрады.