



## ОТЧИТАНЕ НА СЛУЧАЙНИТЕ ЕКСЦЕНТРИЦИТЕТИ ПРИ СЕИЗМИЧЕН АНАЛИЗ НА СГРАДИ

Станислав Цветков, Светозара Татева

[st.cvetkov@vsu.bg](mailto:st.cvetkov@vsu.bg)

*Висше строително училище „Любен Каравелов“,  
катедра „Строителни конструкции“, град София, улица „Суходолска“ № 175  
БЪЛГАРИЯ*

**Ключови думи:** *сеизмично въздействие, случаен ексцентрицитет*

**Резюме:** Докладът представя параметрични изследвания на стоманобетонната носеща конструкция на сгради, при отчитане и не на ефекта от включването на неточности (от масите и самият анализ). Случайният ексцентрицитет се приема равен на 5% от размера на сградата в план, който е перпендикулярен на направлението на сеизмичната сила. Освен за стойностите на разрезните усилия, трябва да се държи сметка и на големината на преместванията при сеизмична изчислителна ситуация. Необходима е проверка валидността на формулите, имащи за цел- приблизително решение. Независимо от приетия изчислителен модел на строителната конструкция и информацията за усуквателната ѝ динамична реакция, проектирането на сгради за сеизмични въздействия („на ръка“ или с използването на специализиран софтуер), горепосоченият ефект (усукване) трябва да бъде отчетен. Чрез този доклад, авторите са си поставили за цел да покажат и проверят разрезните усилия (за носещи елементи) при сгради, чрез промяна: вида конструктивна система, брой етажи, геометрия (отношение на размери в план), сеизмичен анализ по спектър Вид 1 и Вид 3. Използваната за анализа тип почва С е приета без промяна. Спазени са изискванията за проектиране на сгради, съгласно Еврокод. Сеизмичният анализ е извършен за двете взаимноперпендикулярни направления. Резултатите са показани таблично, съответно за конструктивна стена (шайба) и носеща колона. Представени са обобщени изводи. Статията е придружена с таблици и използвана литература.

### 1. ОБЩИ СВЕДЕНИЯ

Отчитането на отклонения на местоположението на СЕ (неточности от позициите на масите) и неточности при самото моделиране на сеизмичното въздействие (пространствена вариация), изискват при проектирането на строителни конструкции за сеизмични въздействия, в анализа да бъдат отчетени т.нар. „случайни ексцентрицитети“ (*accidental eccentricity*)-  $e_{a,i}$ . Тези параметри създават ефекти от усукване на конструкцията, които са особено опасни за нея (голяма част от разрушенията на сградите при земетръс са причинени именно от такива усуквателни форми). Етажните усукващи моменти от случайния ексцентрицитет се предават върху вертикалните конструктивни елементи, като създават в тях допълнителни усилия и премествания, които пък от своя страна трябва да бъдат отчетени при динамичното

изследване като цяло.

## 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЧИСЛЕНИ ДАННИ И РЕЗУЛТАТИ

Анализите са извършени, съгласно: [1], [2], [3], [4] и [5].

Поясняващи данни:

<b>Таблица 1</b>	<b>Безгредова конструктивна система</b> (обществена сграда) $L_{max}/L_{min}=25/ (8/9)$ m; Много на брой конструирани стени.	Почти разделена (от стълбището) на две части, плоча- 20 cm
<b>Таблица 2</b>	<b>Безгредова конструктивна система</b> (жилищна сграда) $L_{max}/L_{min}=26/20$ m; Регулярно разположени вертикални носещи елементи.	Силно начупена, но вписваща се в правоъгълник, плоча- 20 cm
<b>Таблица 3</b>	<b>Безгредова конструктивна система</b> Клетка- 5/5 m между вертикалните елементи; Стени- по периферията. $L_y/L_x$ – габарити на конструкцията	плоча-20 cm; колони- 50/50 cm; конструктивни стени (шайби)- 25/500 cm.
<b>Таблица 4</b>	<b>Гредова конструктивна система</b> Клетка- 5/5 m между вертикалните елементи; Изцяло развити рамки. $L_y/L_x$ – габарити на конструкцията	плоча-20 cm; греди- 30/60 cm; колони- 50/50 cm
<b>Таблица 5</b>	<b>Смесена конструктивна система</b> Клетка- 5/5 m между вертикалните елементи; Стени- по периферията, рамки- на останалата площ. $L_y/L_x$ – габарити на конструкцията	плоча-20 cm; греди- 30/60 cm; колони- 50/50 cm; конструктивни стени (шайби)- 25/500 cm.

Таблица 1

брой етажи	Дължина, [m]/ посока	комбинация	отчитане на случайните ексцентрицитети	Огъващи моменти, M, [kN.m]
6	2,3/дълга	d+3M	с	3179,81
			без	3156,76
6	4,0/къса	d+3M	с	3862,29
			без	3562,64
12	2,3/дълга	d+3M	с	4683,71
			без	4653,66
12	4,0/къса	d+3M	с	13292,07
			без	12310,51

Таблица 2

брой етажи	Дължина, [m]/ посока	комбинация	отчитане на случайните ексцентрицитети	Огъващи моменти, M, [kN.m]
6	2,0/дълга	d+3M	с	2490,03
			без	2417,47
6	5,0/къса	d+3M	с	14817,88
			без	14677,52
12	2,0/дълга	d+3M	с	2903,01
			без	2722,14
12	5,0/къса	d+3M	с	30778,15
			без	30087,79

Таблица 3

брой етажи	$L_y/L_x$	комбинация	отчитане на случайните эксцентритети	Огъващи моменти, М, [kN.m]	
				страна	
				дълга	къса
6	0,5	d+3M	с	40764,11	44329,14
			без	39939,45	41141,18
6	1	d+3M	с	23000,00	-
			без	22178,62	-
6	1,5	d+3M	с	57395,47	60450,45
			без	55635,15	56581,54
6	2	d+3M	с	51688,01	56019,58
			без	50643,33	51999,93
12	0,5	d+3M	с	38955,26	42774,46
			без	38208,60	39886,54
12	1	d+3M	с	30986,54	-
			без	29669,57	-
12	1,5	d+3M	с	108763,42	114609,43
			без	105529,94	107485,19
12	2	d+3M	с	53275,39	58731,69
			без	52254,23	54789,05

Таблица 4

брой етажи	$L_y/L_x$	комбинация	отчитане на случайните эксцентритети	Огъващи моменти, М, [kN.m]	
				страна	
				дълга	къса
6	0,5	d+3M	с	412,48	305,13
			без	446,60	522,33
6	1	d+3M	с	477,61	-
			без	440,13	-
6	1,5	d+3M	с	591,26	683,98
			без		
6	2	d+3M	с	609,14	776,76
			без	577,61	676,14
12	0,5	d+3M	с	685,76	793,92
			без	648,81	686,92
12	1	d+3M	с	678,99	-
			без	622,91	-
12	1,5	d+3M	с	818,49	921,45
			без	757,38	793,20
12	2	d+3M	с	805,98	929,52
			без	762,33	805,48

Таблица 5

брой етажи	$L_y/L_x$	комбинация	отчитане на случайните ексцентрицитети	Огъващи моменти, $M$ , [kN.m]	
				страна	
				дълга	къса
6	0,5	d+3M	с	15487,81	16766,94
			без	14993,87	15139,06
6	1	d+3M	с	12970,58	-
			без	12282,44	-
6	1,5	d+3M	с	21959,33	24861,92
			без	20778,01	22360,42
6	2	d+3M	с	17435,40	21165,61
			без	17192,88	18505,78
12	0,5	d+3M	с	25626,04	28656,38
			без	24810,78	25875,68
12	1	d+3M	с	21647,46	-
			без	20483,93	-
12	1,5	d+3M	с	36900,38	40259,39
			без	34903,73	36132,44
12	2	d+3M	с	28908,23	32591,41
			без	27971,51	29465,55

### 3. ОБОБЩЕНИ ИЗВОДИ

**Безгредова конструктивна система- обществена сграда:** Меродавна (даваща максимални разрезни усилия в стените) е комбинация (d+3M). Наблюдава се: за късата стена по дългата страна на сградата, разликите от варианти с и без отчитане на случайните ексцентрицитети са  $\sim 20-30$  kN.m за огъващите моменти в колоните; за дългата стена по късата страна на сградата: за 6 етажна сграда- разликата между вариант с и без отчитане на случайните ексцентрицитети е  $\sim 300$  kN.m (за колоните), а за 12 етажна сграда-  $\sim 1000$  kN.m.

**Безгредова конструктивна система- жилищна сграда:** Меродавна (даваща максимални разрезни усилия в стените) е комбинация (d+3M). Наблюдава се, че разлика до  $\sim 200$  kN.m в колоните с и без отчитане на случайните ексцентрицитети.

**Безгредова конструктивна система:** Комбинацията (d+3H) дава минималните усилия в конструктивните стени (шайби). Меродавна (даваща максимални разрезни усилия в стените) е комбинация (d+3M). Наблюдава се, че при отношение на страните  $L_y/L_x=0,5$  за 6 бр. етажа, разликата е  $\sim 3000$  kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети (когато не се отчитат се получава по-малката стойност). При  $L_y/L_x=1,5$  за 6 бр. етажа, разликата е  $\sim 6000$  kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети (когато не се отчитат се получава по-малката стойност).  $L_y/L_x=2$  за 6 бр. етажа, разликата е  $\sim 4000$  kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети (когато не се отчитат се получава по-малката стойност). Тези стойности са за късата страна. Останалите разлики са до  $\sim 2000$  kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети (когато не се отчитат се получава по-малката стойност). При  $L_y/L_x=0,5$  за 12 бр. етажа, разликата е  $\sim 3000$  kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети (когато не се отчитат се получава по-малката стойност). При  $L_y/L_x=1,5$  за 12 бр. етажа, разликата е  $\sim 3000$  kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети за дългата страна (когато не се отчитат се получава по-малката стойност). При  $L_y/L_x=1,5$  за 12 бр. етажа, разликата е  $\sim 7000$  kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети за късата страна (когато не се отчитат се получава по-малката стойност). При  $L_y/L_x=1,5$  за 12 бр. етажа, разликата е

~4000 kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети за късата страна (когато не се отчитат се получава по-малката стойност).

**Гредова конструктивна система:** Меродавна (даваща максимални разрезни усилия в стените) е комбинация (d+3M). Наблюдава се, че при отношение на страните  $L_y/L_x=0,5$  за 6 бр. етажа, разликата е ~200 kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети. При 12 бр. етажа, отчитането на случайните ексцентрицитети е меродавно (при него се получават максимални стойности на разрезните усилия в стените).

**Смесена конструктивна система:** Комбинацията (d+1H) дава минималните усилия в конструктивните стени (шайби). Меродавна (даваща максимални разрезни усилия в стените) е комбинация (d+3M). Наблюдава се, че при отношение на страните  $L_y/L_x=1,5$  за 6 бр. етажа, разликата е ~2000 kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети (когато не се отчитат се получава по-малката стойност). При  $L_y/L_x=2$  за 6 бр. етажа, разликата е ~3000 kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети (когато не се отчитат се получава по-малката стойност). При  $L_y/L_x=0,5$  за 12 бр. етажа, разликата е ~3000 kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети за късата страна. При  $L_y/L_x=1,5$  за 12 бр. етажа, разликата е ~2000 kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети за дългата страна и ~4000 kN.m- за късата страна. При  $L_y/L_x=2$  за 12 бр. етажа, разликата е ~3000 kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети за късата страна. Останалите разлики са до ~1500 kN.m с и без отчитане на случайните ексцентрицитети.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

- [1] Георгиев, Г., Цветков, Ст. , Методическо ръководство за разработване на курсов проект по Стоманобетон по Еврокод 2, ВСУ, С., 2012 ISBN: 978-954-331-037-1
- [2] Георгиев, Г., Цветков, Ст. , Методическо ръководство за разработване на курсов проект по Стоманобетонни конструкции по Еврокод – част Първа – глава Първа-Безгредови плочи и стълбища, ВСУ, С., 2013 ISBN: 978-954-331- 040-1
- [3] Георгиев, Г., Цветков, Ст. , Методическо ръководство за разработване на курсов проект по Стоманобетонни конструкции по Еврокод – част Първа – глава Втора-Сеизмично проектиране на стоманобетонни стенни конструкции, ВСУ, С., 2013 ISBN: 978-954-331-043-2
- [4] Георгиев, Г., Цветков, Ст. , Методическо ръководство за разработване на курсов проект по Стоманобетонни конструкции по Еврокод – част Втора – Сеизмично проектиране на стоманобетонни рамкови конструкции, ВСУ, С., 2014, ISBN: 978-954-331-048-7
- [5] Георгиев, Г., Цветков, Ст. , Методическо ръководство за разработване на курсов проект по Стоманобетонни конструкции по Еврокод – част Трета – Сеизмично проектиране на стоманобетонни смесени конструкции, ВСУ, С., 2014 ISBN: 978-954-331-049-4

# CONSIDERING THE EFFECTS OF ACCIDENTAL ECCENTRICITY IN BUILDING SEISMIC DESIGN

Stanislav Tsvetkov, Svetozara Tateva  
[st.cvetkov@vsu.bg](mailto:st.cvetkov@vsu.bg)

*University of structural engineering & architecture “Lyuben Karavelov”,  
Sofia, 175 Suhodolska, str.  
BULGARIA*

**Key words:** *accidental eccentricity, seismic impact.*

**Abstract:** *The report presents parametric analysis of reinforced constructions of buildings, taking into account and not, the effect of the inclusion of inaccuracies. Accidental eccentricity is considered equal to 5% of the building in plan, which is perpendicular to the direction of seismic force. In addition to the values of the internal forces must be taken into account and the size of the seismic shifts in computing seismic situation. It is necessary to check the validity of the formulas designed for approximate solution. Regardless of the computational model of the building structure and information for the torsional in dynamic response, design of buildings for earthquake resistance (on "hand" or with the use of specialized software), the aforementioned effect (twisting) must be according with Eurocodes. Through this report, the authors gives check and verify the internal forces in buildings with parametric data: the type of construction system, number of stories, geometry (in terms of size plan), spectrum Kind 1 and Kind 3, used soil type C is adopted without change. The requirements for the design of buildings are according to Eurocodes. The seismic analysis was performed for the two horizontal orthogonal directions. The results are shown in tables, respectively for structural walls (shear walls) and bearing columns, in the low level. Presented are summarized conclusions. The article is accompanied by tables and references.*