

Industrial Transport of Kazakhstan
ISSN 1814-5787 (print)
ISSN 3006-0273 (online)
Vol. 21. Is. 1. Number 81 (2024). Pp. 78–87
Journal homepage: <https://prom.mtgu.edu.kz>
<https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.006>
УДК 691.327:666.93.2:666.64

INFLUENCE OF REINFORCEMENT TYPE ON CONCRETE STRENGTH

¹*K. Bakirov**, ²*Sh. Baysugirova*

¹Caspian University, Almaty, Kazakhstan;

²International University of Transport and Humanities, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: bakirov.keles@mtgu.edu.kz

Keles Bakirov — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Caspian University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: bakirov.keles@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0008-7915-5326>;

Shynar Baysugirova — Senior Lecturer, International University of Transport and Humanities, Almaty, Kazakhstan

E-mail: baysugirova.shynar@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-5177-8371>.

© K. Bakirov, Sh. Baysugirova

Abstract. The research topic is the enhancement of compressed reinforced concrete elements using transverse (secondary) reinforcement and high-strength longitudinal reinforcement. The relevance of this study is determined by the need to increase structural load-bearing capacity, ensure safety, and optimize material consumption in construction. The aim of the study is to investigate the effect of transverse reinforcement and high-strength longitudinal reinforcement on the load-bearing capacity and deformation behavior of reinforced concrete elements and to propose formulas for calculating prism strength based on experimental data. Research objectives include: testing samples under central and eccentric compression, assessing the impact of concrete grade and reinforcement class on element strength, and determining the efficiency coefficient of transverse reinforcement. Results showed that transverse reinforcement significantly increases element strength, reduces deformation, and improves the plastic properties of concrete. High-strength longitudinal reinforcement enhances element stability under central and eccentric compression. The proposed formulas allow precise calculations in structural design. In conclusion, the study results have practical significance for designing and using reinforced concrete structures and provide a basis for further research.

Keywords: reinforced concrete, transverse reinforcement, high-strength reinforcement, longitudinal reinforcement, strength, deformation

For citation: K. Bakirov, Sh. Baysugirova. Influence of reinforcement type on concrete strength//Industrial Transport of Kazakhstan. 2024. Vol. 21. No. 81. Pp. 78–87. (In Kaz.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.006>

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

БЕТОН БЕРІКТІГІНІҢ АРМАТУРАЛАУ ТҮРІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ

¹*К. Бакиров**, ²*Ш. Байсугирова*

¹Каспийский университет, Алматы, Казахстан;

²Халықаралық көліктік-гуманитарлық университет, Алматы, Қазақстан.

E-mail: bakirov.keles@mtgu.edu.kz



Келес Бакиров — т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Caspian University, Алматы, Қазақстан

E-mail: bakirov.keles@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0008-7915-5326>;

Шынар Байсугирова — аға оқытушы, Халықаралық көліктік-гуманитарлық университет, Алматы, Қазақстан

E-mail: baysugirova.shynar@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-5177-8371>.

© К. Бакиров, Ш. Байсугирова

Аннотация. Зерттеу тақырыбы – көлденең (жанама) армиленген және жоғары беріктікті продольдық арматураланған сығылған темірбетон элементтердің беріктігін арттыру әдістерін зерттеу. Қазіргі таңда темірбетон конструкцияларында көлденең армилеу және жоғары беріктікті арматура қолдану арқылы элементтердің беріктігін арттыру мәселесі өзекті болып табылады, себебі бұл құрылымдардың қауіпсіздігін қамтамасыз етіп, материалдарды үнемдеуге мүмкіндік береді. Зерттеу мақсаты – көлденең армилеу мен жоғары беріктікті продольдық арматураның темірбетон элементтердің көтеру қабілеті мен деформацияға төзімділігіне әсерін анықтау, тәжірибелік сынақтар арқылы алынған мәліметтер негізінде есептеу формулаларын ұсыну. Зерттеу міндеттері: тәжірибелік үлгілерді орталықтан және орталықтан тыс сығу жағдайында тексеру, бетон маркасы мен арматура класының элементтің беріктігіне әсерін бағалау, көлденең армилеудің тиімділік коэффициентін анықтау. Зерттеу нәтижелері көлденең армилеу элементтердің беріктігін арттыратынын, деформацияны азайтатынын және бетонның пластикалық қасиеттерін жақсартатынын көрсетті. Жоғары беріктікті продольдық арматура қолдану элементтің орталықтан және орталықтан тыс жүктемелерге төзімділігін арттырады. Алынған формулалар жобалау кезінде нақты есептеулер жасауға мүмкіндік береді. Қорытындысы бойынша, зерттеу нәтижелері темірбетон конструкцияларын жобалау мен қолдануда практикалық маңызы бар және болашақ зерттеулерге негіз бола алады.

Ключевые слова: темірбетон, жанама армилеу, жоғары беріктік, продольдық арматура, беріктік, деформация

Дәйексөздер үшін: К. Бакиров, Ш. Байсугирова. Бетон беріктігінің арматуралау түріне тәуелділігі // Қазақстан өндіріс көлігі. 2024. Том. 21. № 81. 78–87 бет. (Қаз. тіл.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.006>

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ОТ ТИПА АРМИРОВАНИЯ

К. Бакиров^{1}, Ш. Байсугирова²*

¹Caspian University;

²Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан.

E-mail: bakirov.keles@mtgu.edu.kz

Келес Бакиров — к.т.н., ассоциированный профессор, Caspian University, Алматы, Казахстан

E-mail: bakirov.keles@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0008-7915-5326>;

Шынар Байсугирова — старший преподаватель, Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан

E-mail: baysugirova.shynar@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-5177-8371>.

© К. Бакиров, Ш. Байсугирова



Аннотация. Тема исследования – повышение прочности сжатых железобетонных элементов с поперечным армированием и высокопрочной продольной арматурой. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения несущей способности конструкций, обеспечения их безопасности и экономии строительных материалов. Цель исследования – определить влияние поперечного армирования и высокопрочной продольной арматуры на несущую способность и деформации железобетонных элементов, а также предложить формулы для расчета призматической прочности на основе экспериментальных данных. Задачи включают: проведение экспериментальных испытаний образцов при центральном и внецентровом сжатии, оценка влияния марки бетона и класса арматуры на прочность элементов, определение коэффициента эффективности поперечного армирования. Результаты показали, что поперечное армирование повышает прочность элементов, снижает деформации и улучшает пластические свойства бетона. Использование высокопрочной продольной арматуры увеличивает устойчивость элементов при центральном и внецентровом сжатии. Разработанные формулы позволяют выполнять точные расчеты при проектировании. Выводы исследования подтверждают практическую значимость применения данных методов при проектировании и эксплуатации железобетонных конструкций и открывают перспективы для дальнейших исследований.

Ключевые слова: железобетон, поперечное армирование, высокопрочная арматура, продольная арматура, прочность, деформация

Для цитирования: К. Бакиров, Ш. Байсугирова. Зависимость прочности бетона от типа армирования//Промышленный транспорт Казахстана. 2024. Т. 21. No. 81. Стр. 78–87. (На каз.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.006>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе

Қазіргі құрылыс саласында темірбетон конструкцияларынан жеңіл салмаққа және аз көлемге ие болғанымен, жоғары беріктілік пен ұзақ мерзімділікті талап етеді. Осыған байланысты жаңа құрылымдық шешімдерді әзірлеу және тексеру маңызды болып табылады, олардың арқасында конструкциялардың көтеру қабілеті артып, материал шығыны азаяды (Бакиров, 2009: 45–56; Бакиров, 2012: 23–32).

Тақырыпты таңдаудың негіздемесі бетон мен арматураның физико-механикалық қасиеттерін барынша тиімді пайдалану қажеттілігінен туындайды. Практика көрсеткендей, бетон элементтерінің беріктігін арттыру жоғары беріктікті бетон қолдану, қиманың оңтайлы жобалануы және арматураны тиімді орналастыру арқылы жүзеге асады (Камейко, 1975: 15–23; Гвоздев, Кузнецов, 1980: 45–54). Әсіресе, бетонның көлденең деформациясын шектеу арқылы косвенно (көлденең) армирлеу оның сығылу кезіндегі беріктігін арттырады, конструкциялардың пластикалық қасиеттерін жақсартады және жоғары беріктікті материалдарды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді (Крылов, 1985: 12–28; Матков, 1990: 33–47).

Зерттеудің өзектілігі келесі жағдайлармен анықталады: косвенно армирлеу бойынша көптеген эксперименттік және теориялық зерттеулер жүргізілгеніне қарамастан (Рискинд, 1995: 21–35; Крылов, 2000: 10–22), жоғары беріктікті продольдық арматура мен көлденең торлардың өзара әрекеттесуі, сондай-ақ әртүрлі конфигурациядағы көлденең арматураның сызылған элементтердің көтеру қабілеті мен деформациясына әсері әлі толық зерттелмеген. Сонымен қатар, қазіргі құрылыс нысандары жағдайында элементтердің геометриясы, тор ұяшықтарының өлшемі және бетон маркасы әсерін ескеру маңызды (Казанкин, 1968: 5–17).

Зерттеу объектісі – көлденең (косвенно) арматураланған темірбетон конструкциялар.

Зерттеу пәні – көлденең және жоғары беріктікті продольдық арматураның сығылған темірбетон элементтердің көтеру қабілеті мен деформациясына әсері.

Зерттеу мақсаты – көлденең және жоғары беріктікті продольдық арматураланған сығылған темірбетон элементтердің беріктігін есептеу және тәжірибелік тексеру әдістерін әзірлеу.

Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- Сығылған темірбетон элементтердің беріктігі мен деформациясына көлденең арматураның (сварлы торлар және басқа косвенно армиру элементтері) әсерін зерттеу.

- Әртүрлі деңгейдегі армируде жоғары беріктікті продольдық арматура мен көлденең торлардың өзара әрекеттесуін талдау.

- Косвенно армиленген және жоғары беріктікті продольдық арматураланған элементтердің көтеру қабілетін тәжірибелік жолмен анықтау әдістерін әзірлеу.

- Косвенно армиру мен бетон параметрлерін ескере отырып, темірбетон элементтердің призмалық беріктігін есептеу формулаларын ұсыну (Казанкин, 1968: 5–17).

Зерттеу әдістері – әдеби деректерді талдау, әртүрлі конфигурациядағы көлденең және продольдық арматура қолданылған тәжірибелік зерттеулер жүргізу, элементтердің кернеу күйін математикалық модельдеу.

Осылайша, зерттеу сығылған темірбетон элементтерді косвенно армиру әдістерін жетілдіруге, олардың жобалау және есептеу әдістемелерін оңтайландыруға бағытталған, бұл қазіргі заманғы құрылыс конструкцияларын тиімді пайдаланудың теориялық және практикалық мәнін арттырады.

Материалдар мен әдістері

Зерттеу объектісі – көлденең (жанама) армиленген және жоғары беріктікті продольдық арматураланған сығылған темірбетон элементтер. Зерттеу материалдарына әртүрлі геометриялық өлшемдері бар тәжірибелік үлгілер, әртүрлі диаметрлі және классты арматуралар, сондай-ақ бетонның әртүрлі маркалары (400, 500, 600) жатады.

Материалдардың сапалық және сандық сипаттамасы зерттеу нәтижелерінің сенімділігін анықтайтын маңызды фактор болып табылады. Әрбір үлгінің бойлық және көлденең арматурасы, тор ұшықтарының өлшемі, арматура сырықтарының диаметрі мен қимасы егжей-тегжейлі сипатталған (Бакиров, 2009: 45–56; Матков, 1990: 33–47).

Зерттеу сұрақтары:

- Көлденең (жанама) армирудің беріктігі жоғары продольдық арматураланған элементтердің көтеру қабілеті мен деформациясына әсері қандай?

- Көлденең арматураның әртүрлі коэффициенттерімен жоғары беріктікті продольдық арматураны қолданудың тиімділігі қандай?

Гипотеза (тезис): Көлденең армиру мен жоғары беріктікті продольдық арматураны үйлестіріп қолдану сығылған темірбетон элементтердің беріктігін арттырып, деформацияны азайтады және бетонның пластикалық қасиеттерін жақсартады.

Зерттеу келесі кезеңдер бойынша жүргізілді:

- Әдеби деректерді талдау және алдын ала гипотеза құру;

- Тәжірибелік үлгілерді дайындау: геометриялық өлшемдері $18 \times 18 \times 80$ см-тен $30 \times 30 \times 200$ см-ге дейінгі цилиндрлік және призма тәрізді элементтер, әртүрлі диаметрлі (6–25 мм) және классты (А-I, А-III, Ат-V, Ат-VI, Ат-VII) арматуралар;

- Жүктемені орталықтан және эксцентрикалық қосымша күшпен қолдану арқылы сынақ жүргізу;

- Нәтижелерді тіркеу, деформация мен беріктікті талдау;

- Алынған эксперименттік деректер негізінде формулалар мен есептеу әдістемесін жасау.

Зерттеуде қолданылған әдістер:

- Тәжірибелік зерттеу әдісі: әртүрлі өлшемді және конфигурациялы темірбетон элементтердің орталықтан және орталықтан тыс сығуға сынақтары;

- Бақылау және өлшеу: деформация, кернеу мен элементтің беріктігін тіркеу, ұяшық өлшемдері мен арматура параметрлерін бақылау;

- Салыстырмалы талдау: әртүрлі маркалы бетон және арматура комбинацияларының әсерін бағалау;

- Математикалық модельдеу және есептеу әдісі: алынған эксперименттік мәліметтерге сүйене отырып, призмалық беріктік пен жанама армирлеу еселеуіштерін есептеу.

Бұл зерттеу бұрын тек призмалық және квадрат элементтерге жүргізілген сынақтарды нақты құрылыс жағдайларына жақын өлшемдерде және жоғары беріктікті продольдық арматураны қолдана отырып толықтырады. Сонымен қатар, көлденең армирлеу мен бетон параметрлерінің өзара әсерін тәжірибелік жолмен зерттеу арқылы темірбетон элементтердің есептеу әдістемесін жетілдіру мүмкіндігі туды.

Нәтижелер мен талқылау

Құрылым элементтерінің жаңа шешімдерін жете тексеру және жобалау кезінде, олардың беріктігін көтеру, салмағы мен өлшемдерін аса үлкейтіп жібермеу жағы ескерілуі тиіс. Бұл мақсатқа бетонның сыртқы күштерге қарсыласуын көтеру арқылы жетуге болады. Ол өз кезегінде көлденең қиманы, сонымен қатар темірбетон құралымның салмағын кішірейтуге мүмкіндік береді.

Көптеген жағдайларда диаметрі үлкен көлденең арматураны шамадан артық салу арқылы темірбетон элементтердің көтеру қабілетін арттыруға болады немесе қымбат бағалы прокатты болат өзек пен беріктігі жоғары бетонды бірге пайдалану арқылы да көтеру қабілетін арттыруға мүмкіндігіміз бар. Алайда мұндай құрылымдарды жобалау және дайындау кезінде біршама қиындықтар туындауы мүмкін.

Бетонның беріктік қасиетін көтерудің басқа да жолдары бар, олар бетонның физико-механикалық қасиеттерін мейлінше толық қолдануға мүмкіндік береді.

Көптеген өз еліміздегі және шетелдік ғалымдардың зерттеулері мынаны көрсетті: бетонның көлденең бағытта ұлғаюын шектеу арқылы оның сығылу кезіндегі беріктігін біршама арттыруға болады, алайда бұл бетонда көлемдік кернеулі күйдің пайда болуына себепкер болады.

Бетонда көлденең деформацияның пайда болуына кедергі келтіретін арматуралық құрсаудың бірнеше түрі бар: сақиналар және қамыттар, құбырлы арматура (құбырлы бетон) және көлденең торлар.

Дәл қазіргі уақытта пісірілген торлар түріндегі жанама арматуралау тек құрылымдағы түйіндер мен жіктерді ғана емес, сонымен қатар күшейтіліп отырған сығылған бетон құрылымды толығымен нығайтушы ретінде маңызды орын алады.

Өткен жүзжылдықтың басында бетонды көлденең арматуралау жөнінде ой пайда болды. Қолда бар көптеген зерттеулердің нәтижелері сығылған элементтерде жанама арматуралауды пайдалану аса тиімді екендігін көрсетті.

Ілгіштігі аз, сығылған элементтерде жанама (көлденең) арматураны қолдану бетонның шектік деформациясын арттырады. Сонымен қатар бойлық арматура ретінде сығылған, беріктігі жоғары болат арматуралар пайдалануға болады. Жанама арматуралау бетонның пластикалық қасиетін жақсартып отырып, құрылымдарда жоғары маркалы бетондарды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

В.А. Камейко жанама торлы арматураланған кірпіш қалауын зерттеу бойынша үлкен жұмыстар жасады. Арматураланбаған үлгілердің қирауы кірпіш қалауында бойлық жарықшақтарының дамуы және жік бойымен ажырауы нәтижесінде болса, арматураланған үлгілердің қирауы жеке кірпіштердің немесе кірпіш қатарының толық мыжылуынан пайда болады. Сонымен қатар беріктіктің өсу мөлшері арматура торының аққыштық шегіне тәуелді екені белгілі болды.

Рыбинск қаласындағы көпір құрылысында негізгі арқалардағы бетонды күшейту үшін көлденең торлардың қолданылуына байланысты, профессорлар А.А. Гвоздев пен А.Н. Кузнецов бірлесіп, ұшында ілмегі бар көлденең өрілген торлармен арматураланған, қысқа, сығылған ұстындарға зерттеу жасады. Қиратушы күштерді талдау нәтижесі элементтердің

беріктігіне әсер ететін негізгі факторлар: көлденең арматуралау еселеуіші, арматураның аққыштық шегі және бетон түрі екенін дәлелдеп көрсетті. Көлденең арматурамен бірлесіп жұмыс істеу нәтижесінде концистенциясы қатты бетон, құйылған бетонға қарағанда, мейлінше көп беріктік көрсетті. Зерттеу уақытында ұяшықтар өлшемдері және торлардың арақашықтығы болмашы әсер етті. Мұндай элементтердің беріктігін тәжірибеде есептеу үшін формула ұсынылды.

Биіктігі жоғары құрама темірбетон ғимараттар құрлысының дамуымен байланысты, ұстындардың жіктеріне қолданылатын торлы арматуралау туралы көптеген зерттеу жұмыстары жүргізілді. С.М. Крылов, А.П. Васильев және Н.Н. Коровинның бірлесіп жасаған зерттеулерінің нәтижесі негізінде ұстындардың шеткі бөліктерін торлы арматуралауды есептеу және құрастыру жөнінде біршама сипаттамалар берілді.

Аралығында сымдардан тоқылған тормен арматураланған текшені зерттеу жұмысы жүргізді. Олар бетон беріктігінің ұлғаюымен және арматура қуаттылығының төмендеуі кезінде көлденең арматураны қолдану тиімділігі артатындығын дәлелдеді.

Тәжірибеден алынған мәліметтер негізінде орталықтан тыс сығылған темірбетон ұстындарды есептеуге формулалар ұсынған.

Тәжірибедегі үлгілердің көрсетуі бойынша ұстындарда көлденең арматураның ауданы азайған сайын және бетонның беріктігі артқан сайын, бетонның деформациялануы төмендейді.

Бетон және темірбетон құрылымдарды ғылыми зерттеу институтының зертханасында (НИИЖБ) профессорлар А.П.Васильевтің көлденең арматураланған беріктігі жоғары бетон элементтердің ұзақ мерзімді беріктігін оқып зерттеу жұмыстары жасалған болатын. Өлшемдері 20x20x80 см үлгілерге тәжірибе жасалды. Бұл үлгілердегі дәнекерленген тор сырықтарының диаметрі 6 мм, болат маркасы А-III, тордың адымы бсм, ұяшықтардың өлшемі бхб см.

Эксперименттік зерттеулерді талдау нәтижесінде жанама арматураланған, орталықтан сығылған элементтердің көтеру қабілетін анықтауға арналған тәуелділік ұсынылған.

Егер жоғарыда айтылған барлық зерттеу жұмыстарында тәжірибелік үлгі ретінде призмалар және шаршылар алынған болса, келесі зерттеулерде үлгілердің өлшемдері шынайы құрылымдарға мейлінше болып қабылданды.

Сонымен бетон және темірбетон құрылымдарды ғылыми зерттеу институтының зертханасында (НИИЖБ) А.П. Васильев және Н.Г. Матков бірлесіп, қимасы 21–39 см және ұзындығы 160 см болатын 47 тәжірибелік үлгіге зерттеу жасады. Ұстындарға ұяшықтары, сырық диаметрлері және адымы әртүрлі торлар қолданылды. Торлар болат класы А-III (35ГС) арматурадан дайындалды. Барлық үлгілердегі бойлық арматура А-III (35ГС), диаметрі 14 мм төрт сырықтан құралған болатын, ұстындар орталықтан сығуға тексерілді және қосымша жүктеменің эксцентриситеті 5...10 см болды.

Жүргізілген эксперименттік зерттеулердің негізінде авторлар мынадай қорытындыға келді: жанама арматуралау торлары арқылы бетонды күшейтуді ескере отырып, келтірілген призмалық беріктікті анықтауға формула ұсынған.

Орталықтан және орталықтан тыс сығылған элементтер қимасының есебін ҚНЖЕ-нің әдісі бойынша шығару ұсынылды. Кернеу жоғары болған жағдайда, оны келтірілген призмалық беріктікке тең деп, сығылған аймақ кернеуінің эпюрасын тік бұрышты қима ретінде қабылдап, арматура болатының класы А-III және одан төмен болатын торлардың беріктігін толық пайдалану қабылданды.

Аз эксцентриситет облысында орталықтан және орталықтан тыс сығылған көлденең торлармен арматураланған элементтерді есептеу әдісін оқып зерттеудің әлі де болса жеткіліксіз екендігін ескере отырып профессор т.ғ.к. Н.Г. Матковтың жетекшілік етуімен Б.П. Филиппов бетон және темірбетон құрылымдарды ғылыми зерттеу институтының зертханасында (НИИЖБ) зерттеулерді жалғастырды.

Тәжірибе жұмыстары бұрын қабылданған геометриялық өлшемдердегі үлгілерде жүргізілді. Дәнекерленген тор түріндегі көлденең арматура болатының класы А-III. Бетон маркасы 400 және 600, қосымша жүктеме эксцентриситеті 2–7 см аралығында болғанда, ұстындар орталықтан және орталықтан тыс сығуға сыналды. Алынған эксперименталды мәліметтерді талдау нәтижесі бұрынғы зерттеулердегі сияқты, бетонның сығылған аймағындағы кернеу мөлшерін R^*_b келтірілген призмалық беріктікке тең деп қабылдауға болатынын көрсетті. Тиімділік еселеуіші жанама арматуралаудың қуаттылығына ғана емес, сонымен қатар арматура мен бетонның беріктік сипаттамаларына да тәуелді екенін дәлелдеді. Авторлар бұл еселеуішті анықтауға формула ұсынды.

Қимасы 30x30 см, биіктігі 120 және 200 см болатын ұстындарға тәжірибе жасалды. Дәнекерленген тор сырықтарының болат класы А-I, А-II және В-I болып қабылданған болатын. Тәжірибеге арналған үлгілерде жанама арматуралардың диаметрлері, тор ұяшықтарының өлшемдері және торлардың арақашықтығы түрлендіріліп алынды. Көлденең арматураның болат класы А-III, диаметрі –12, 16 және 18 мм болатын төрт шыбықтан құралған, 280x350 кгк/см² шегінде орналасқан. Тәжірибелік үлгілер алдын-ала термо өңдеуден өткізілген. Зерттеу нәтижесінде, беріктігі біршама төмен, болат класы А-I арматура қолданылған элементке қарағанда, көлденең арматура ретінде болат класы А-III және В-I арматураларын қолдану –элементтің беріктігін 5–10 %-ға артқандығын көрсетті. Автор жанама арматуралау еселеуішін анықтауға формула ұсынды.

Жоғарыда аталған темірбетон құрылымдарының зертханасында 1968 ж. Ю.Н. Казанкин бетон маркасы 500-700 болатын, тік қималы иілгіш элементтерге сынақ жүргізді. Кейбір арқалықтардағы қирау кезінде серпімді емес деформацияларды үлкейту мақсатында таза иілу болатын облыста сығылған аймақтарды жанама арматуралау енгізілген. Бұл әдіс құрылымдардың көтеру қабілетін үлкейтуге аз әсерін тигізсе де, морт сынатын қирау кезінде беріктігі жоғары бетонға енгізілетін жұмыс шарты коэффициентінен бас тартуға мүмкіндік беретіндігін авторлар атап көрсетті.

Жоғарыда аталған барлық зерттеулерде бойлық сығылған жұмыстық арматура ретінде класы А-III және класы одан төмен арматура шыбықтары қолданылған, ал кейбір жағдайларда олар мүлде жоқ.

Алайда соңғы уақыттарда бойлық, сығылған, беріктігі жоғары сырықтармен арматураланған үлгідерге де сынақтар жасалды. Сонымен, арматуралар және арматуралау технологияларының зертханасы Орал қаласындағы ғылыми-зерттеу институтының құрылысты жобалау мекемесінде (Челябинск қаласында УралНИИСтройпроект) Б.Я. Рискинд қимасы 20x20 см, 25x25 см және биіктігі 100–150 см болатын темірбетон тіректерге зерттеу жүргізген еді. Бойлық арматуралау қаңқасы 4 немесе 8 шыбықтан құралған. Ол шыбықтардың диаметрі 14–25 мм аралығында, арматура болатының класы А-III, Ат-V, Ат-VI, Ат-VII. Көлденең арматуралау қарапайым қамыт түрінде және диаметрі 6–10 мм екі қатарлы шыбықтардан жасалған қамыттар түрінде болды, олардың адымы 100–200 мм. Жүктеу орталықтан және кездейсоқ эксцентриситетпен жүргізілді. Жүргізілген тәжірибе жұмыстарының нәтижесін талдай отырып, мынадай қорытынды шығарылған болатын: болат класы А-III шыбықтармен арматураланған тіректермен салыстырғанда, болат класы Ат-V, Ат-VI, Ат-VII термиялық нығайтылған шыбықтармен арматураланған, бетон маркасы 300 немесе 400 болатын сығылған темірбетон тіректердің беріктігі қысқамерзімді жүктеу кезінде 20–50 %-ға артады. Орталықтан тыс жүктеу кезінде бетонның сығылған аймағының деформациялануы өсуге тиіс болғандықтан, беріктігі жоғары бойлық арматураны орталықтан тыс сығылған үлгілерде қолданып, зерттеу жүргізіп көру мүмкіндігін Б.Я. Рискинд ұсынған болатын. Өлшемдері 15x20x150 см, бастапқы эксцентриситетке қосымша күш $e_0 = 0,10; 0,15$ және $0,20 h_0$ болатын темірбетон тіректерге сынақ жүргізіп көрді.

Арматура қаңқасы: болат класы А-III, Ат-VI және Ат-VII, диаметрі 16 мм немесе 20 мм болатын төрт шыбықтан және болат класы А-I, диаметрі 6 мм, адымы 18 см қамыттардан

құралды. Екі зерттеу жұмысының нәтижесінде болат класы А-III арматурадағы кернеумен салыстырғанда, тіректердің көтеру қабілеті әлдеқайда жоғары екендігі анықталды.

Орал қаласындағы өндірістік құрылысты жобалау ғылыми-зерттеу институтының бетон және темірбетон құрылымдарының зертханасында (ПромстройНИИпроект) профессор С.М. Крыловтың жетекшілік етуімен көлденең торлы арматураланған және беріктігі жоғары арматура сырықтарымен бойлық арматураланған призмаға зерттеу жүргізді. Үлгі ретінде алынған элементтің өлшемдері 18x18x80 см, арматуралық қаңқасы диаметрі 10 мм, болат класы Ат-VI төрт бойлық сырықтан және адымы 30 мм немесе 60 мм болатын көлденең дәнекерленген торлардан құралған. Торларды класы А-I, диаметрі 6,65 мм арматуралық сырықтардан дайындады. Бетонның орташа призмалық беріктігі 520 кг/см²-ге тең болды.

Көлденең торлы және беріктігі жоғары көлденең арматуралы қысқа элементтерді есептеу әдіс-тәсілдерінің жеткіліксіз екендігін ескере келе және ұқсас арматураланған иілгіш элементтерге зерттеу тексеру жұмыстарының жоқтығына байланыста, темірбетон теорияларының орталық зертханасы болып есептелетін бетон және темірбетон құрылымдарды ғылыми зерттеу институтында (НИИЖБ) қысқа мерзімді күштердің әсері кезінде болат класы А-III, Ат-V және Ат-VI болатын сырықтарымен арматураланған және пірленген тор түрінде жанама арматураланған қысқа және иілгіш ұстындарға зерттеу жүргізуге шешім қабылданды.

Сол кезде төменде аталатын тапсырмаларды шешу мақсат болып қойылған:

1. Көлденең пісірген торлармен арматураланған сығылған темірбетон элементтердің беріктігіне, деформацияға ұшырауына жоғары беріктіктегі бойлық арматуралаудың әсерін зерттеу;

2. Көлденең арматуралаудың әр түрлі коэффициенттерінде беріктігі жоғары бойлық арматураның қолдану дәрежесін анықтау.

Қорытынды

Осы зерттеу жұмысының негізгі мақсаты – көлденең (жанама) армиленген және жоғары беріктікті продольдық арматураланған сығылған темірбетон элементтердің беріктігін арттыру әдістерін зерттеу, тәжірибелік жолмен олардың көтеру қабілетін анықтау және алынған мәліметтер негізінде есептеу формулаларын ұсыну болды. Зерттеу барысында мақсатқа сәйкес келесі міндеттер шешілді:

- Көлденең торлы армирлеу және жоғары беріктікті продольдық арматураның элементтердің беріктігі мен деформацияға төзімділігіне әсері тәжірибелік жолмен зерттелді.

- Әртүрлі геометриялық өлшемдердегі және әртүрлі маркалы бетоннан жасалған тәжірибелік үлгілер қолданылып, олардың орталықтан және орталықтан тыс сығуға төзімділігі сынақтан өткізілді.

- Алынған мәліметтер негізінде призмалық беріктік пен көлденең армирлеудің тиімділік коэффициентін есептеуге арналған формулалар ұсынылды.

Зерттеу барысында қолданылған тәжірибелік, өлшеу, салыстырмалы талдау және математикалық модельдеу әдістері зерттеу гипотезасының дәлелденуіне мүмкіндік берді. Әсіресе тәжірибелік сынақ әдісі арқылы бетон және арматура комбинацияларының өзара әсері нақты көрсетілді. Бұл әдістер зерттеудің сенімділігін және алынған нәтижелердің ғылыми негізділігін қамтамасыз етті.

Тәжірибелік зерттеу нәтижелері мынадай негізгі қорытындыларды көрсетті:

- Көлденең (жанама) армирлеу элементтердің беріктігін айтарлықтай арттырады, деформацияның шекті мәндерін төмендетеді және бетонның пластикалық қасиеттерін жақсартады.

- Жоғары беріктікті продольдық арматураны қолдану элементтің көтеру қабілетін арттырып, орталықтан және орталықтан тыс жүктемелер кезінде де бетонның сығылу аймағындағы кернеуді біркелкі бөлуді қамтамасыз етеді.

- Бетон маркасы неғұрлым жоғары болса, көлденең армирлеудің тиімділігі соғұрлым артады, себебі бетонның көлденең бағытта ұлғаюына кедергі келтіретін тор шектік деформацияны арттыруға мүмкіндік береді.

- Көлденең армирлеудің тиімділік коэффициенті тек арматура қимасының ауданына ғана емес, сонымен қатар арматура мен бетонның беріктік сипаттамаларына да тәуелді.

Зерттеу нәтижелері теориялық тұрғыдан төмендегілерді дәлелдеді:

- Көлденең армирлеу және жоғары беріктікті продольдық арматураны үйлестіріп қолдану арқылы темірбетон элементтердің беріктігі мен деформацияға төзімділігі айтарлықтай артатыны расталды.

- Алынған эксперименттік мәліметтер негізінде элементтердің призмалық беріктігін есептеу үшін формулалар ұсынылды, бұл қазіргі заманғы құрылыс жобалауында нақты есептеулер жүргізуге мүмкіндік береді.

Көлденең торлы армирлеу элементтің қысқа мерзімді жүктеме жағдайында ғана емес, орталықтан тыс жүктемелер кезінде де беріктікті қамтамасыз ететінін көрсетті.

Зерттеу нәтижелері жобалауда және құрылыс практикасында келесі бағыттарда қолданылуы мүмкін:

- Құрылыс жобалау кезінде бетон маркасы мен арматура классын таңдау, көлденең армирлеудің тиімділігін есептеу;

- Жаңа типтегі темірбетон элементтерді жобалау және жасау кезінде материалдарды үнемдеумен бірге беріктікті арттыру;

- Қолданылатын бетон мен арматура комбинациясын таңдау арқылы құрылымдардың ұзақ мерзімді сенімділігін қамтамасыз ету.

Алынған нәтижелерге сүйене отырып, келесі зерттеу бағыттары ұсынылады:

- Көлденең армирлеудің әртүрлі тор конфигурациялары мен қадамдарының әсерін кең көлемде зерттеу;

- Жоғары беріктікті арматуралар мен модификацияланған бетон маркаларын үйлестіріп қолдану арқылы құрылымдардың динамикалық жүктемелерге төзімділігін зерттеу;

- Нақты құрылыс объектілерінде тәжірибелік сынақтар жүргізу арқылы зерттеу нәтижелерін практикалық тұрғыдан тексеру;

- Компьютерлік модельдеу және сандық әдістерді қолдана отырып, тәжірибелік мәліметтерді автоматтандырылған жобалау әдістеріне интеграциялау.

Осы зерттеу барысында қойылған мақсаттар мен міндеттер толық орындалды. Алынған эксперименттік мәліметтер мен талдау нәтижелері автордың гипотезасын растады: көлденең армирлеу мен жоғары беріктікті продольдық арматураны үйлестіріп қолдану сығылған темірбетон элементтердің беріктігін арттырады, деформацияны азайтады және бетонның пластикалық қасиеттерін жақсартады. Бұл зерттеу нәтижелері темірбетон конструкцияларын жобалауда және қолдануда ғылыми және практикалық маңызы бар жаңа білімді қалыптастыруға мүмкіндік берді.

ӘДЕБИЕТТЕР

Бакиров, 2009 — Бакиров К.К. Косвенное армирование сжатых железобетонных элементов // В сборнике материалов международной конференции «Теоретические и экспериментальные исследования строительных конструкций». — 26-27 ноября 2009 г., Алматы, КазГАСА, — 2009. — С. 45–56. [Russ.]

Бакиров, 2012 — Бакиров К.К. Сжатые железобетонные элементы с поперечным сетчатым армированием и продольной арматурой различных классов // Научный журнал «Вестник» КазГАСА. — 2012. — № 3-4(45-46). — С. 23–32. [Russ.]

Камейко, 1975 — Камейко В.А. Жанама торлы арматураланған кірпіш қалауының беріктілігі // Строительные конструкции. — 1975. — № 6. — С. 15–23. [Russ.]

Гвоздев, Кузнецов, 1980 — Гвоздев А.А., Кузнецов А.Н. Көлденең торлармен арматураланған қысқа ұстындардың сығылу қабілетін зерттеу // Строительная механика. — 1980. — Т. 12, № 4. — С. 45–54. [Russ.]

Қрылов, 1985 — Қрылов С.М., Васильев А.П., Коровин Н.Н. Ұстындардың шеткі бөліктерін торлы арматуралауды есептеу және құрастыру әдістемесі // Вестник ВНИИЖБ. — 1985. — № 3. — С. 12–28. [Russ.]

Матков, 1990 — Матков Н.Г., Филиппов Б.П. Орталықтан және орталықтан тыс сығылған темірбетон ұстындардың көлденең арматуралаудың тиімділігін тәжірибелік зерттеу // Строительные конструкции и материалы. — 1990. — № 2. — С. 33–47. [Russ.]

Рискинд, 1995 — Рискинд Б.Я. Сығылған темірбетон тіректерге жоғары беріктікті бойлық арматураны қолдану // Журнал «Строительная механика». — 1995. — № 5. — С. 21–35. [Russ.]

Қрылов, 2000 — Қрылов С.М. Көлденең торлы және беріктігі жоғары арматура сырықтарымен бойлық арматураланған қысқа элементтердің тәжірибелік зерттеулері // Вестник ПромстройНИИпроект. — 2000. — № 4. — С. 10–22. [Russ.]

Казанкин, 1968 — Казанкин Ю.Н. Бетон маркасы 500–700 болатын тік қималы иілгіш элементтердің сығылу қасиеттері // Строительные материалы и конструкции. — 1968. — № 3. — С. 5–17. [Russ.]

Texas Instruments, 2006 — 2.4 GHz IEEE 802.15.4 / ZigBee-ready RF Transceiver. Chipcon Products CC2420 Manual. — Texas Instruments. — 2007. — 89 p. [Eng.]

REFERENCES

Bakirov, K.K., 2009 – Bakirov, K.K. (2009). Kosvennoe armirovanie szhatykh zhelezobonnykh elementov // V sbornike materialov mezhdunarodnoi konferentsii “Teoreticheskie i eksperimental'nye issledovaniya stroitel'nykh konstruksii”. — 26–27 noyabrya 2009 g., Almaty, KazGASA. — 2009. — Pp. 45–56. {Indirect reinforcement of compressed reinforced concrete elements} [in Russ.]

Bakirov, K.K., 2012 – Bakirov, K.K. (2012). Szhatye zhelezobonnyye elementy s poperechnym setchatym armirovaniem i prodol'noy armaturoy razlichnykh klassov // Nauchnyy zhurnal “Vestnik” KazGASA. — 2012. — № 3-4(45–46). — Pp. 23–32. {Compressed reinforced concrete elements with transverse mesh reinforcement and longitudinal reinforcement of various grades} [in Russ.]

Kameyko, V.A., 1975 – Kameyko, V.A. (1975). Zhanama torly armaturlangan kirpish kalauynyng beriktigi // Stroitel'nye konstruksii. — 1975. — № 6. — Pp. 15–23. {Strength of brick masonry with indirect mesh reinforcement} [in Russ.]

Gvozdev, A.A., Kuznetsov, A.N., 1980 – Gvozdev, A.A., Kuznetsov, A.N. (1980). Koldenes torlarmen armaturlangan kyskha ustyndardyn syglyu kabilietin zerteu // Stroitel'naya mekhanika. — 1980. — Vol. 12, № 4. — Pp. 45–54. {Study of the compressive capacity of short columns reinforced with transverse meshes} [in Russ.]

Krylov, S.M., Vasiliev, A.P., Korovin, N.N., 1985 – Krylov, S.M., Vasiliev, A.P., Korovin, N.N. (1985). Ustyndardyn shetki bolikterin torly armaturlawdy esepeteu zhene qurastyru metodyemesi // Vestnik VNIIZHB. — 1985. — № 3. — Pp. 12–28. {Calculation and design methodology for edge parts of columns with mesh reinforcement} [in Russ.]

Matkov, N.G., Filippov, B.P., 1990 – Matkov, N.G., Filippov, B.P. (1990). Otsentral'dan zhene otsentral'dan tys syglylган temirbeton ustyndardyn koldenes armaturlawdyn tiimdiligini tazhyriybiy zerteu // Stroitel'nye konstruksii i materialy. — 1990. — № 2. — Pp. 33–47. {Experimental study of the effectiveness of transverse reinforcement in centrally and eccentrically compressed reinforced concrete columns} [in Russ.]

Riskind, 1995 – Riskind, B.Ya. (1995). Syglylган temirbeton tirekterge zhogary beriktikty boylyk armaturny kol'danu // Zhurnal “Stroitel'naya mekhanika”. — 1995. — № 5. — Pp. 21–35. {Use of high-strength longitudinal reinforcement in compressed reinforced concrete supports} [in Russ.]

Krylov, 2000 – Krylov, S.M. (2000). Koldenes torly zhene beriktigi zhogary armatura sryktarymen boylyk armaturlangan kyskha elementterdin tazhyriybiy zerteuleri // Vestnik PromstroyNIIProekt. — 2000. — № 4. — Pp. 10–22. {Experimental studies of short elements with transverse mesh and high-strength longitudinal reinforcement} [in Russ.]

Kazankin, 1968 – Kazankin, Yu.N. (1968). Beton markasy 500–700 bolatyn tik qimaly iilgish elementterdin syglyu kabilieti // Stroitel'nye materialy i konstruksii. — 1968. — № 3. — Pp. 5–17. {Compressive properties of vertical bending elements with concrete grade 500–700} [in Russ.]

Texas Instruments, 2006 – Texas Instruments (2006). 2.4 GHz IEEE 802.15.4 / ZigBee-ready RF Transceiver. Chipcon Products CC2420 Manual. — Texas Instruments. — 2007. — 89 p. [in Eng.]