

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ МЕЖДУ СТОМАНОБЕТОННА И СТОМАНО- СТОМАНОБЕТОННА КОНСТРУКТИВНА СИСТЕМА ПРИ ШЕСТНАДЕСЕТ ЕТАЖНА МНОГОФУНКЦИОНАЛНА СГРАДА

Виктор Коцев¹, Николай Кузманов²

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN REINFORCED CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION SYSTEM AT SIXTEEN FLOOR MULTIFUNCTIONAL BUILDING

Viktor Kocev¹, Nikolay Kuzmanov²

Abstract:

A comparison between two variants of structural systems for the implementation of a sixteen-storey multifunctional building is presented. The building is designed and executed as a monolithic reinforced concrete structure, in which the seismic forces are absorbed by reinforced concrete vertical discs and frames located in both main directions. A combined structure with partially concreted columns, taking vertical load, has been developed, and the seismic forces are absorbed by reinforced concrete vertical discs of identical size and location. Comparisons have been made between the costs of concrete and steel.

Keywords:

seismic forces , reinforced concrete, building, steel-concrete structure

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Представено е сравнение в сеизмичното поведение на две конструктивни системи за изпълнение на 16 етажна многофункционална сграда с хотел, общежитие, офиси, ресторант и конферентна зала в гр. Варна.

Сградата се състои от два подземни етажа с паркоместа, партерен етаж с ресторант, два етажа с офиси и тринадесет типови етажа с общежития. Изпълнена е със стоманобетонна конструкция състояща се от стоманобетонни плочи, греди, колони и шайби. Плочите на типовите етажи са с дебелина 16 см.

Сеизмичното натоварване се поема със стоманобетонно ядро, две стоманобетонни шайби и рамки разположени в двете главни направления. Сградата е изследвана за сеизмично въздействие съгласно БДС НПССЗР – 2012. Осигурена е за VII степен по скалата

¹ Виктор Коцев, студент катедра „Строителство на сгради и съоръжения“, „Архитектурен факултет“, Варненски Свободен Университет „Черноризец Храбър“, 182932002@vfu.bg.; Viktor Kocev, student, Construction of Buildings and Facilities Department, VARNA FREE UNIVERSITY “CHERNORIZETS HRABAR”, 182932002@vfu.bg

² Николай Кузманов, д-р инж./ главен асистент катедра „Строителство на сгради и съоръжения“, „Архитектурен факултет“, Варненски Свободен Университет „Черноризец Храбър“/
nikolay_kuzmanov@abv.bg

на Медведев-Шпонхойер-Карник за сеизмична зона гр. Варна. Обекта е категория III с коефициент на значимост $C=1.2$ и коефициент на реагиране $R=0.412$ по „X“ и $R=0.330$ по „Y“. Отчетени са 18 собствени форми с реално разпределение на масите.

За сравнение е разработено вариантно решение с комбинирана стомано-стоманобетонна конструкция, състояща се от вбетонирани колони, които поемат само вертикални товари и стоманени греди от горещовалцувани профили HE300A и IPE180. Плочите са комбинирани от профилирана ламарина с надлъжни вкоравители и бетон с еквивалентна височина 11 см.

Сеизмичното натоварване се поема със стоманобетонно ядро и две стоманобетонни шайби разположени в двете главни направления, които са конструирани със същите напречни сечения както в изпълнената стоманобетонна конструкция. Сградата е изследвана за сеизмично въздействие съгласно Еврокод 1998. Осигурена е за сеизмична зона гр.Варна, с референтно максимално ускорение на земната основа $agR/g=0.15$, коефициент на значимост $\gamma=1.2$ и коефициент на поведение $q = 2.0$ Използван е спектър на реагиране тип 1 и тип 3 и SRSS комбинация на усилията в елементите по собствени форми и посоки на сеизмичното въздействие. Отчетени са 18 собствени форми при реално разпределение на модалната маса.

За цялостния статико-динамичен анализ на носещата конструкция е използван тримерен модел по метода на крайните елементи с програмен продукт TOWER.

Фундирането е решено чрез фундаментна плоча с дебелина 140 см. Земната основа под сградата е тип D, с изчислително почвено съпротивление $R_0=0,30$ МПа. Оразмеряването е извършено в средата на Винклеров модел за земна основа с $Kz=25000$ МПа за вертикални товари и $Kz=88000$ МПа за сеизмични въздействия. Извършена е проверка и за носеща способност на земната основа. Проведеното сравнение е съответствие с [1], като поведението е в съответствие с посочената методика и обобщение резултати в [2].

2. Сеизмично изследване на стоманобетонна конструкция

Параметри за сеизмично изследване съгласно БДС НПССЗР - 2012:

Сеизмична зона: VII

Почва категория: D

Обект категория: III ($C=1.2$)

Коефициент на затихване: 0,05

Случаен ексцентрицитет на етажната маса: $e_i = \pm 0,050 \times L_i$

- Сеизмичен анализ – допълнителни опции

Маси концентрирани само в селектираните нива

Плочи - скалиране на огъвателната коравина: 0.010

Коефициент за коравина на опори: 3.500

Пренебрегват се трептенията по ос Z

Таблица 1. Ъгъл на действие на земетресението

Наименование	Ъгъл α [°]	k, α	$k, \alpha+90^\circ$	Kz	Коеф. на реаг.
X	0.000	1.000	0.000	0.000	0.412
Y	90.000	1.000	0.000	0.000	0.330

Таблица 2. Проверка за регулярност

Z [m]	e_{0x} [m]	e_{0y} [m]	r_x [m]	r_y [m]	Is [m]	$e_{0x} \leq 0,3r_x$	$e_{0y} \leq 0,3r_y$	$r_x > Is$	$r_y > Is$
52,65	2,53	0,78	17,50	21,10	12,50	Да	Да	Да	Да

50,85	4,70	0,39	17,66	20,19	3,45	Да	Да	Да	Да
48,85	0,68	1,46	16,53	20,49	12,07	Да	Да	Да	Да
45,85	0,74	1,82	16,49	20,32	11,70	Да	Да	Да	Да
42,85	0,94	2,13	16,42	20,09	11,70	Да	Да	Да	Да
39,85	1,18	2,48	16,32	19,82	11,70	Да	Да	Да	Да
36,85	1,46	2,85	16,21	19,54	11,70	Да	Да	Да	Да
33,85	1,74	3,25	16,10	19,25	11,70	Да	Да	Да	Да
30,85	2,04	3,66	15,99	18,98	11,70	Да	Да	Да	Да
27,85	2,36	4,06	15,91	18,73	11,74	Да	Да	Да	Да
24,85	2,59	4,41	15,83	18,49	11,81	Да	Да	Да	Да
21,85	2,97	4,87	15,79	18,30	11,84	Да	Да	Да	Да
18,85	3,16	5,25	15,74	18,09	11,89	Да	Да	Да	Да
15,85	3,41	5,80	15,75	18,07	11,87	Да	Не	Да	Да
12,85	0,29	5,39	14,96	17,20	13,11	Да	Не	Да	Да
9,85	1,59	6,52	15,04	17,37	13,46	Да	Не	Да	Да
7,35	4,78	12,95	15,91	24,45	10,05	Не	Не	Да	Да

Таблица 3. Коефициент на участие – активирана маса

Форма	U [$\alpha=0^\circ$]	U [$\alpha=90^\circ$]
1	39,60	0,99
2	0,80	42,36
3	0,17	0,20
4	11,41	0,43
5	2,41	11,10
6	0,55	2,65
7	0,05	0,51
8	1,19	1,72
9	0,02	0,29
10	0,01	0,14
11	0,25	0,01
12	3,49	0,69
13	0,04	0,00
14	0,19	0,33
15	2,00	4,21
16	1,37	1,97
17	1,82	0,83
18	0,11	0,12
ΣU (%)	65,47	68,54

Таблица 4. Периоди на трептене на конструкцията

No	T [s]	f [Hz]
1	1,8513	0,5402
2	1,5290	0,6540
3	1,0876	0,9194

4	0,4500	2,2224
5	0,3545	2,8210
6	0,2895	3,4540
7	0,2838	3,5236
8	0,2755	3,6296
9	0,2487	4,0208
10	0,2363	4,2322
11	0,2213	4,5191
12	0,2114	4,7310
13	0,1666	6,0015
14	0,1646	6,0745
15	0,1604	6,2360
16	0,1393	7,1762
17	0,1344	7,4432
18	0,1216	8,2263

3. Сеизмично изследване на комбинирана стомано-стоманобетонна конструкция

Параметри за сеизмично изследване съгласно Еврокод 8 (БДС EN 1998):

Клас на дуктилност: DCM - средна дуктилност

Референтно ускорение: $agR/g = 0.15$ - сеизмична зона гр. Варна

Спектър ВИД 1 и ВИД 3

Земна основа: Тип D

Категория на значимост: $\gamma = 1,2$

Коефициент на поведение: $q = 2,0$

Коефициент на затихване: $0,05$

Случаен ексцентрицитет на етажната маса: $e_i = \pm 0,050 \times L_i$

- Сеизмичен анализ – допълнителни опции

Маси концентрирани само в селектираните нива

Плочи - скалиране на огъвателната коравина: 0.100

Коефициент за коравина на опори: 3.500

Съдействие на зидовете: $6.000 \times d$

Пренебрегват се трептенията по ос Z

Таблица 5. Ъгъл на действие на земетресението

Случаи на натоварване	Ъгъл α [°]	k, α	$k, \alpha + 90^\circ$	kz	q
X	0.000	1.000	0.000	0.000	2.000*
Y	90.000	1.000	0.000	0.000	2.000*

Таблица 6. Проверка за регулярност

Z [m]	e_{ox} [m]	e_{oy} [m]	r_x [m]	r_y [m]	I_s [m]	$e_{ox} \leq 0,3r_x$	$e_{oy} \leq 0,3r_y$	$r_x > I_s$	$r_y > I_s$
51.00	6.06	0.00	11.66	16.06	11.19	Не	Да	Да	Да
47.76	6.37	0.13	11.80	16.18	12.05	Не	Да	Не	Да
44.86	6.37	0.13	11.80	16.18	12.05	Не	Да	Не	Да
41.96	6.38	0.23	11.93	16.30	12.04	Не	Да	Не	Да
39.06	6.38	0.35	12.06	16.43	12.04	Не	Да	Да	Да
36.16	6.39	0.49	12.20	16.56	12.04	Не	Да	Да	Да
33.26	6.39	0.65	12.36	16.71	12.04	Не	Да	Да	Да

30.36	6.38	0.84	12.53	16.87	12.04	He	Да	Да	Да
27.46	6.34	1.07	12.72	17.05	12.03	He	Да	Да	Да
24.56	6.59	1.35	12.96	17.26	12.16	He	Да	Да	Да
21.66	6.15	1.63	13.24	17.53	11.98	He	Да	Да	Да
18.76	6.30	2.05	13.59	17.84	12.10	He	Да	Да	Да
15.86	5.94	2.50	13.99	18.20	12.04	He	Да	Да	Да
13.00	4.21	2.46	14.90	19.40	12.74	Да	Да	Да	Да
10.00	1.63	2.91	15.41	20.02	13.50	Да	Да	Да	Да
5.05	0.54	4.42	15.99	20.50	13.82	Да	Да	Да	Да

Таблица 7. Коэффициент на участие – активирана маса

Форма	UX (%)	UY (%)	UZ (%)	ΣUX (%)	ΣUY (%)	ΣUZ (%)
1	34.86	7.23	0.00	34.86	7.23	0.00
2	11.91	21.40	0.00	46.78	28.63	0.00
3	0.00	20.17	0.00	46.78	48.81	0.00
4	2.44	2.07	0.00	49.22	50.87	0.00
5	11.06	0.45	0.01	60.28	51.32	0.01
6	0.00	9.95	0.00	60.28	61.27	0.01
7	0.31	0.55	0.00	60.59	61.82	0.01
8	3.56	0.02	0.05	64.15	61.85	0.06
9	0.01	0.05	0.01	64.16	61.89	0.07
10	0.09	0.25	0.00	64.25	62.14	0.07
11	0.10	2.10	0.00	64.34	64.24	0.07
12	0.10	0.11	0.00	64.45	64.35	0.07
13	0.19	0.03	0.01	64.64	64.38	0.07
14	0.73	0.27	0.04	65.37	64.65	0.11
15	0.00	0.01	0.00	65.37	64.66	0.11
16	0.01	0.00	0.00	65.38	64.66	0.11
17	0.00	0.00	0.00	65.38	64.66	0.11
18	0.04	0.00	0.01	65.43	64.66	0.12

Таблица 8. Периоди на трептене на конструкцията

№	T [s]	f [Hz]
1	1.5353	0.6513
2	1.4025	0.7130
3	0.8429	1.1864
4	0.3095	3.2315
5	0.2598	3.8496
6	0.1619	6.1776
7	0.1446	6.9157
8	0.1100	9.0914
9	0.1004	9.9632
10	0.0851	11.7482
11	0.0819	12.2122

12	0.0770	12.9828
13	0.0732	13.6631
14	0.0715	13.9781
15	0.0700	14.2846
16	0.0674	14.8329
17	0.0655	15.2788
18	0.0631	15.8437

4 . Резултати и обобщение на резултатите от сравнението

Таблица 9. Маса на типово ниво

Вид конструкция	Маса [Т]	T/m ²
Стоманобетонна	805,58	1,30
Стомано- стоманобетонна	734.40	1.19

Таблица 10. Обща маса на конструкцията

Вид конструкция	Маса [Т]
Стоманобетонна	25894,80
Стомано- стоманобетонна	19964.34

Таблица 11. Коефициент на участие – активирана маса

Вид конструкция	ΣUX (%)	ΣUY (%)
Стоманобетонна	65,47	68,54
Стомано- стоманобетонна	65.43	64.66

Таблица 12. Периоди на трептене

№	Стоманобетонна конструкция		Стомано-стоманобетонна конструкция	
	T [s]	f [Hz]	T [s]	f [Hz]
1	1,8513	0,5402	1.5353	0.6513
2	1,5290	0,6540	1.4025	0.7130
3	1,0876	0,9194	0.8429	1.1864
4	0,4500	2,2224	0.3095	3.2315
5	0,3545	2,8210	0.2598	3.8496
6	0,2895	3,4540	0.1619	6.1776
7	0,2838	3,5236	0.1446	6.9157
8	0,2755	3,6296	0.1100	9.0914
9	0,2487	4,0208	0.1004	9.9632
10	0,2363	4,2322	0.0851	11.7482
11	0,2213	4,5191	0.0819	12.2122
12	0,2114	4,7310	0.0770	12.9828
13	0,1666	6,0015	0.0732	13.6631
14	0,1646	6,0745	0.0715	13.9781

15	0,1604	6,2360	0.0700	14.2846
16	0,1393	7,1762	0.0674	14.8329
17	0,1344	7,4432	0.0655	15.2788
18	0,1216	8,2263	0.0631	15.8437

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При направения сравнителен анализ е направено сравнение с участие на масите около 68%, с оглед на съпоставимост на резултатите при еднакъв брой форми и еднакво активиране на масите. При увеличаване на броя на формите разликите в поведението на конструкциите при хоризонтални въздействия нарастват в полза на стомано*стомаобетонната конструктивна схема.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] БДС EN 1998-1:2005 – Еврокод 8: Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия. Част 1: Основни правила, сеизмични въздействия и правила за сгради
- [2] Кузманов Н. Носимоспособност на комбинирани елементи при вертикални и хоризонтални натоварвания – съпоставка със стоманени и стоманобетонни елементи – автореферат, Варна 2013г.