

УДК693.55

## ТЕМІРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ ОТҚА ТӨЗІМДІЛІГІН ЖӘНЕ БЕРІКТІГІН АНАЛИТИКАЛЫҚ ЕСЕППЕН АНЫҚТАУ

Қамбар Аян Нұржанұлы

*ayankambar@mail.ru*

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ «Құрылыс материалдары, бұйымдары және құрылымдарының өндірісі» мамандығының 1-курс магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан  
Ғылыми жетекшісі –Т.М. Байтасов

**1. Кіріспе.** Құрылыс темірбетон конструкцияларының нақты отқа төзімділігін анықтау қажеттілігі ғимаратты қайта құру, оның бөліктерін күшейту, ғимарат конструкцияларының отқа төзімділігін нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкес келтіру кезінде туындайды.

Күрделі ғимаратты қайта құру процесінде үй-жайларды қайта құру және олардың функционалды мақсатын, өрт қауіптілік класын өзгерту, ол үшін бізге құрылыс конструкциялары мен жабдықтарын ауыстыру мүмкін қажет болады. Ғимараттың өрт-техникалық сипаттамаларының өзгеруі оның конструкцияларының қажетті отқа төзімділігінің өзгеруіне әсер етеді[1].

Техникалық әдебиеттерде табиғи өрттің салдарын зерттеу барысында темірбетон конструкцияларының отқа төзімділігін бағалау бойынша әрекеттер жүйесі белгілі. Бұл әрекеттер жүйесі мыналарды қамтиды бақылау үлгілерін дайындау, конструкцияның көтергіш қабілетін жоғалту бойынша шекті жай-күйдің басталу уақытын анықтау, яғни сыртқы жүктеме және қысқа мерзімді жоғары температуралы табиғи өрт немесе технологиялық авария жағдайында құлау [2].

Белгілі іс-қимыл жүйесінің маңызды кемшіліктеріне отқа төзімділіктің нақты шектері өткен өрттің салдарын зерттеу нәтижелері бойынша шамамен анықталатындығы жатады. Өртті егжей-тегжейлі зерттеу құрылыс сарапшысының ұзақ жұмысын анықтайды. Бұл жағдайда басқа өлшемдері мен басқа сыртқы жүктемесі бар табиғи құрылымдардың нақты отқа төзімділігін анықтау мүмкін емес. Алынған нәтижелерді ұқсас конструкциялардың стандартты от сынақтарымен салыстыру қиын. Сондықтан жолдардың отқа төзімділігін бағалаудың бұл әдісі қайта сынауға аз технологиялық мүмкіндікке ие, уақытты қажет етеді және сынаушылар үшін қауіпті.

Отқа төзімділікті бағалау үшін белгілі іс-қимыл жүйесін пайдалану кезінде от сынақтарын өткізуге экономикалық шығындар үлкен. Эксперименттік өрт жағдайында конструкциялардың жай-күйін бақылау қиын және қауіпті. Тәжірибелік және стандартты өрттердің жоғары температуралық режиміндегі айырмашылықтарға байланысты құрылымдардың отқа төзімділігінің нақты шектерінің нақты мәндерін анықтау қиын. Себептері қирау сығылған темір-бетон конструкцияларын фрагменті ғимаратының мүмкін емес орнатылған үшін түрлілігін бір мезгілде жұмыс істеп тұрған өрт факторлары. [3].

Жұмыстың өзектілігі темірбетон конструкцияларының отқа төзімділігін бағалау әдістерінің негізінде темірбетонның жоғары температуралық әсеріне және жоғары температураға төзімділігінің аналитикалық есептеу моделін құру болып табылады.

## 2. Негізгі бөлім

**Мысал. Темір бетон арқалығының беріктігін есептеу "0.000 М отм-дағы 1-2/А осьтеріндегі арқалық "R 60 минутқа отға төзімділіктің берілген шегі кезінде тік бұрышты қимасы**

Есептеу СТО 36554501-006-2006 "Темірбетон конструкцияларының отқа төзімділігі мен отқа төзімділігін қамтамасыз ету ережелері" және СП 63.13330.2012 "Бетон және темірбетон конструкциялары. Негізгі ережелер" әдістемелерімен сәйкес жүргізілді[4,5].

**Бастапқы деректер**

Қима биіктігі – 600 мм;

Қима ені – 400 мм;

Бетон және арматура класы

1-кесте

Бетон	Бойлық арматура	Көлденең арматура
В30 силикат толтырғышындағыауыр Бетон	A500	A240

2-кесте Арматураныбайлау

a <sub>1</sub> : 50 мм	a <sub>2</sub> : 50 мм	a <sub>3</sub> : 50 мм	a <sub>4</sub> : 50 мм
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

3-кесте Арматура ауданыжәнепараметрлері

	Au1	Au2	Au3	Au4	Asw1
A, см <sup>2</sup> /м.п.	2,55	2,55	2,55	2,55	5,03
T, °C	375	375	213	213	375
R, МПа	377	377	500	500	152
	As1	As2	As3	As4	Asw2
A, см <sup>2</sup> /м.п.	1,13	1,13	1,13	1,13	5,03
T, °C	213	20	213	213	375
R, МПа	500	500	500	500	152

Бетондыкритикалықтемпературағадейінқыздырушамасы (біржағынан, қиманыңбиіктігібойынша), a<sub>t1</sub>-21,37 мм.

Бетондыкритикалықтемпературағадейінқыздырушамасы (екіжағынан, қиманыңенібойынша), a<sub>t2</sub> -21,37 мм.

**ХoZжазықтығындаілукезіндеқалыптықиманыңберіктігінесептеу (қиманыңбиіктігібойынша)[6]**

Қолданыстағыиілумоменті: 3 тс·м;

Созылғанарматураныңауданы: 6,23 см<sup>2</sup>, 50 мм шетінебайлау; орташаберіктікR = 399,31 МПа.

Созылғанарматураныңауданы: 6,23 см<sup>2</sup>, 50 мм шетінебайлау; средняя прочность R = 500 МПа.

Нәтижеберетінұзынабойысозылғанарматураныңжазықтығы(иығы):

$$h_{0s} = 550 \text{ мм}$$

Нәтижеберетінбойлықсығылғанарматураныңжазықтығы(иығы):

$$h_{0sc} = 500 \text{ мм}$$

Бетонныңсығылғанаймағыныңшектісалыстырмалыбиіктігі:

$$\xi_R = \frac{0.8}{R_s/E_s + 1 + \frac{\epsilon_{b2}}{\epsilon_{b2}}} = 0,48368 \quad (1)$$

$\alpha_R$  коэффициенті:

$$\alpha_R = \xi_R \cdot (1 - 0.5 \cdot \xi_R) = 0,63796 \quad (2)$$

Сығылған арматура қажеттіауданы:

$$A_{Sc,tr} = \frac{M - \alpha_R \cdot R_b \cdot b \cdot h_{0s}^2}{R_{Sc} \cdot h_{0sc}} = -59,495 \text{ см}^2 \quad (3)$$

$A_{sc, tr} < 0$ , болғандықтан, сығылған арматура қажет емес.

Бетонның сығылған аймағының биіктігі:

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_{sc}}{R_b \cdot b} = 31,651 \text{ мм} \quad (4)$$

Бетонның сығылған аймағының салыстырмалы биіктігі:

$$\xi = \frac{x}{h_{0s}} = 0,05755 \quad (5)$$

Сығылған аймақтың салыстырмалы биіктігі шекті деңгейден аз болғандықтан, бетонның сығылған аймағының биіктігі есептелген деп қабылданады.

Бетонның сығылған аймағымен қабылданған шекті иілу моменті:

$$M_b = R_b \cdot b \cdot x \cdot h_{0b} = 13,551 \text{ тс} \cdot \text{м} \quad (6)$$

Сығылған бойлық арматурамен қабылданатын шекті иілу моменті:

$$M_{sc} = R_{sc} \cdot A_{sc} \cdot h_{0sc} = 0 \text{ тс} \cdot \text{м} \quad (7)$$

Созылған бойлық арматурамен қабылданатын шекті иілу моменті:

$$M_s = R_s \cdot A_s \cdot h_{0s} = 13,952 \text{ тс} \cdot \text{м} \quad (8)$$

Пайдаланукоэффициенті:

$$k = \max \left( \frac{M}{M_s}; \frac{M}{(M_b + M_{sc})} \right) = 0,221 \quad (9)$$

ХоZ жазықтығында иілу кезінде қалыпты қиманың беріктігі (қиманың биіктігі бойынша) – қамтамасыз етілмеген.

**ХоУ жазықтығында иілу кезінде қалыпты қиманың беріктігін есептеу (қиманың ені бойынша) [6]**

Қолданыстағы көлденең күш: 3 тс;

Қолданыстағы иілу моменті: -0,5 тс·м;

Созылған арматураның ауданы: 6,23 см<sup>2</sup>, 50 мм шетіне байлау; орташа беріктік R = 449,655 МПа.

Созылған арматураның ауданы: 6,23 см<sup>2</sup>, 50 мм шетіне байлау; орташа беріктік R = 449,655 МПа.

Нәтиже беретін ұзына бойы созылған арматураның жазықтығы(иығы):

$$h_{0s} = 328,63 \text{ мм}$$

Нәтиже беретін бойлық сығылған арматураның жазықтығы(иығы):

$$h_{0sc} = 300 \text{ мм}$$

Бетонның сығылған аймағының шекті салыстырмалы биіктігі:

$$\xi_R = \frac{0,8}{\frac{R_s/E_s}{1 + \frac{\varepsilon_{b2}}{\varepsilon_{b2}}}} = 0,47444$$

$\alpha_R$  коэффициенті:

$$\alpha_R = \xi_R \cdot (1 - 0,5 \cdot \xi_R) = 0,62199$$

Сығылған арматура қажетті ауданы:

$$A_{sc, tr} = \frac{M - \alpha_R \cdot R_b \cdot b \cdot h_{0s}^2}{R_{sc} \cdot h_{0sc}} = -63,026 \text{ см}^2$$

$A_{sc, tr} < 0$ , болғандықтан, сығылған арматура қажет емес.

Бетонның сығылған аймағының биіктігі:

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_{sc}}{R_b \cdot b} = 22,006 \text{ мм}$$

Бетонның сығылған аймағының салыстырмалы биіктігі:

$$\xi = \frac{x}{h_{0s}} = 0,06696$$

Сығылған аймақтың салыстырмалы биіктігі шекті деңгейден аз болғандықтан, бетонның сығылған аймағының биіктігі есептелген деп қабылданады.

Бетонның сығылған аймағымен қабылданған шекті иілу моменті:

$$M_b = R_b \cdot b \cdot x \cdot h_{0b} = 9,073 \text{ тс} \cdot \text{м}$$

Сығылған бойлық арматурамен қабылданатын шекті иілу моменті:

$$M_{sc} = R_{sc} \cdot A_{sc} \cdot h_{0sc} = 0 \text{ тс} \cdot \text{м}$$

Созылған бойлық қарматурамен қабылданатын шекті иілу моменті:

$$M_s = R_s \cdot A_s \cdot h_{0s} = 9,388 \text{ тс} \cdot \text{м}$$

Пайдалану коэффициенті:

$$k = \max \left( \frac{M}{M_s}; \frac{M}{(M_b + M_{sc})} \right) = 0,055$$

ХоҮ жазықтықта иілу кезіндегі қалыпты қиманың беріктігі (қима ені бойынша) – қамтамасыз етілген.

**ХоZ жазықтығында көлденең күш әсер еткен кезде көлбеу қималар арасындағы жолақ бойынша беріктікті есептеу (қиманың биіктігі бойынша) [6]**

Қолданыстағы көлденең күш: 3 тс;

Көлбеу қималар арасындағы жолақтың беріктігін қамтамасыз ету шартынан бөлім қабылдаған шекті күш:

$$Q_{b,ult} = (\varphi_{b1} = 0.3) \cdot R_b \cdot b \cdot h_0 = 132,242 \text{ тс} \quad (10)$$

Пайдалану коэффициенті:

$$k = \frac{Q}{Q_{b,ult}} = 0,023 \quad (11)$$

ХоZ жазықтықтағы көлденең күштің әсері кезінде көлбеу қималар арасындағы жолақтың беріктігі – ҚАМТАМАСЫЗ ЕТІЛГЕН.

**ХоҮ жазықтығында көлденең күш әсер еткен кезде көлбеу қималар арасындағы жолақ бойынша беріктікті есептеу (қиманың ені бойынша) [6]**

Қолданыстағы көлденең күш: 3 тс;

Қолданыстағы көлденең күш: 1 тс;

Көлбеу қималар арасындағы жолақтың беріктігін қамтамасыз ету шартынан бөлім қабылдаған шекті күш:

$$Q_{b,ult} = (\varphi_{b1} = 0.3) \cdot R_b \cdot b \cdot h_0 = 127,977 \text{ тс}$$

Пайдалану коэффициенті:

$$k = \frac{Q}{Q_{b,ult}} = 0,008$$

ХоҮ жазықтықтағы көлденең күштің әсері кезінде көлбеу қималар арасындағы жолақтың беріктігі – ҚАМТАМАСЫЗ ЕТІЛГЕН.

### **3. Қорытынды**

Берілген отқа төзімділік дәрежесімен темірбетон арқалығының барлық жазықтықтарда беріктігі қамтамасыз етілді.

**Тұжырымдар.** Ұсынылған әдісті қолдану оң техникалық нәтиже береді, оған мыналар кіреді:

1) темірбетон конструкциясының нақты отқа төзімділігін анықтаудың күрделілігін төмендету;

2) әр түрлі мөлшердегі әр түрлі жүктелген конструкциялардың нақты отқа төзімділігін бағалаудың технологиялық мүмкіндіктерін кеңейту және алынған нәтижелерді ғимараттың ұқсас темірбетон конструкцияларын сынаумен салыстыру мүмкіндігі;

3) ғимараттың функционалдық процесін бұзбай конструкциялардың отқа төзімділігіне сынақ жүргізу;

4) сығылған темірбетон конструкцияларын отқа төзімділікке сынау мерзімдерін қысқарту;

5) бір типті сығылған темір-бетон конструкциялар тобын бұзбайтын сынақтар нәтижелерінің дұрыстығын арттыру;

6) сығылған темірбетон элементінің отқа төзімділік шегін оның құрылымдық параметрлері бойынша жедел бағалау мүмкіндігі.

### **Қолданылған әдебиеттер**

1. Ильин Н.А., Панфилов Д.А., Литвинов Д.В., Славкин П.Н. Определение огнестойкости сжатых железобетонных конструкций зданий // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. Вып. № 1(18). С. 82-89.
2. Ильин Н.А. Последствия огневого воздействия на железобетонные конструкции. М.: Стройиздат, 1979. С. 34-35, 90.
3. Бушев В.П., Пчелинцев В.А., Федоренко В.С., Яковлев А.И. Огнестойкость зданий. М.: Стройиздат, 1970 (гл. 8, п. 4 «Оценка огнестойкости конструкций крупнопанельных зданий»). С. 252-256.
4. Сто 36554501-006-2006 Стандарт Организации По Обеспечению Огнестойкости И Огнесохранности Железобетонных Конструкций. Издание. Использование И Издательское Оформление.-М.: Фгуп «Ниц «Строительство». 2006-79. 2006.
5. СНиП 52-01-2003. 2015.
6. Никитин Ион. Farro: 7.30. 2019.