

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Първа научно-приложна конференция с международно участие  
„СТОМАНОБЕТОННИ И ЗИДАНИ КОНСТРУКЦИИ – ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА“

22 – 23 октомври 2015

22 – 23 October 2015

First Scientific-Applied Conference with International Participation

“REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES – THEORY AND PRACTICE”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

48 <sup>ТОМ</sup>  
vol.

2015

св. 12 – III  
fasc.

## ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ТУХЛЕНИ ЗИДОВЕ ЗА ПОЕМАНЕ НА ХОРИЗОНТАЛНИ СЕИЗМИЧНИ ВЪЗДЕЙСТВИЯ

Н. Баракова<sup>1</sup>, Т. Бараков<sup>2</sup>

*Ключови думи:* зидани конструкции, сеизмични въздействия

*Научна област:* зидани конструкции

### РЕЗЮМЕ

В постановките на Еврокод 6 са заложи изискванията по отношение на устойчивостта, дълготрайността и годността на зиданите конструкции. Еврокод 6 не покрива специалните изисквания на сеизмичното проектиране. Разпоредби, свързани с такива изисквания, са дадени в Еврокод 8, който допълва и е в съответствие с Еврокод 6. Съгласно гореизложеното тухлени зидове, поемащи сеизмични усилия, следва да се изпълняват като оброчени (ограничени) и армирани с хоризонтална и вертикална армировка. Необходимо е да се спазват предписанията по отношение на якостните характеристики за блоковете и разтворите за зидария, геометричните размери на зиданите стени. За крайно гранично състояние за изчислителна сеизмична ситуация трябва да се използват предписаните в националните приложения на съответната страна частни коефициенти на сигурност  $\gamma_m$  за зидария и  $\gamma_s$  за армировъчна стомана. Разгледан е числен пример, показващ начина на изчисляване на подобни елементи.

### 1. Изисквания към материалите

- Блокове за зидария

<sup>1</sup> Николета Баракова, доц. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: n.barakova@mail.bg

<sup>2</sup> Тодор Бараков, проф. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: t.barakov@mail.bg

Минималната нормализирана якост на натиск на блоковете за зидария, поемаща сеизмично натоварване, следва да бъде:

- перпендикулярно на хоризонталната фуга:  $f_{b\min} = 7,5 \text{ N/mm}^2$ ;
- успоредно на хоризонталната фуга в равнината на стената:  $f_{bh\min} = 2,5 \text{ N/mm}^2$ .

#### • Разтвори за зидария

Минималната якост на разтвора в зидани конструкции, поемаща сеизмично натоварване, се приема съгласно следните стойности:

- за неармирана зидария с пояси или обрамчена зидария:  $f_{m,\min} = 5 \text{ N/mm}^2$ ;
- за армирана зидария:  $f_{m,\min} = 10 \text{ N/mm}^2$

#### • Превръзки в зидария

Различават се три алтернативни класа на фугите в местата на превръзките:

- а. изцяло запълнена с разтвор фуга;
- б. незапълнена с разтвор фуга;
- в. незапълнена с разтвор фуга с механична връзка между елементите на зидарията.

Съгласно Национално приложение NA.2.43 вертикалните напречни фуги на зидани стени, поемащи сеизмично натоварване, се запълват изцяло с разтвор.

## 2. Изисквания към вида на зиданата конструкция

Разграничават се следните основни вида зидана конструкция:

- а. конструкция от неармирана зидария;
- б. **конструкция от обрамчена (ограничена) зидария;**
- в. **конструкция от армирана зидария.**

Поради липсата на зони с ниска сеизмичност не се допуска използване на неармирана зидария за носещи стени на сгради, които поемат натоварване при сеизмични въздействия.

## 3. Изисквания към геометрията на зиданите стени (шайби), поемащи сеизмични въздействия

Таблица 1. NA.9.2. Геометрични изисквания за зидани шайби

Типове зидария	$t_{ef,\min}$ (mm)	$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \max$	$(l/h)\min$
Неармирана зидария с естествен камък	350	9	0,5
Неармирана зидария с други типове елементи	240	12	0,4
Неармирана зидария с други типове елементи в зони с ниска сеизмичност	170	15	0,35
Ограничена (обрамчена) зидария	240	15	0,3
Армирана зидария	240	15	без ограничение

$t_{ef,min}$  – дебелина на стената;

$h_{ef,min}$  – ефективна височина на стената;

$h$  – по-голямата светла височина на съседни отвори до стената;

$l$  – дължина на стената.

#### 4. Изисквания към частните коефициенти на материалите

За крайно гранично състояние при изчислителна сеизмична ситуация трябва да се използват частните коефициенти на сигурност  $\gamma_m$  за зидария и  $\gamma_s$  за армировъчна стомана.

Съгласно БДС EN1998-1:2004/NA:2010 Националноприложение NA.2.48 частните коефициенти на материала за зидани конструкции на сгради при сеизмична изчислителна ситуация се приемат със следните стойности:

- За зидарията:  $\gamma_m = (2/3)\gamma_M$  от дадената стойност в Национално приложение EN 1996-1-1:2004, но не по-малка от 1,5;
- За армировката в армираната зидария:  $\gamma_s = 1$ .

#### 5. Изисквания към коефициента на поведение

В зависимост от вида на зиданата конструкция коефициентът на поведение  $q$  се изменя в диапазона, зададен в табл. 2.

Таблица 2

Вид конструкция	Коефициент на поведение $q$
неармирана зидария според EN 1998-1	1,5
армирана зидария	2,5
ограничена (обрамчена) зидария	2,0

Ако разглежданата сградата е нерегулярна по височина, дадените в табл. 2 стойности на  $q$  трябва да се намалят с 20%, но да не са по-малки от  $q = 1,5$ .

#### 6. Пример

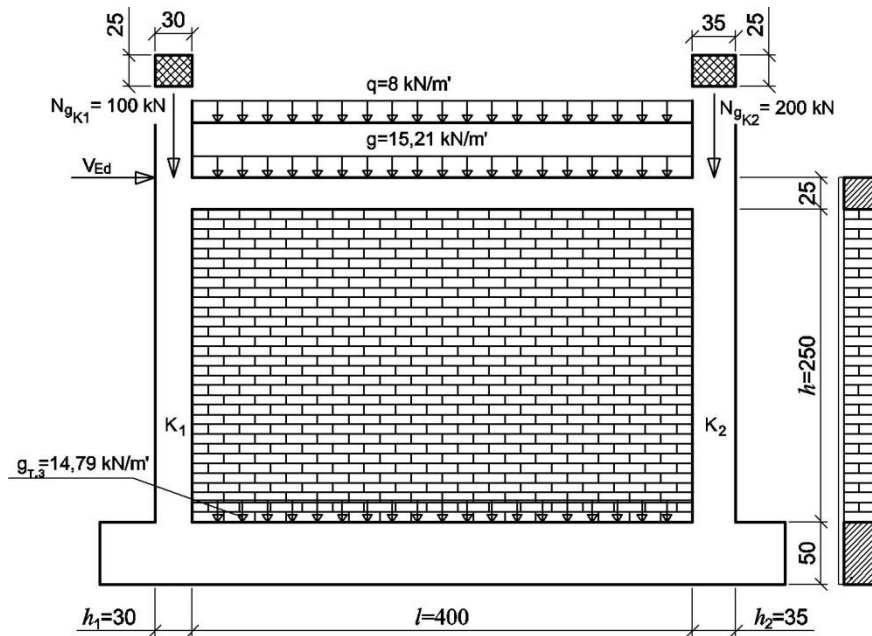
Да се определи носимоспособността на срязване на обрaмчен тухлен зид, армиран с хоризонтална и вертикална армировка съгласно изискванията на [2], [3] и [4].

Размерите на елементите на обрaмчения тухлен зид и натоварването от постоянни и експлоатационни товари са дадени на фиг. 1.

Тухленият зид е натоварен с хоризонтална земетръсна сила  $V_{Ed} = 340$  kN. Използвани са следните материали, отговарящи на изискванията на посочените по-горе кодове, а именно:

- глинени тухли Група 1 с клас по якост на натиск  $M = 10$  MPa;

- обикновен разтвор за зидария с клас по якост на натиск  $f_m = 10$  МПа;
- бетон за обрамчващи елементи – колони и пояси С16/20.



Фиг. 1

- бетон:

$$f_{ck} = 16 \text{ МПа}; \quad \gamma_c = 1,5; \quad f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 16}{1,5} = 9,07 \text{ МПа} = 0,907 \text{ kN/cm}^2;$$

- стомана за хоризонтална и вертикална армировка В420, при земетръсна комбинация:

$$f_{yk} = 420 \text{ МПа}; \quad \gamma_s = 1,0; \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{420}{1,0} = 420 \text{ МПа} = 42,0 \text{ kN/cm}^2.$$

Определяне на натоварването от стоманобетонния пояс и тухления зид върху фундамента:

- стом. бет. пояс  $- 0,25 \cdot 0,25 \cdot 25 - 1,56 \text{ kN/m}'$ ;
- мазилка по пояс  $- 0,02 \cdot 2 \cdot 0,25 \cdot 18 - 0,18 \text{ kN/m}'$ ;
- тухлен зид 25 см  $- 0,25 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 18 - 11,25 \text{ kN/m}'$ ;
- мазилка по зид  $- 0,02 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 18 - 0,18 \text{ kN/m}'$ ;

$$g_{km,з} = 14,79 \text{ kN/m}'.$$

От междуетажната стоманобетонна конструкция върху тухления зид се предават постоянно действащ и полезен товар с характеристична стойност  $g_{kpl} = 15,21 \text{ kN/m}'$  и  $q_{kpl} = 8,00 \text{ kN/m}'$ . Характеристичната якост на натиск на тухления зид се определя по формула (3.2) на [1].

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} = 0,55 \cdot 10^{0,7} \cdot 10^{0,3} = 5,5 \text{ MPa} = 0,55 \text{ kN/cm}^2.$$

От табл. 3.1 на [1] се отчита  $K = 0,55$ .

От Приложение D на БДС EN1996-3:2006 от табл. D.1.1 за глинени блокове група 1 се отчита  $f_k = 5,5 \text{ N/mm}^2 = 0,55 \text{ kN/cm}^2$ .

От табл. 3.1.1 на БДС – EN 1996-3 се отчита частният коефициент на зидарията:

$$\gamma_M = 2,5 \text{ и } f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} = \frac{5,50}{2,5} = 2,2 \text{ N/mm}^2 = 0,22 \text{ kN/cm}^2.$$

Приема се, че зидарията е изпълнена с блокове от категория II, т.е. средната стойност на якостта на натиск на тухлите е удовлетворена, но отклоненията на изпитаните проби е повече от 5%. Класът на зидарията е клас 3.

При земетръсна комбинация

$$\gamma_m = \frac{2}{3} \gamma_M = \frac{2}{3} 2,50 = 1,67 > 1,5 \text{ и } \gamma_s = 1,0;$$

$$\sigma_d = \gamma_G \frac{\left( g_{kpl} + \psi_{2,i} \cdot \varphi_i \cdot q_{kpl} + g_{m,3} \right) l}{t \cdot l} = 1 \frac{(15,21 + 0,30 \cdot 0,5 \cdot 8 + 14,79) \cdot 4}{0,25 \cdot 4} =$$

$$= 124,80 \text{ kN/m}^2 = 0,01248 \text{ kN/cm}^2.$$

– Определяне на характеристичната якост на срязване на тухления зид [1]:

$$f_{vk0} = 0,30 \text{ MPa} = 0,030 \text{ kN/cm}^2 \text{ – отчита се от табл. 3.4}$$

$$0,065 f_b = 0,065 \cdot 10 = 0,65 \text{ MPa} = 0,065 \text{ kN/cm}^2;$$

$$f_{vk} = \min \{ (f_{vk0} + 0,4 f_d) ; 0,065 f_b \} = \min \{ (0,03 + 0,005) ; 0,065 \} =$$

$$= 0,035 \text{ kN/cm}^2;$$

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = \frac{0,035}{1,67} = 0,021 \text{ kN/cm}^2.$$

– Определяне на носимоспособността на срязване на тухления зид:

$$V_{Rdm} = f_{vd} \cdot t \cdot l = 0,021 \cdot 25 \cdot 400 = 210,00 \text{ kN}.$$

– Определяне на носимоспособността на срязване на хоризонталната вградена армировка:

Съгласно [4], минималното количество хоризонтална и вертикална армировка трябва да бъде:  $\rho_{sv,min} = 0,05\%$   $\rho_{sv,min} = 0,08\%$ , като в изчисленията се включва само сечението на хоризонталната армировка.

$$A_{sw,min} = \frac{0,05}{100} t.h = 0,0005.25.250 = 3,125 \text{ cm}^2;$$

$$A_{sv,min} = \frac{0,08}{100} t.l = 0,0008.25.400 = 8,0 \text{ cm}^2,$$

където  $A_{sw,min}$  е минималната хоризонтална армировка във височината на стената;

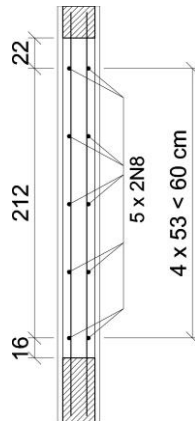
$A_{sv,min}$  е минималната вертикална армировка в дължината на стената.

Хоризонталната армировка се монтира в 5 хоризонтални реда, тъй като  $s_{h,max} = s_{v,max} \leq 60 \text{ cm}$ , по 2N8 в ред.

$$\frac{A_{sw}}{2.5} = \frac{3,125}{2.5} = 0,3125 \text{ cm}^2 - \text{ по два пръга в ред.}$$

Избират се: 5 реда  $\times$  2N8 в хоризонтален ред през 53 cm:

$$A_{sw} = 5.2.0,503 = 5,03 \text{ cm}^2 > A_{sw,min} = 3,125 \text{ cm}^2.$$



Фиг. 2

Носимоспособността на срязване на хоризонталната вградена армировка се дава с израза

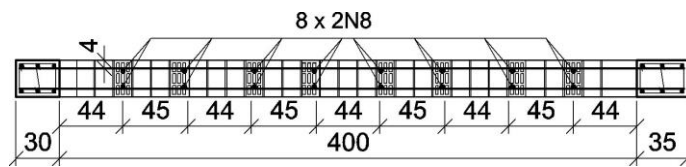
$$V_{Rds} = 0,9 A_{sw} \cdot f_{yd} = 0,9.5,03 \cdot \frac{42}{1,0} = 190,13 \text{ kN}.$$

Носимоспособността на срязване на туления зид и хоризонталната вградена армировка се дава с израза

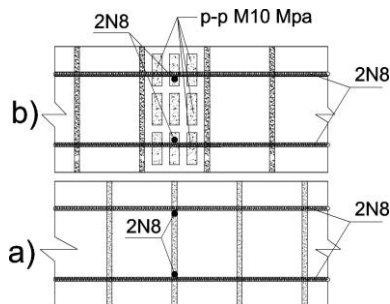
$$V_{Rd(m+s)} = V_{Rdm} + V_{Rds} = 210,00 + 190,13 = 400,13 \text{ kN}.$$

Напречното сечението на един вертикален прът е:  $A_{sv} = \frac{8,00}{2,8} = 0,5 \text{ cm}^2$ .

Избират се:  $8 \times 2N8 = 16N8$  вертикална армировка с  $A_s = 8,04 \text{ cm}^2$ ;  
 $s_v = 44(45) \text{ cm}$ .

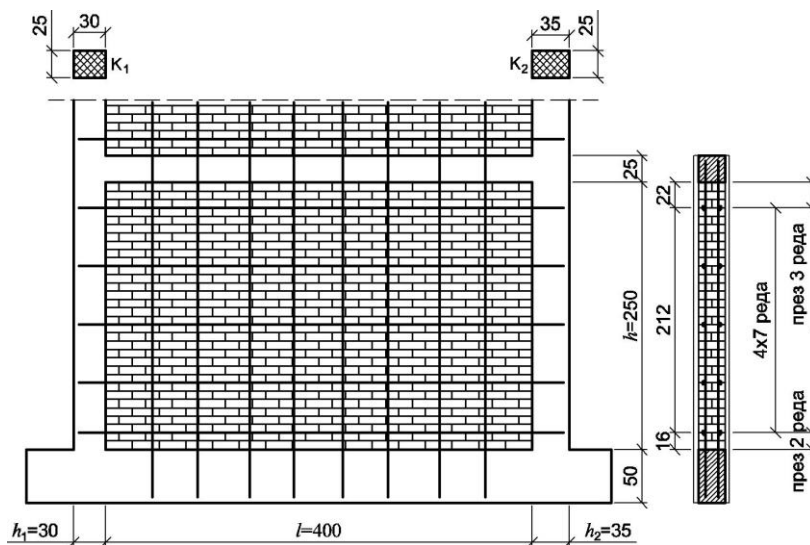


Фиг. 3



Фиг. 4

а) тухли I ред; б) тухли II ред



Фиг.5

- Определяне на носимоспособността на срязване на бетона на обрамчващите стоманобетонни колони  $K_1$  и  $K_2$ , съгласно [3]

При определяне на срязващата носимоспособност на обрамчващите стоманобетонни колони се отчита срязващата носимоспособност само на бетонното сечение съгласно [3], без да се отчита наличието на надлъжната армировка в тях;

$V_{Rd,c}$  – носимоспособност на срязване на бетона на обрамчващите стоманобетонни колони  $K_1$  и  $K_2$ , без отчитане на надлъжната армировка в тях;

$$V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) bd,$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

за колона **K<sub>1</sub>**:  $b_c / h_c = 25/30$  cm;  $d = 25$  cm  $\Rightarrow k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{250}} = 1,894$ ;

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,894^{3/2} \cdot 16^{1/2} = 0,365 \text{ MPa} = 0,0365 \text{ kN/cm}^2.$$

$$\begin{aligned} \sigma_{cp(k1)} &= \frac{N_{Ed,K1}}{b_c \cdot h_c} = \frac{100}{25 \cdot 30} = 0,133 \text{ kN/cm}^2 < 0,2 f_{cd} = 0,2 \frac{0,85 \cdot 16}{1,5} = \\ &= 1,81 \text{ MPa} = 0,181 \text{ kN/cm}^2. \end{aligned}$$

Приема се  $\Rightarrow \sigma_{cp(k1)} = 0,133 \text{ kN/cm}^2$ ;

$$V_{Rd,c(k1)} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) bd = (0,0365 + 0,15 \cdot 0,133) 25 \cdot 25 = 35,28 \text{ kN}.$$

за колона **K<sub>2</sub>**:  $b_c / h_c = 25/30$  cm;  $d = 30$  cm  $\Rightarrow k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{300}} = 1,816$ ;

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,816^{3/2} \cdot 16^{1/2} = 0,343 \text{ MPa} = 0,0343 \text{ kN/cm}^2.$$

$$\begin{aligned} \sigma_{cp(k2)} &= \frac{N_{Ed,K1}}{b_c \cdot h_c} = \frac{100}{25 \cdot 35} = 0,229 \text{ kN/cm}^2 > 0,2 f_{cd} = 0,2 \frac{0,85 \cdot 16}{1,5} = \\ &= 1,81 \text{ MPa} = 0,181 \text{ kN/cm}^2. \end{aligned}$$

Приема се  $\Rightarrow \sigma_{cp(k2)} = 0,181 \text{ kN/cm}^2$ ;

$$V_{Rd,c(k2)} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp(k2)}) bd = (0,0343 + 0,15 \cdot 0,181) 25 \cdot 30 = 46,09 \text{ kN}.$$

Общата носимоспособност включва носимоспособността на тухления зид, на обрамчващите колони и хоризонталната вградена в зидарията армировка

$$\begin{aligned} V_{Rd} &= V_{Rd,m} + V_{Rd,c(K1)} + V_{Rd,c(K2)} + V_{Rd,sw} = \\ &= 210,00 + 35,28 + 46,09 + 190,13 = 480,31 \text{ kN}. \end{aligned}$$

– Условието за носимоспособност е:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd};$$

$$V_{Rd} = 481,50 \text{ kN} > V_{Ed} = 340 \text{ kN}.$$

Следователно носимоспособността на стената за поемане на срязващата земетръсна сила е осигурена.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Баракова, Н., Т. Бараков.* Зидани конструкции – Еврокод 6. София. 2014.
2. Еврокод 6 (БДС – EN – 1996 : 2006).
3. Еврокод 2 (БДС – EN – 1992 – 1-1 : 2005).
4. Еврокод 8 (БДС – EN – 1998 – 1 : 2004).

## CALCULATION OF BRICK MASONRY SUBJECTED TO SEISMIC EFFECTS

**N. Barakova<sup>1</sup>, T. Barakov<sup>2</sup>**

**Keywords:** *masonry walls, seismic effects, partial factors*

**Research area:** *masonry structures*

### ABSTRACT

Eurocode 6 deals only with the requirements for resistance, serviceability and durability of structures. Eurocode 6 does not cover the special requirements of seismic design. Provisions related to such requirements are given in Eurocode 8 which complements and is consistent with Eurocode 6. According to the above mentioned, brick masonry subjected to seismic effect should be built as confined or reinforced masonry. Some of the special requirements for seismic design are related to: types and minimum strength of masonry units, mortar, masonry bond and geometry of the walls. In ultimate limit state verifications for the seismic design situation, partial factor for masonry properties and partial factor for reinforcing steel should be used. The values ascribed to the material partial factors for use in a country may be found in its National Annex. An example given illustrates the calculation of such masonry walls which need to resist lateral forces in their planes.

---

<sup>1</sup> Nikoleta Barakova, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Reinforced Concrete Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: n.barakova@mail.bg

<sup>2</sup> Todor Barakov, Prof. Dr. Eng., Dept. “Reinforced Concrete Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: t.barakov@mail.bg

