

Оканов Диас Алматұлының
«Гофрланған қабырғалары бар үшбұрыш сұлбалы
жалпыға арналған кран асты арқалықтары
жұмысын эксперименттік - теориялық зерттеу»
тақырыбы бойынша диссертациялық жұмысына

АННОТАЦИЯ

8D07321 – "Құрылыс" білім беру бағдарламасы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған

Қазіргі заманғы құрылыс жағдайында жобалаушы-инженер үшін негізгі міндет – болат конструкциялардың бір мезетте сенімділігін, беріктігін және үнемділігін қамтамасыз ететін құрылымдық шешімдерді табу. Бұл үш сапа өнеркәсіптік және азаматтық құрылыста қолданылатын шешімдердің бәсекеге қабілеттілігін айқындайды. Негізгі көтергіш жүйелерге қойылатын талаптардың күшеюі жүктемелердің өсуімен, ендердің ұлғаюымен және объектілерді тұрғызу кезіндегі металды қажетсінууді, еңбек шығынын азайту қажеттілігімен байланысты. Осыған орай қауіпсіздік пен ұзақмерзімділік нормаларына жауап беретін есептеу және жобалау әдістерін жетілдіру – қазіргі құрылыс ғылымы мен тәжірибесінің басым бағыты.

Соңғы жылдары айрықша назар өнеркәсіптік қаңқалы ғимараттардың кранасты жүйелеріне аударылуда: кранасты арқалықтар көпір крандарының статикалық әсерлерімен қатар, динамикалық, циклдік және соққылық әсерлерін де қабылдайды, бұл олардың беріктігіне, тұрақтылығына және қатаңдығына жоғары талаптар қояды. Жобалау мен салу тәжірибесінде кранасты арқалықтардың массасын азайтып, пайдаланушылық сипаттамаларын арттыратын жаңа шешімдерді іздеу өзекті. Осындай бағыттардың бірі – қоставрдағы жазық қабырға орнына гофрленген қабырғаны қолдану.

Гофрленген қабырғаны қоставр құрамында пайдалану массаны және дайындау еңбек сыйымдылығын төмендетіп, сонымен бірге беріктік пен тұрақтылықты сақтау мүмкіндігін ашады. Гофр пішіні есебінен жергілікті тұрақтылық жоғалуына қарсы тұру қабілеті артады және кернеулердің таралуы біркелкіленеді. Дегенмен, айқын артықшылықтарға қарамастан, гофрленген арқалықтардың тұрақтылығы, критикалық кернеулерді анықтау және қабырғаның нақты пайдалану жағдайларындағы жұмыс ерекшеліктері мәселелері әлі жеткілікті зерделенбеген. Бұл, әсіресе, жалпы мақсаттағы крандар үшін треугольды пішінді гофры бар арқалықтарға қатысты, өйткені мұнда конструктивтік тиімділік пен ресурстық үнемділік тұрғысынан айрықша қызығушылық бар.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Осы жұмыстың өзектілігі көпір крандарының жүктемелері әсер ететін гофрленген қабырғалы дәнекерленген кранасты арқалықтардың жұмысын кешенді түрде зерттеу қажеттілігімен анықталады. Қазіргі өнеркәсіптік құрылыс жағдайында кранасты арқалық қабырғасының рационалды пішінін таңдау болат конструкциялардың сенімділігін арттырудың маңызды шарты. Бұл талап сейсмикалық қауіпті

аймақтарда және көп мәрте циклдік әсерлер жағдайында ерекше мәнге ие. Қабырғаның серпімді-пластикалық сатыдағы тұрақтылығы конструкцияның сыртқы әсерлерді қираусыз және көтергіш қабілетін жоғалтпай жұту қабілетіне тікелей ықпал етеді.

Жазық қабырғаны гофрленген қабырғамен алмастыру элемент қалыңдығын азайта отырып, тұрақтылық пен жұмыс қабілетін едәуір арттыруға мүмкіндік береді, бұл түптеп келгенде арқалықтың металды қажетсінуін төмендетіп, дайындау өзіндік құнын азайтады. Алайда мұндай тәсіл жаңа инженерлік есептеу және жобалау әдістемелерін әзірлеуді талап етеді. Қазақстан Республикасы мен шетелдің қолданыстағы нормативтік құжаттарында үшбұрышы гофры бар кранасты арқалықтарды есептеу және жобалауды нақты реттейтін ережелер жеткіліксіз. Бұл нақты пайдалану жағдайларын және қабырға геометриясы ерекшеліктерін ескеретін тәсілдерді ғылыми негіздеу мен бейімдеуді қажет етеді.

Осылайша, гофрленген қабырғалы кранасты арқалықтарды рационалды жобалауға мүмкіндік беретін әдістемелерді әзірлеу және енгізу жоғары ғылыми және практикалық мәнге ие. Аталған зерттеу нормативтік базаны дамытуға, ресурс үнемдейтін технологияларды енгізуге және өнеркәсіптік ғимараттардың сенімділігін арттыруға ықпал етеді.

Зерттеу шекаралары: диссертация жалпы мақсаттағы крандарға арналған треугольды гофры бар кранасты арқалықтардың жұмысын эксперименттік-теориялық зерттеумен шектеледі; негізгі назар гофрдың рационалды геометриялық параметрлерін анықтауға және тұрақтылықты есептеу әдістемесін әзірлеуге аударылады; конструктивтік шешімдердің және пайдалану жағдайларының толық спектрі қарастырылмайды.

Зерттеу объектісі: кранасты жолдары бар өнеркәсіптік ғимараттар.

Зерттеу пәні: гофр геометриясының (ұзындығы, қадамы, тереңдігі, қалыңдығы; пішіні треугольды) арқалықтардың қатандығына, тұрақтылығына және көтергіш қабілетіне ықпалы.

Зерттеудің мақсаты: жалпы мақсаттағы крандарға арналған треугольды гофры бар гофрленген қабырғалы дәнекерленген қоставр кранасты арқалықтардың жұмысын эксперименттік-теориялық тұрғыда зерттеу және теориялық-эксперименттік деректер негізінде гофр геометриясының рационалды параметрлерін таңдаудың инженерлік әдістемелерін әзірлеу.

Зерттеу міндеттері:

- гофрының әртүрлі пішіні бар кранасты арқалықтарды қолдану аясын талдау;
- гофрленген қабырғалы арқалықтарға арналған (жүктеменің эксцентриситетін ескере отырып) есептік әдістеме әзірлеу;
- гофр геометриясын әртүрлі өзгерте отырып, дәнекерленген арқалықтардың жұмысын зерттеу;
- беріктік, қатандық және тұрақтылық критерийлері бойынша треугольды профильдің тиімділігін негіздеу;
- сандық модельдеу арқылы гофрдың оңтайлы параметрлерін анықтау;

- жазық қабырға және гофрленген қабырға бар үлгілердің (масштаб 1:3) зертханалық сынақтарын өткізу;
- жазық қабырғаны гофрленген қабырғамен алмастырудың арқалықтың конструктивтік тиімділігіне әсерін бағалау;
- гофрленген кранасты арқалықтың техникалық-экономикалық тиімділігін негіздеу.

Әдістер және нәтижелердің дәлелділігі. Зерттеу аналитикалық есептерге (инерциялық сипаттамалар, тұрақтылық, соның ішінде эксцентриситетті ескеретін Хикс әдісінің модификациясы), сандық модельдеуге (ЛИРА-САПР 2024, SCAD TONUS) – торлық жинақталуды талдай отырып – және масштабталған үлгілердің (1:3) зертханалық сынақтарына сүйенеді. Есептік және эксперименттік деректерді салыстыру модельдердің барабарлығын растады: серпімді сатыдағы прогибтер бойынша алшақтық шамамен 2,9–10% (қолайсыз жағдайларда 15%-ға дейін); нәтижелердің қайталанғыштығы расталды. Нормативтік тәсілдер (СП/EN/AISC – аналогия бойынша) және әдеби деректермен салыстыру қолданылды.

Ғылыми жаңалық: 6–10 мм қалыңдықтағы қабырғалар үшін треугольды гофр параметрлерінің тиімді диапазоны анықталды; крандық әсерлер жағдайында Eurocode талаптарына сәйкес поперечтік қиманы жіктеу нақтыланды; жүктеме эксцентриситетін айқын ескеретін гофрленген қабырғаның тұрақтылық әдістемесі (Хикс) модификацияланды; гофр ұзындығы/тереңдігі/қадамының КДК-қа және критикалық кернеулерге сандық әсері мөлшерленді; табиғи сынақ нәтижелері МКӨ-модельдерді параметрлік калибрлеуге интеграцияланды.

Мәселенің қысқаша жай-күйі. Гофрленген қабырғалар негізінен ығысуға жұмыс істейді, крутильдік қатандықты арттырады, қалыңдық пен массаны азайтуға мүмкіндік береді және пайдаланушылық сенімділікті сақтайды. Шетелдік және отандық зерттеулер циклдік әсерлер кезінде ұзақмерзімділікті растайды, алайда треугольды гофры бар кранасты арқалықтарға арналған тікелей нормативтік әдістемелер жоқ. Жобалау тәжірибесінде (приведённые қатандықтар, ферма-аналог, дөңгелек әсер ететін локал аймақтарды ескеретін МКӨ) бейімделген тәсілдер қолданылып жүр, бұл бірыңғай инженерлік әдістеменің қажеттілігін көрсетеді.

Қабылданған есептік алғышарттар. Ені шамамен 6 м шарнирлі-тірелген арқалық қарастырылады; жүктеме – жалпы массасы 12,5–50 т көпір крандарының шоғырланған әсері; рельстің немесе арбаның нақты ығысуын имитациялайтын 15 мм эксцентриситет ескеріледі. Жазық қабырға және треугольды гофрлы қабырға нұсқалары салыстырылады; гофр ұзындығы/тереңдігі/қадамы және қабырға қалыңдығы (6–10 мм) өзгертіледі. Зертханалық бөлімде 1:3 масштаб сақталды: геометриялық және физикалық ұқсастық қамтамасыз етіліп, жүктемелер $\sim 1/9$, прогибтер $\sim 1/3$, модульдер мен кернеулер сақталады.

Негізгі нәтижелер

1. Деформативтілік. Жазық қабырғаға қарағанда гофрленген қабырға прогибтің аздап үлкен мәндерін көрсетеді (қабырғаның бойлық нормаль

кернеулерді қабылдау үлесі төмендеуіне байланысты), бірақ прогибтер рұқсат етілген шектерде қалады.

2. Тұрақтылық. Треугольды гофр қабырға тұрақтылығын айтарлықтай арттырады (әсіресе дөңгелек-іздер әсер ететін локал аймақтарда). Хикс әдісінің модификациясы бойынша қабырға биіктігінің 2–3% шамасындағы эксцентриситет критикалық күшті $\approx 2\text{--}3\%$ ғана төмендетеді – бұл тұрақтылық қоры бар екенін көрсетеді.

3. Эксцентриситетке сезімталдық. Жазық қабырғалы арқалықтар иілу-айналмалы (изгиб-кручение) әсерлерге сезімталырақ; гофрленген нұсқалар кернеулерді бірқалыптырақ таратып, ығысу кернеулерін төменірек деңгейде ұстайды.

4. Гофр параметрлері. Геометрияны өзгерте отырып, рационалды диапазон анықталды: тереңдігі ≈ 80 мм, панель ұзындығы ≈ 480 мм «қатандық–тұрақтылық–массаның» ең тиімді балансын қамтамасыз етеді. Ұзындықты 640 мм-ге дейін ұлғайту критикалық тұрақтылықты $\approx 35\text{--}40\%$ төмендетеді.

5. Табиғи сынақтар (1:3). Серпімді аймақта «жүктеме–прогиб» сызықтылығы алынды; бейсызықтыққа өту $\approx 0,75\text{--}0,9 F_p$ кезінде байқалды; шекті күйлер – сөрелердің/қабырғаның тұрақтылық жоғалтуы. Разгрузкadan кейінгі қалдық прогибтер аз. Орталық жүктемеде «эксперимент–МКӘ» прогибтерінің алшақтығы $\approx 2,9\text{--}10\%$; эксцентриситетте – жоғары ($\approx 28\%$ -ға дейін), бұл кейбір технологиялық факторлар мен контакт спецификасының ескерілмеуімен түсіндіріледі.

6. Масса, еңбек сыйымдылығы, құн. Жазық қабырғаны гофрмен алмастыру массаны $\approx 4\text{--}7\%$ азайтады, дәнекерлеу операцияларының үлесін $\approx 30\%$ -ға дейін қысқартады, жиынтық құнды $\approx 15\text{--}20\%$ төмендетеді (серияға тәуелді).

7. Торлық тәуелсіздік. Есептік модель үшін тор бойынша жинақталу расталды (оңтайлы қадам $\approx 5 \times 5$ мм), бұл параметрлік зерттеулердегі сандық шешімнің тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Қорғауға ұсынылатын ережелер.

1. Үшбұрышты гофр кранасты арқалықтардың тұрақтылығы мен көтергіш қабілетін арттыра отырып, массасы мен еңбек сыйымдылығын төмендетеді.

2. Гофр геометриясы (ұзындық, тереңдік, қадам) кернеулердің таралуын, кручениюге төзімділікті және жалпы деформативтілікті айқындайды; таңдау параметрлік түрде жүзеге асырылуы тиіс.

3. Табиғи сынақтар сандық модельдің барабарлығын және 480×80 мм параметрлерін рационалды конструктивтік шешім ретінде қолдану жөніндегі ұсынымдарды растайды.

4. Үшбұрышты гофрды қолдану жазық қабырғалы баламалармен салыстырғанда массаны $\approx 6,9\%$ -ға дейін азайтып, кей жағдайларда қатандық пен беріктікті жақсартуға мүмкіндік береді.

Практикалық маңыздылық. Гофр параметрлерін таңдауға арналған ұсынымдар және тұрақтылықтың модификацияланған әдістемесі кранасты жолдар мен өнеркәсіптік ғимараттарды жобалау кезінде инженерлік практикада қолдануға жарамды. Алынған тәуелділіктер қабырға геометриясын жедел алдын ала таңдауға, жүктеме эксцентриситетін ескеруге, металды қажетсіну мен еңбек

шығынын талап етілген пайдалану сапаларын сақтай отырып азайтуға мүмкіндік береді. Нәтижелер ТОО «RAS Group Project» жобалау практикасына және «Ғимараттар мен имараттарды есептеу және жобалау» білім беру бағдарламасының (2025 ж.) оқу үдерісіне енгізілді.

Жұмыс құрылымы. Диссертация кіріспеден, бес бөлімнен, қорытындыдан және қосымшалардан тұрады (149 бет, 30 кесте, 65 сурет, 161 дереккөз, 12 қосымша).

Мазмұны:

— 1-бөлім: зерттеулер мен қолдану практикасына шолу; гофр түрлерін салыстыру, тарихи және нормативтік контекст; пролеттік және кранасты арқалықтардың жұмыс ерекшеліктері.

— 2-бөлім: гофрленген қабырғалы кранасты арқалықтарға қатысты есептік алғышарттар, теориялық және эксперименттік деректерді жинақтау; деформативтілік пен тұрақтылық, нормативтік олқылықтар.

— 3-бөлім: гофр геометриясының КДК-қа, қатаңдыққа және тұрақтылыққа әсерін теориялық зерттеу; параметрлік талдау.

— 4-бөлім: математикалық модельдеу (ЛИРА-САПР, SCAD TONUS), калибрлеу, торлық жинақталу, эксцентриситеттің әсері, рационалды параметрлерді анықтау.

— 5-бөлім: зертханалық сынақтар (1:3), жоспар мен әдістеме, «теория—МКӘ—эксперимент» салыстыруы, ұсынымдарды нақтылау.

Қорытынды тұжырымдар

1. Треугольды гофры бар кранасты арқалықтар циклдік әсерлерде жоғары тұрақтылық пен ресурсты сақтай отырып, технологиялық және үнемді болып қалады.

2. Зерттелген диапазонда ең рационалды параметрлер – 480×80 мм; панель ұзындығын 640 мм-ге ұлғайту критикалық кернеулерді ≈35–40% төмендетеді.

3. Орташа эксцентриситет гофрленген қабырғаның тұрақтылығын сыни түрде нашарлатпайды; жазық қабырға сезімталдығы айтарлықтай жоғары.

4. Массаның 4–7% азаюы, дәнекерлеу операцияларының ≈30% қысқаруы және өзіндік құнның ≈15...20% төмендеуі техникалық-экономикалық орындылықты растайды.

5. Нормативтік база дамытуды қажет етеді: тұрақтылық әдістемесін (Хикс) бейімдеу және кранасты қоставрлар үшін КДК, шаршау, сейсмика және технологиялық факторларды регламентке енгізу керек.

Алдағы зерттеулердің келешегі

— эксперименттік базаны кеңейту (толықөлшемді үлгілер, ұзындығы/тереңдігі айнымалы гофрлар);

— жеңілдетілген инженерлік алгоритмдерді әзірлеу және оларды ҚР ұлттық стандарттарына EN/AISC-пен үйлестіре енгізу;

— шаршау, жоғары температура, сейсмикалық әсерлер, қалдық және дәнекерлік кернеулерді есепке алу;

— ұзақмерзімділік пен дірілді төмендетуге бағытталған композиттік және энергия-диссипативтік шешімдер.