

ОРГАНИЗАЦИОННИ И ТЕХНОЛОГИЧНИ РЕШЕНИЯ ПРИ УСИЛВАНЕТО НА ЗИДАНИ КОЛОНИ

Т. Тодоров¹, Ф. Рангелова²

Ключови думи: зидария, колони, усилване, FRP

Научна област: оценка на риска и обезпечаване на конструкциите срещу производствени аварии и тероризъм; въвеждане на нови технологии в строителното производство; национална идентичност и културно наследство изграждане, реконструкция и поддържане на инфраструктура

РЕЗЮМЕ

Един от най-старите материали – тухлата, остава да бъде актуален и днес, след сериозна еволюция, особено в последните десетилетия. Поради редицата си предимства, той заема сериозен дял от строителните конструкции както в световен мащаб, така и на територията на Р България.

Поради деградивното поведение при циклични (земетръсни) натоварвания и слабата еластична деформативност, в зидарията се образуват свързани пукнатини и тя спира да изпълнява предназначението си при поемане на хоризонтални натоварвания.

Темата на експеримента е усилването на централно натиснати зидани колони, намиращи се в трети стадий на напрегнато състояние. За усилване са предвидени системи от композитни материали и конвенционални, поцинковани, стоманени пръти.

Въведение

Експерименталната част, изпълнявана чрез финансиране по ЦНИП, обхваща изследването върху шест образеца на зидани колони с размери 25/25 cm и височина 170 cm. Опитната постановка има за цел да определи капацитета за увеличаване на носимоспособността на вече засегнати колони. Системите за усилване са иновативни с използване на композитни материали и допълнително вграждане на стоманена арми-

¹ Теодор Тодоров, инж., кат. „Организация и икономика на строителството”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ 1, 1046 София, e-mail: ttodorov_fce@uacg.bg

² Фантина Рангелова, доц. д-р инж., кат. „Организация и икономика на строителството”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ 1, 1046 София, e-mail: fantina_fce@uacg.bg

ровка във вече натоварените колони. В процеса на работа се извършват хронометражни измервания и се правят количествени измервания на вложените за усиляването материали. Такава нормативна база за момента липсва, което затруднява ценообразуването и сравняването по целесъобразност на усиляването с композитни и от друга страна, по конвенционални методи.

Опитна постановка

В първия финансов етап бяха закупени голяма част от материалите и бяха изградени четири от общо шестте колони. За момента са изпитани на пробно натоварване до трети стадий (свързване на пукнатините в поне два съседни реда тухли) три от образците. Следва да бъде извършено усиляване, хронометражни и количествени измервания на усиляващите системи.

Пробни тела

За целта на изпитването бяха изработени шест пробни тела (160/40/40 mm) от предписан индустриален (разтвор, дозиран и забъркан в завод) варо-циментов разтвор от два различни замеса. Едното от тях беше разрушено на 28-мия ден и едно на 20-тия ден. Останалите – по време на натоварванията върху колоните.

Първото изпитване е **якост на опън при огъване** (БДС EN 12390-5) се извършва на натискава преса чрез накрайник с една точка на прилагане на силата. Пробното тяло се поставя върху опорите (стоманени ролки) така, че от ръба на пробното тяло до ролката да има по 50 mm. Натоварването се увеличава плавно до разрушаване и се отчита силата F (вж. фиг. 1).



Фиг. 1. Изпитване на пробни тела от ВЦ разтвор за якост на опън при огъване

Якост на огъване при натоварване в една централна точка

$$F_{cf} = \frac{M}{W} = \frac{6Fl}{4bh^2}, \text{ MPa}, \quad (1)$$

където F_{cf} е якост на огъване, МПа или N/mm^2 ;

F – максимален товар, N

l – разстояние между опорните ролки, mm;

b и h – размери на напречното сечение на пробното тяло, mm.

Якостта на огъване се определя с точност 0,1 МПа (N/mm^2).

След изпитването за якост на опън при огъване, останалите две половини на всяко пробно тяло, се вземат и се изпитват за **якост на натиск**. За целта върху образците се поставят метални подложки с размери 40/40 mm (вж. фиг. 2).



Фиг. 2. Изпитване на пробни тела от ВЦ р-р за якост на натиск

$$F_{c, cube} = k \frac{F}{A}, \text{ МПа}, \quad (2)$$

където $F_{c, cube}$ е якост на натиск, МПа или N/mm^2 ;

k – корекционен коефициент за влиянието на формата и размера на пробното тяло (0,9 за пробни тела от варо-циментов разтвор);

F – максимален товар при разрушение, N;

A – площ на напречното сечение на пробното тяло, върху която действа силата, mm^2 .

За едно изпитване са необходими най-малко три пробни тела, като резултатът е средноаритметично от трите резултата.

Резултатите от изпитванията на пробните тела от варо-циментов разтвор са дадени в табл. 1.

Таблица 1. Пробни тела от ВЦ разтвор

Параметър Образец №	Възраст на пробното тяло (дни)	Якост на опън при	Якост на натиск
1	28	1,02	
1а	28		4,41
1б	28		4,59
2	20	0,91	
2а	20		3,95
2б	20		4,12
3	37	0,99	
3а	37		5,44
3б	37		5,29
4	37	0,88	
4а	37		4,73
4б	37		4,79
5	48	1,28	
5а	48		5,18
5б	48		5,35
6	48	0,91	
6а	48		4,24
6б	48		4,3
Средно аритметично		1,00	4,34

$$F_{c, cube} = k \frac{F}{A} = 0,9 \cdot 4,34 = 3,90 \text{ МПа.}$$

Така полученият разтвор е със средна якост на натиск (в границите 2,5 ÷ 5 МПа). Зидарийните тела, използвани в експеримента, са от група 1 с общ обем на всички отвори 0% (< 25% от общия обем) и с кой да е отвор < 12,5%. За изпитването на плътните блокове за зидария с размери 250/120/60 mm, те предварително бяха обмазани с изравнителна замазка от цименто-пясъчен разтвор в съотношение 1:1.

Това се прави с цел да се избегнат концентрации на напреженията, породени от неравности в челата на тухлите. За целта бяха избрани три зидарийни тела от доставената партида с видимо различно качество на производство.

Те бяха изпитани за якост на натиск според БДС EN 772-1:

$$f_{b1} = 25,80 \text{ МПа;}$$

$$f_{b2} = 31,46 \text{ МПа;}$$

$$f_{b3} = 33,35 \text{ МПа.}$$

Нормализираната им якост е съответно:

$$f_{b1} = k \cdot 25,80 = 1,39 \cdot 25,80 = 35,83 \text{ МПа;}$$

$$f_{b2} = 31,46 = 1,39 \cdot 31,46 = 43,73 \text{ МПа};$$

$$f_{b3} = 33,35 = 1,39 \cdot 33,35 = 46,36 \text{ МПа};$$

$$f_b = (35,83 + 43,73 + 46,36) / 3 = 41,97 \text{ МПа}.$$

Всички пробни тела имат якост в границите $25 \div 75$ МПа (блокове с висока якост), вж. фиг. 3.



Фиг. 3. Ниво на визуални пукнатини в обмазаните пробните тела, при което те достигат разрушение

Според ЕС6 за зидани конструкции на база резултатите от изпитаните блокове за зидария и пробни тела от предписан, индустриален разтвор, определяме частния коефициент на материала $\gamma_m = 1,7$.

Организация на експеримента

За целта на изследването беше излята стоманобетонна подложна греда с размери 250/35/30 cm (вж. фиг. 4).



Фиг. 4. Подложна греда

Върху нея в рамките на 4 дена бяха иззидани три колони (вж. фиг. 5) с размери 25/25 cm и височина 170 cm. На всеки 50 cm се изчакваше технологично време, достатъчно за начално свързване на разтвора. Така беше предотвратено слягане в хоризон-

талните фуги, чиято височина варира $0,8 \div 1$ cm. Върху колоните бяха нивелирани и замонолитени стоманени плочи за равномерно предаване на натоварването от криковете.



Фиг. 5. Зидани колони

Натоварването върху колоните беше извършено с помощта на ръчна хидравлична помпа, задвижваща два хидравлични крика, монтирани плътно един до друг. Понеже и двата крика бяха с еднакъв размер на буталата и бяха вързани за една помпа под формата на скачени съдове, се гарантираше еднаквият натиск и центрично натоварване върху разпределителните плочи на колоните. Това се доказа и от симетричните пукнатини, които те получиха по време на пробното натоварване. Местата на пукнатинообразуване бяха на различна височина, като много често те се появяваха симетрично от двете страни в рамките на една или две от последните степени на натоварване. Това говори за центрично натоварване на колоните и за равномерно разпределение на усилията в тях. Като признак за разрушение беше взето минаване на пукнатина през разтвора и навлизането в съседната тухла. Ако този товар бъде задържан дълго време, без да се увеличава, това би довело до разслояване и последващо пълно разрушение на колоната. Пукнатините се образуваха в тухли с видимо високо качество. От това може да се направи изводът, че качеството на изпълнение и характеристиките на разтвора играят важна роля за постигнатите крайни якостни характеристики на зидарията.

Примерни места на разрушение в колоните, вж. фиг. 6.



Фиг. 6. Пукнатини в колона 1

Средните деформации на зидарията се контролираха в две перпендикулярни направления. На всяка стена от колоните бяха поставени метални марки с конични отвори за отчитане на два хоризонтални и един вертикален отчет. Отчетите се вземаха с индикаторно-лостови деформометри Hugenberger на Bernhard Holle с бази 200 mm и 500 mm и точност на индикатора 0,001 mm, вж. фиг. 7.



Фиг. 7. Пукнатини в колона 1

За контрол на хоризонталните премествания на колоните бяха поставени по два часовникови индикатора Mitutoyo, показващи отчети в две перпендикулярни равнини – вж. фиг. 8.



Фиг. 8. Измерване на хоризонталните деформации

Определяне на характеристикната якост на зидария, натоварена перпендикулярно на хоризонталните фуги

$$f_k = K f_b^{0,7} f_m^{0,3} = 0,55 \cdot 41,97^{0,7} \cdot 4,34^{0,3} = 11,69 \text{ МПа.}$$

Определяне на носимоспособността на колона

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} = \frac{11,69}{1,7} = 6,88 \text{ МПа.}$$

За целите на експеримента бяха фиксирани два еднакви хидравлични крика, свързани към една ръчна механична помпа. Това гарантираше еднаквото натоварване на опитните колоните. Диаметърът на буталата им беше 100 mm. Натоварването от двете бутала се разпределяше равномерно върху шапката на колоната посредством стоманена плоча с дебелина 5 cm. Чрез така реализираната постановка беше лесно да се определи във всеки един момент каква сила поема експерименталният елемент.

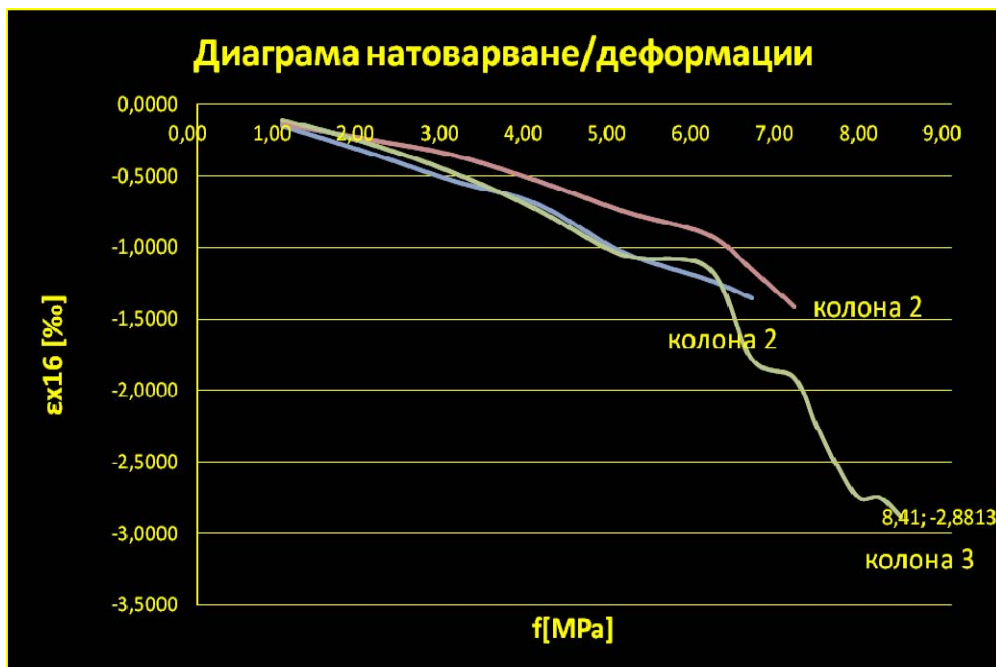
Натоварването от буталата се определя чрез формула 3.

$$F = p F_{\text{бутала}}, \text{ МПа.} \tag{3}$$

Площта на цилиндрите на буталата е

$$F_{\text{бутала}} = 2 \frac{\pi d^2}{4} = 2 \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} = 0,0157 \text{ m}^2.$$

Резултати от пробното натоварване върху колоните са дадени на фиг. 9



Фиг. 9. Резултати от натоварването върху колоните 1, 2 и 3

Резултатите показват много сходно поведение в две от колоните. Третата колона беше получила слягане на разтвора в средата на нейната височина поради неправилна консистенция. Поради голямата разлика и неправилното изграждане, тя беше президана наново и предстои нейното повторно изпитване. Експериментално получените якости съвпадат с голяма точност с теоретично определените. Това говори за добре подбрани критерии за разрушение от екипа и малко разсейване на якостните показатели на вложените материали, както беше доказано и при изпитването на пробните образци (зидарийни тела и разтвор).

ЛИТЕРАТУРА

1. Баракова Н., Т. Бараков. Зидани конструкции Еврокод 6. С., 2014.
2. Бараков, Т. Зидани конструкции – неармирани и армирани зидани и тухлостоманобетонни конструкции. С., 2002.
3. Нисимов, Х. Зидани конструкции. С., 1988.

Постъпила: април 2015 г.

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR REINFORCING MASONRY COLUMNS

T. Todorov¹, F. Rangelova²

Keywords: masonry, columns, reinforcing, FRP

Research area: paper writing; risk assessment and provision of structures against industrial accidents and terrorism; introduction of new technologies in the building industry; national identity and cultural heritage; construction, reconstruction and maintenance of infrastructure.

ABSTRACT

The brick is one of the oldest materials, yet still relevant after significant evolution, especially in the last decades. Because of its advantages, it holds major share of the structures worldwide and remains the most used material for the buildings on the Balkan Peninsula.

Due to degrading behaviour at cyclic (seismic) loads and low elastic deformation, related cracks are formed in the masonry and it stops bearing horizontal loads.

The subject of the experiment is reinforcing centric-pressed masonry columns in the third stages of tension. Reinforcing systems are provided made of composite materials and conventional galvanized steel rods.

¹ Teodor Todorov, Eng., Dept. "Construction Management and Economics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: ttodorov_fce@uacg.bg

² Fantina Rangelova, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Construction Management and Economics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: fantina_fce@uacg.bg

