

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 ^{ТОМ}
vol.

2015

св.
fasc. 12 – II

ПОДОБРЯВАНЕ НА СЕИЗМИЧНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА СГРАДА СЪС СТОМАНОБЕТОННА НОСЕЩА КОНСТРУКЦИЯ ЧРЕЗ ИЗБЯГВАНЕ НА УСУКВАЩО-ДЕФОРМИРУЕМА СИСТЕМА

А. Тотева¹, Й. Милев², Н. Милев³, Г. Георгиев⁴,
Д. Филатова⁵, П. Дюлгеров⁶

Ключови думи: сеизмично осигуряване, усукващо-деформируема система

Научна област: сеизмичен анализ на стоманобетонни конструкции

РЕЗЮМЕ

Направен е анализ на сеизмичното поведение на седеметажна обществена сграда. Сеизмичната конструкция се състои от стоманобетонни ядра и стени и се класифицира като стенна система съгласно Еврокод 8. В първия вариант на разположение на стените конструкцията се класифицира като усукващо-деформируема и нерегулярна в план с голям ексцентрицитет между центъра на масата и коравината. Във втория вариант две от стените са транслирани, а друга е завъртяна перпендикулярно. В резултат на това е постигната по-голяма усуквателна коравина и е избягната усукващата деформируемост, което води до значително намаляване на усилията от сеизмично въздействие и по-икономично решение. Заради неправилната форма на сградата в план усилията в периферните стоманобетонни стени са значително завишени, в резултат на което за стената с отвори е приложено решение с комбинирана стомано-стоманобетонна греда.

¹ Анета Тотева, инж., „Йода“ ООД, 1618 София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

² Йордан Милев, проф. д-р инж., кат. „Масивни конструкции“, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: j.milev@yoda-bg.com

³ Николай Милев, инж. докторант, кат. „Геотехника“, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: n.milev@yoda-bg.com

⁴ Георги Георгиев, инж., „Йода“ ООД, 1618 София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

⁵ Диана Филатова, инж., „Йода“ ООД, 1618 София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

⁶ Павел Дюлгеров, инж., „Йода“ ООД, 1618 София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

1. Въведение

Еврокод 8 определя усукващо-деформируемата система като рамкова, смесена или стенна система, която няма минимална коравина на усукване (вж. [2] за допълнителна информация). Един пример за такава система е конструкция, съставена от гъвкави рамки, комбинирани със стени, концентрирани близо до центъра на сградата в план.

Рамковите, стенните и смесените системи трябва да притежават минимална коравина на усукване в двете хоризонтални направления, за да не бъдат класифицирани като усукващо-деформируеми.

Усукващо-деформируеми системи по принцип трябва да се избягват при проектиране на сгради в сеизмични райони.

Подробна процедура за изследване на усукващо-деформируема система е дадена в [2].

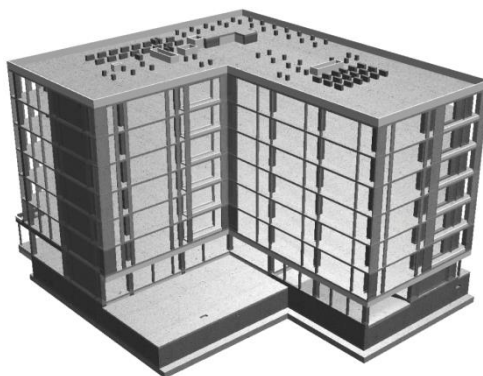
Основна цел на настоящата разработка е да бъде показано с конкретен пример как с помощта на минимални промени в конструкцията на сградата може да бъде избягната усукващо-деформируема система.

2. Процедура за идентифициране на усукващо-деформируема система

В Еврокод 8 се обръща голямо внимание на идентифицирането на усукващо-деформируемите системи с цел евентуалното им избягване. „Наказанието“ за усукващо-деформируема система е редуцирането на коефициента на поведение с около 50% за такива системи в сравнение със стенни конструкции и даже повече за случая на рамкови конструкции. Еврокод 8 обаче не дава ясна процедура за идентифицирането на усукващо-деформируеми системи. Проблемът е оставен на Националните приложения, но българското такова изобщо не дава решение. Използваната в настоящата разработка процедура е адаптирана от [1] и е дадена подробно в [2].

3. Описание и предварителен анализ на примерната сграда

Примерната сграда е офисна с Г-образна форма Тя е формирана от сутерен и седем етажа над него (вж. фиг. 1).



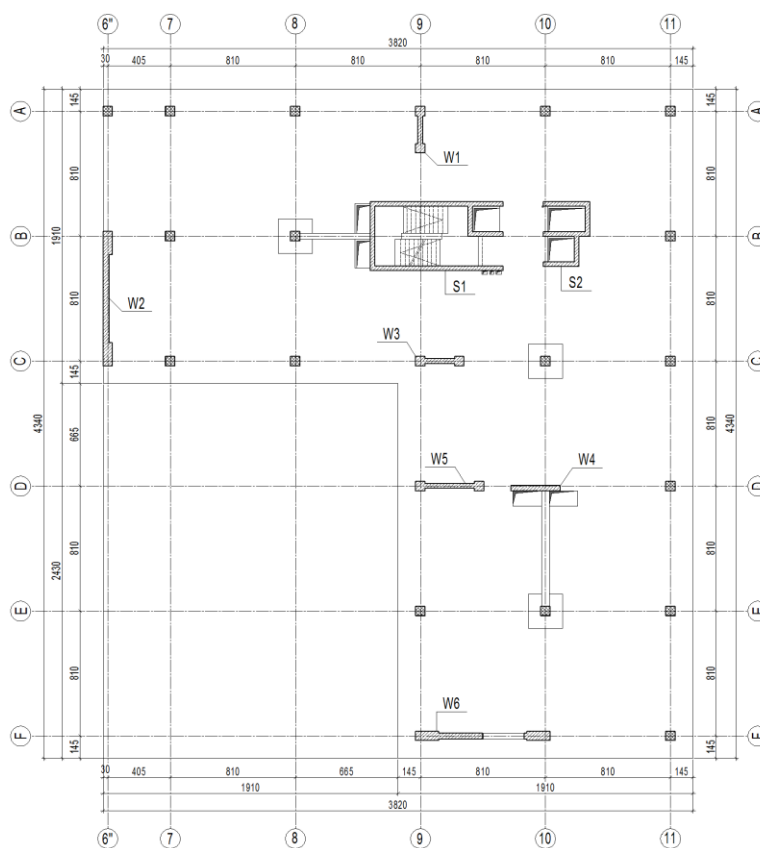
Фиг. 1. Модел на сградата

Междуетажните плочи са безредови с дебелина 25 см. При най-тежко натоварените колони, за осигуряване на плочата за продънване са предвидени стоманобетонни капители.

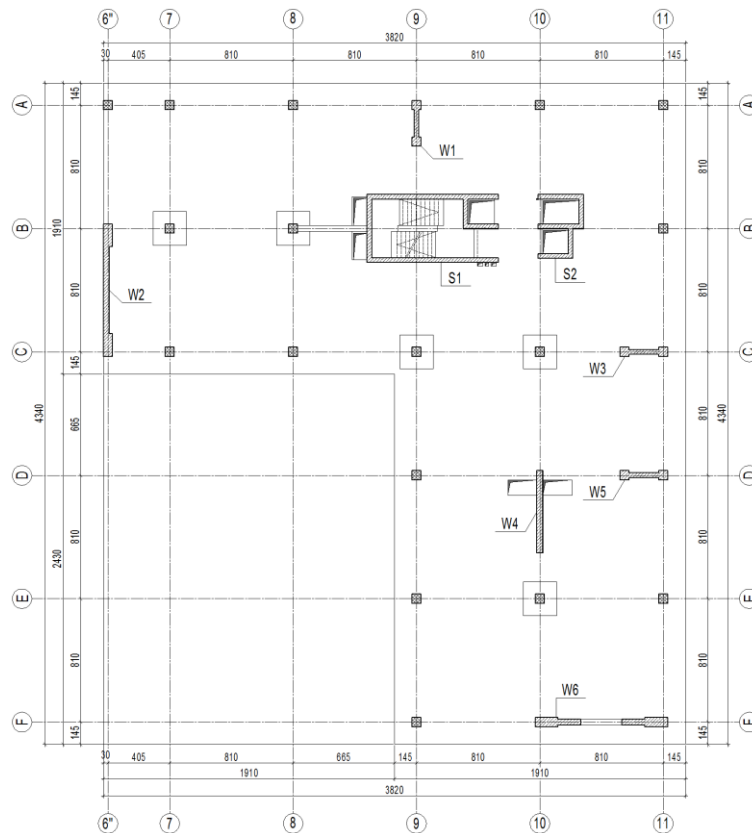
Сградата е със стенна конструктивна система. Сеизмичното реагиране на конструкцията се осигурява от стоманобетонни стени и ядра, които са непрекъснати от фундаментната плоча до покрива. Съвместната работа на елементите от сеизмичната конструкция на сградата се осигурява чрез диафрагменото поведение на подовите конструкции, осигурено от безредовите междуетажни плочи.

Първоначалното конструктивно решение е показано на фиг. 2. Анализът на конструкцията установи, че конструкцията на сградата може да се класифицира като усукващо-деформируема (вж. таблица за проверка дали конструкцията на сградата може да бъде класифицирана като усукващо-деформируема. Резултатите от проверките са систематизирани в табл. 1).

За окончателно е прието конструктивното решение, дадено на фиг. 3. Чрез него се постига значително подобряване на сеизмичното реагиране на конструкцията и проверките в съответствие с дадената в [1] и [2] процедура показват, че конструкцията на сградата вече не е усукващо-деформируема. Резултатите от проверките са систематизирани в табл. 2.



Фиг. 2. Котражен план на типovo етажно ниво Вариант 1 – първоначално конструктивно решение



Фиг. 3. Котражен план на типово етажно ниво Вариант 2 – възприето конструктивно решение за подобряване поведението на конструкцията

Таблица 1. Проверка за регулярност в план и усукващо-деформируема система при Вариант 1

Усукващо - деформируема система				Регулярност в план					
Етаж	$r_{x,i}$	$r_{y,i}$	$l_{s,i}$	Проверка	$ e_{0x,i} $	$0.3r_{x,i}$	$ e_{0y,i} $	$0.3r_{y,i}$	Проверка
7	20.55	16.00	16.41	ус. деф. с-ма	10.34	6.17	0.94	4.80	нерегулярна
6	20.57	16.02	16.84	ус. деф. с-ма	10.29	6.17	0.79	4.81	нерегулярна
5	20.56	16.05	16.84	ус. деф. с-ма	10.41	6.17	0.77	4.81	нерегулярна
4	20.62	16.12	16.84	ус. деф. с-ма	10.53	6.19	0.66	4.84	нерегулярна
3	20.79	16.21	16.84	ус. деф. с-ма	10.6	6.24	0.33	4.86	нерегулярна
2	21.34	16.42	16.84	ус. деф. с-ма	10.5	6.40	0.55	4.93	нерегулярна
1	22.33	16.53	17.50	ус. деф. с-ма	9.88	6.70	3.46	4.96	нерегулярна
Формули:									
Усукващо - деформируема система				Регулярност в план					
$r_{x,i} \geq l_{s,i}; r_{y,i} \geq l_{s,i};$				$ e_{0x,i} \leq 0.3r_{x,i}; e_{0y,i} \leq 0.3r_{y,i}$					
				$r_{x,i} \geq l_{s,i}; r_{y,i} \geq l_{s,i}$					

Таблица 2. Проверка за регулярност в план и усукващо-деформируема система при Вариант 2

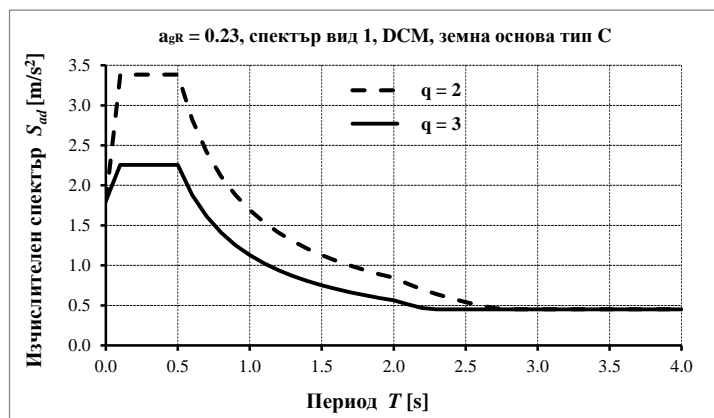
Усукващо - деформируема система					Регулярност в план				
Етаж	$r_{x,i}$	$r_{y,i}$	$l_{s,i}$	Проверка	$ e_{0x,i} $	$0.3r_{x,i}$	$ e_{0y,i} $	$0.3r_{y,i}$	Проверка
7	20.12	17.92	16.74	ОК	11.75	6.04	0.61	5.38	нерегулярна
6	20.15	17.98	16.64	ОК	11.46	6.05	0.45	5.39	нерегулярна
5	20.28	18.14	16.63	ОК	11.37	6.08	0.37	5.44	нерегулярна
4	20.28	18.17	16.64	ОК	11.21	6.08	0.22	5.45	нерегулярна
3	20.58	18.43	16.64	ОК	10.93	6.18	0.20	5.53	нерегулярна
2	21.29	18.89	16.64	ОК	10.3	6.39	1.28	5.67	нерегулярна
1	22.50	19.59	17.03	ОК	8.549	6.75	3.43	5.88	нерегулярна
0	24.49	24.49	16.34	ОК	0.663	7.35	0.47	7.35	ОК

Формули:

Усукващо - деформируема система	Регулярност в план
$r_{x,i} \geq l_{s,i}; r_{y,i} \geq l_{s,i};$	$ e_{0x,i} \leq 0.3r_{x,i}; e_{0y,i} \leq 0.3r_{y,i}$
	$r_{x,i} \geq l_{s,i}; r_{y,i} \geq l_{s,i}$

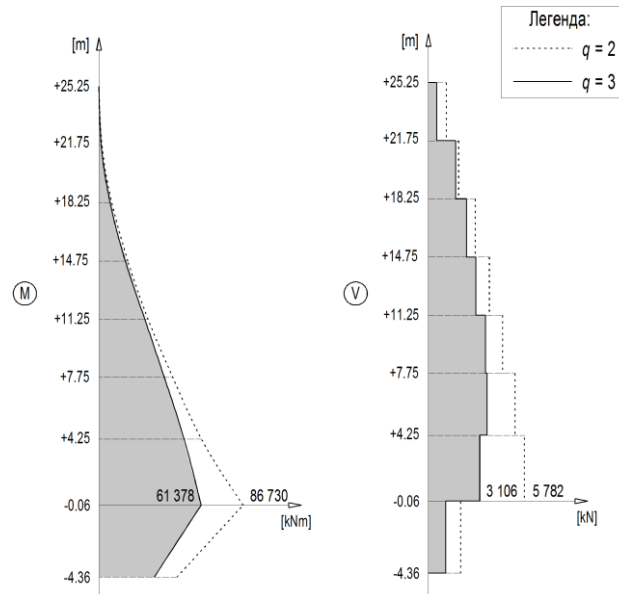
4. Сравнение на поведението на носещата конструкция на сградата преди и след конструктивното подобрене

Съгласно изискванията на EC8 системите, идентифицирани като усукващо-деформируеми, са чувствителни към усукване и в резултат на това трябва да бъдат изследвани с намален коефициент на поведение, което отчита чувствителността им към усукване и последващото от това завишаване на усилията. В случая на усукващо-деформируема стенна система, проектирана за ниво на дуктилност средно, коефициентът на поведение се намалява от 3 на 2. На фиг. 4 е направена съпоставка между проектните спектри на реагиране за двата варианта. В резултат на „наказанието“ по отношение на коефициента на поведение сеизмичното въздействие, с което трябва да бъде изследвана усукващо-деформируемата конструкция, е значително по-голямо.

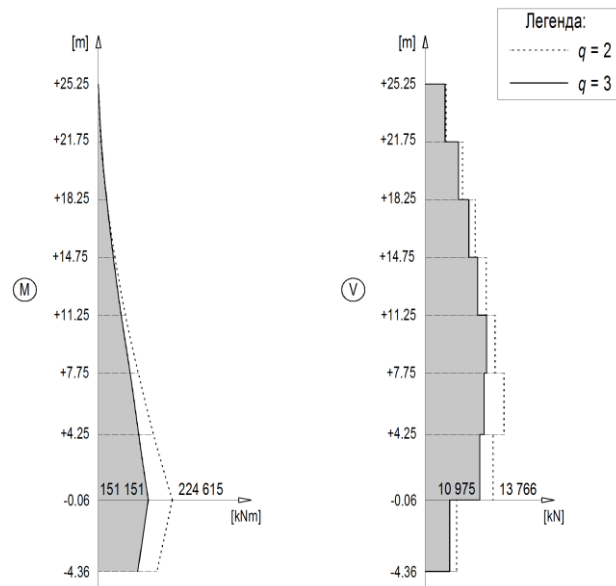


Фиг. 4. Съпоставка между спектрите на реагиране за усукващо-деформируема система ($q = 2$) и стенна система ($q = 3$) при ниво на дуктилност DCM съгласно EC8

Това води до значително по-големи изчислителни усилия в елементите от сеизмичната конструкция на сградата, като разликите в конкретния случай са около 30% – 40%. Осигуряването на конструкцията за тези усилия би довело до значително завишаване на цената ѝ и дори до невъзможност за осигуряване на достатъчна носимоспособност на елементите от сеизмичната конструкция. На фиг. 5 и фиг. 6 са представени сравнения между разрезните усилия в някои от елементите, поемащи сеизмични въздействия.

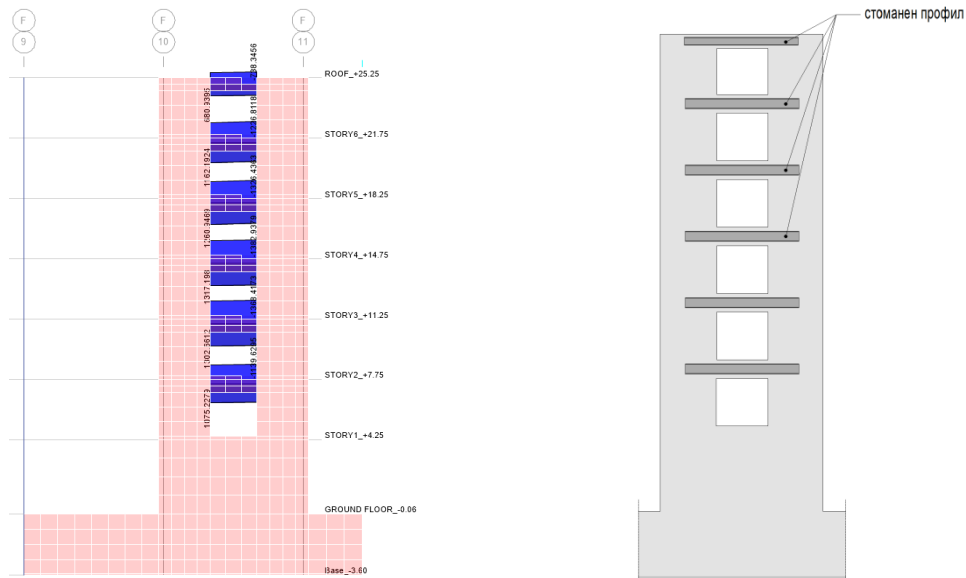


Фиг. 5. Сравнение на огъващите моменти и срязващите сили от анализа за стена W2



Фиг. 6. Сравнение на огъващите моменти и срязващите сили от анализа за ядро S1

Въпреки че усукващо-деформируемата система е избягната, периферните стоманобетонни стени поради отдалечеността си от центъра на коравините са сравнително тежко натоварени при сеизмично въздействие. Това води и до значителни усилия в свързващата греда на стена W6. Неблагоприятното ѝ отношение на отвор към височина, както и значителните усилия правят невъзможно конструирането с диагонална армировка. Възприето е решение с комбинирано стомано-стоманобетонно сечение, представено на фиг. 7 и фиг. 8.



Фиг. 7. Приложение на комбинирани стомано-стоманобетонни свързващи греди



Фиг. 8. Изпълнение на комбинирана стоманобетонна греда

5. Изводи

1. Трябва да се провеждат прецизни изчисления за идентифициране на усукващо-деформируемите системи. Примерът показва, че с минимални промени по конструкцията те могат да бъдат избягнати.

2. На ниво концептуално проектиране такива промени могат да бъдат направени сравнително лесно на цената на малки компромиси с функцията на сградата.

3. Избягването на усукващо-деформируемите системи води до по-стабилно, ясно и предвидимо поведение на сградите и респективно по-икономични решения по отношение на стойността на конструкцията.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. Bisch, E. Carvalho, H. Degee, P. Fajfar, M. Fardis, P. Franchin, M. Kreslin, A. Pecker, P. Pinto, A. Plumier, H. Somja, G. Tsionis. Eurocode 8: Seismic Design of Buildings. Worked examples, Lisbon, 2011.

2. Милев, Й. Еврокод 8. Сеизмично проектиране на стоманобетонни конструкции. Практическо ръководство, КИИП София, 2012.

IMPROVING THE SEISMIC BEHAVIOR OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING BY AVOIDING TORSIONALLY FLEXIBLE SYSTEM

A. Toteva¹, J. Milev², N. Milev³, G. Georgiev⁴, D. Filatova⁵, P. Dyulgerov⁶

Keywords: seismic behavior, reinforced concrete structures, torsionally flexible system

Research area: seismic design of reinforced concrete structures

ABSTRACT

Analysis of the seismic behavior of a seven-storey office building has been carried out. The seismic structure includes reinforced concrete shear walls and cores and is classified as wall system according to Eurocode 8. Two cases of wall distribution in plan are considered. In the first case the system is torsionally flexible and does not meet the requirements for regularity in plan due to the big eccentricity between the center of mass and center of rigidity. In the second case two of the shear walls are translated horizontally and one is rotated. This leads to significant increase in torsional stiffness and the torsionally flexible system is avoided, thus decreasing the seismic forces and improving the economic performance. Because of the irregular shape in plan the forces in shear walls located along the perimeter are comparatively high. That is the reason a composite section to be used for the coupling beams of one of the shear walls.

¹ Aneta Toteva, Eng., "Yoda" Ltd, Sofia, 10 Kупenite Str., e-mail: office@yoda-bg.com

² Jordan Milev, Prof. Dr. Eng., Dept. "Reinforced Concrete Structures", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: j.milev@yoda-bg.com

³ Nikolay Milev, Eng. PhD student, Dept. "Geotechnics", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: n.milev@yoda-bg.com

⁴ Georgi Georgiev, Eng., "Yoda" Ltd, Sofia, 10 Kупenite Str., e-mail: office@yoda-bg.com

⁵ Diana Filatova, Eng., "Yoda" Ltd, Sofia, 10 Kупenite Str., e-mail: office@yoda-bg.com

⁶ Pavel Dyulgerov, Eng., "Yoda" Ltd, Sofia, 10 Kупenite Str., e-mail: office@yoda-bg.com