



Приета: 12.11.2015 г.

Преработена: 26.11.2015 г.

Одобрена: 10.12.2015 г.

СВОДОВ ЕФЕКТ ПРИ НАТОВАРВАНЕ ОТ ЗИДОВЕ НА СТОМАНОБЕТОННИ КОНСТРУКТИВНИ ЕЛЕМЕНТИ

Л. Михова¹

Ключови думи: тухлен зид, сводов ефект, стоманобетонна рамка, МКЕ

РЕЗЮМЕ

Изследван е сводовият ефект при натоварване на стоманобетонна (СтБ) рамка с тухлен зид. Разгледани са случаите на плътен зид и зид с отвори от прозорци. За моделиране на механизма на предаване на натоварването са съставени числени модели по МКЕ, където зидът и рамката са моделирани с равнинни крайни елементи (shell). Числените решения са сравнени с традиционното решение, при което тухленият зид се апроксимира като разпределен товар върху ригела на рамката. Моделът на съвместна конструкция – СтБ рамка със закоравен ригел от зидария – дава съществени промени в разрезните усилия в рамката в сравнение с традиционното решение. Стоманобетоновият ригел остава в опънатата зона на съвместното сечение, огъващият момент в него драстично намалява, което се дължи на „изтичане“ на голяма част от теглото на зидарията към опорите вследствие на засводяване на натисквата зона в нея.

1. Постановка на задачата

При проектиране на строителни конструкции от съществено значение е правилното определяне на натоварването върху техните елементи. При наличие на тухлен зид върху стоманобетонен елемент (греда, рамка или плоча), традиционно зидът се апроксимира към непосредствено приложен равномерно разпределен товар върху конструктивния елемент, с интензивност теглото на зида на линеен метър.

¹ Лена Михова, доц. д-р инж., кат. „Геотехника“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: l_mihova@yahoo.com

В настоящата работа се изследва взаимодействието между стоманобетонна конструкция и прилежащ зид, както и механизмът на предаване на натоварването от страна на зида върху конструкцията. За целта се разглежда стоманобетонна рамка, върху която е изграден тухлен зид. Рамката е със светъл отвор 5,87 m и височина 2,80 m, а стойките и ригелът са със сечение $0,25 \times 0,40$ m. Тухленият зид е с височина 2,60 m, като се разглеждат три варианта – плътен зид, зид с един отвор за прозорец, зид с два отвора за прозорци. На фиг. 1 са показани схеми на разглежданата конструкция.

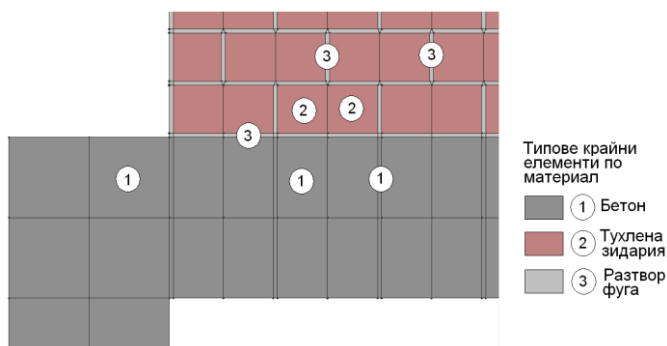


Фиг. 1. Схеми на стоманобетонна рамка, натоварена с тухлен зид без и със отвори

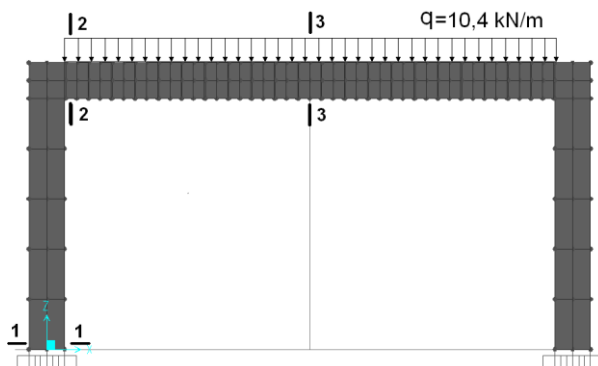
2. Изчислителни модели

За провеждане на изследването са съставени 2D модели по крайни елементи, съответстващи на схемите от фиг. 1, като рамката и зидът са моделирани с равнинни (shell) елементи. Физико-механичните характеристики на зидарията са приети в съответствие с [3]. При моделирането е отчетен материалът на разтвора във fugите на зидарията. На фиг. 2 е показан фрагмент от числения модел, на който са посочени използваните различни типове крайни елементи по материал. Изследва се съвместната работа на рамката и зида само при действие на собственото им тегло, като съставна част от общото натоварване на една конструкция.

За оценка на решенията се извършва анализ на резултатите за разрезните усилия в стоманобетонната рамка в следните сечения: 1-1 в долния край на стойката; 2-2 в края на ригела; 3-3 в средата на ригела (фиг. 3). Резултатите от моделите по МКЕ са сравнени с класическото решение чрез заместване на зида с разпределен товар върху рамката (фиг. 3).



Фиг. 2. Фрагмент от модела по крайни елементи (детайл А от фиг. 1)



Фиг. 3. Класически изчислителен модел с означения на характерни сечения

3. Резултати от числените решения

3.1. Зид без отвори

В таблица 1 са дадени резултатите за разрезните усилия в стоманобетонната рамка от класическото решение, при което зидът е заместен с равномерно разпределен товар с интензивност $q = 10,4 \text{ kN/m}$ (фиг. 3), а в таблица 2 – от модела по крайни елементи.

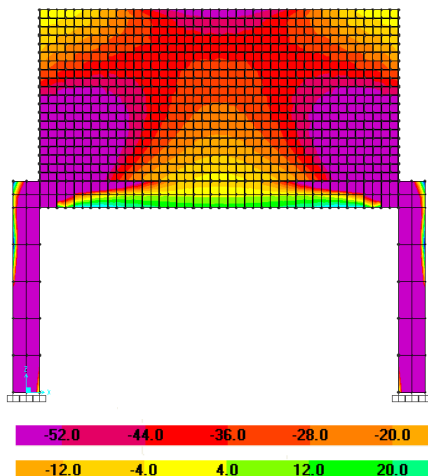
На фиг. 4 е показана диаграмата на главните нормални натискови напрежения в елементите.

Таблица 1. Резултати от класическо решение за натоварване на рамка от зид без отвори

Сечение	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
сеч. 1-1	-28,44	-12,40	12,34
сеч. 2-2	-12,40	28,44	-19,17
сеч. 3-3	-12,40	0,00	19,73

Таблица 2. Резултати от модел по МКЕ за рамка и зид без отвори

Сечение	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
сеч. 1-1	-28,44	-3,656	3,747
сеч. 2-2	-3,656	28,44	-1,533
сеч. 3-3	15,82	0,01	0,999

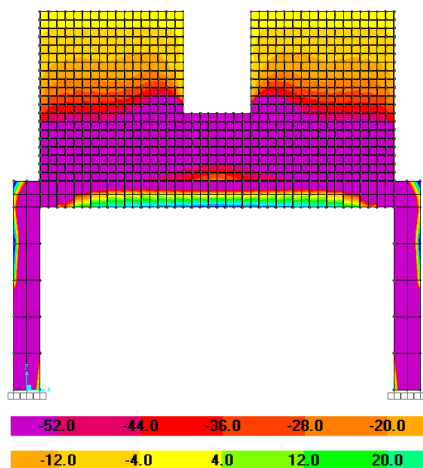


Фиг. 4. Модел по МКЕ при зид без отвори. Диаграма на главни натискови напрежения в kN/m^2

3.2. Зид с един отвор

Таблица 3. Резултати от модел по МКЕ за рамка и зид с един отвор

Сечение	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
сеч. 1-1	-25,17	-4,292	4,402
сеч. 2-2	-4,292	25,17	-3,440
сеч. 3-3	23,34	0,016	3,294

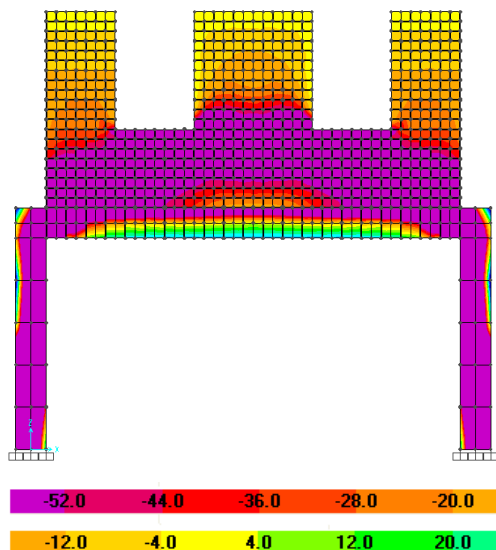


Фиг. 5 Модел по МКЕ при зид с отвор. Диаграма на главни натискови напрежения в kN/m^2

3.3. Зид с два отвора

Таблица 4. Резултати от модел по МКЕ за рамка и зид с два отвора

Сечение	N [kN]	Q [kN]	M [kNm]
сеч. 1-1	-21,89	-3,891	3,992
сеч. 2-2	-3,891	21,89	-3,303
сеч. 3-3	19,65	0,011	2,499



Фиг. 6. Модел по МКЕ при зид с два отвора.
 Диаграма на главни натискови напрежения в kN/m^2

3.4. Деформации в конструкцията

В табл. 4 е дадено преместването в средата на ригела от решенията на моделите.

Таблица 5. Максимално вертикално преместване на ригела от собственото тегло на рамката и зидарията

Модел	Вертикално преместване (cm)
Класически модел	0,450
Плътен зид	0,063
Зид с един отвор	0,099
Зид с два отвора	0,090

4. Анализ на резултатите

Извършен е анализ на резултатите и са направени следните изводи:

1. При тухлен зид без отвори класическото решение (табл. 1) и численото решение по МКЕ (табл. 2) дават еднакви резултати за нормалните усилия в стойките. Техните стойности съответстват на половината от теглото на конструкцията. Съществено се различава нормалното усилие от двете решения в средата на ригела на рамката – от натисково със стойност 12,4 kN при класическия модел, то става опънно със стойност 15,82 kN в числения модел.

Съществена разлика се получава в стойностите на огъващия момент от двете решения. В средното сечение на ригела стойността на огъващия момент от решението по МКЕ драстично намалява – получава се $M = 1,0 \text{ kN.m}$ за разлика от $M = 19,73 \text{ kN.m}$ при класическото решение. Причина за тази разлика е задействането на сводовия механизъм при предаването на товара от страна на зида върху рамката. На фиг. 4 ясно се вижда, че натисковата зона в зида се засводява и голяма част от неговото тегло директно се предава на стойките, без да натоварва ригела.

2. При наличие на отвори в зидарията общото натоварване намалява и нормалните усилия в стойките пропорционално намаляват (табл. 3 и табл. 4). Но от друга страна, отворите нарушават механизма на сводовото действие в зидарията и вертикалните нормални напрежения в зида проявяват тенденция към равномерност за всяко хоризонтално сечение. Наличието на един отвор, но разположен в оста на симетрия на зида, нарушава в по-голяма степен сводовото действие в сравнение с наличието на два отвора, разположени встрани от оста на симетрия. Ето защо, в случаите на зид с отвори ригелът на рамката се товари повече, отколкото при зид без отвори.

5. Заключение

От проведеното изследване се вижда, че без отчитане на работата на тухлен зид, стъпил върху стоманобетонен ригел на рамка, последният работи на нецентричен натиск със сравнително голям огъващ момент. При отчитане на работата на зида, ригелът е натоварен на нецентричен опън със сравнително малък огъващ момент. Тези резултати са получени при модел на самостоятелна рамка, натоварена със зид. За по-точно изследване на съвместната работа на тези елементи е необходимо те да бъдат разгледани като част от една цялостна пространствена конструкция на сграда.

ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN1991-1-1. Еврокод 1: Въздействия върху строителните конструкции. Част 1-1: Основни въздействия. Плътности, собствени тегла и полезни натоварвания в сгради.

2. Наредба № 3 от 21 юли 2004 г. за основните положения за проектиране на конструкциите на строежите и за въздействията върху тях. Издадена от МРРБ, Обн. ДВ., бр. 92 от 15 октомври 2004 г., изм. ДВ., бр. 33 от 15 април 2005 г.

3. *Нисимов, Х.* Зидани конструкции. Техника, София, 1986 г.

4. *Русев, К., Михов, Я.* Разрезни усилия в хоризонтална кръгова дъга от вертикален неравномерно разпределен товар. // Строителство, кн. 2, 2008 г.

ARCHING EFFECT IN MASONRY AT LOADING OF RC STRUCTURAL ELEMENTS

L. Mihova¹

Keywords: brick masonry, arching effect, RC frame, FEM

ABSTRACT

A study of arching effect in brick masonry wall is done when the wall lies on a beam of RC frame. The cases of a compact wall and walls with windows are considered. The mechanism of the load transferring is modelled by using shell finite elements for both the masonry and the frame. Numerical finite element solutions are compared to the simplified solutions in which the wall is approximated with a disturbed load on the beam. The model of composite structure “wall-beam” gives significant differences in comparison with the model of replacing the wall with a disturbed load. The axial force in the beam becomes tensile and the bending moment is significantly reduced. Due to the arching effect, a large part of the masonry weight is transferred to the columns of the RC structure.

¹ Lena Mihova, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Geotechnics”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: l_mihova@yahoo.com

