

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. 12 – III
fasc.

СЕЙЗМИЧНО УСИЛВАНЕ НА ВИСОКИ СГРАДИ С ВЪНШНА СТОМАНЕНА КОНСТРУКЦИЯ

Д. Филатова¹, Н. Милев², Г. Георгиев³, Й. Милев⁴,
А. Тотева⁵, П. Дюлгеро̀в⁶

Ключови думи: сейзмично усилване, стоманена конструкция, виброгасящи устройства

Научна област: възстановяване и усилване на съществуващи конструкции

РЕЗЮМЕ

Разгледан е пример за сейзмично усилване на четиринадесететажната стоманобетонна конструкция на Факултета по дентална медицина към МУ, гр. София. Сградата е проектирана и изпълнена в края на 60-те години на миналия век. В резултат на направените анализи и обследване на носещата конструкция е установено, че конструктивната система от колони и плоски греди е с недостатъчна коравина и носимоспособност за сейзмичното осигуряване на сградата. Приложеното решение за усилване с външна стоманена конструкция осигурява запазване на архитектурно-функционалното решение и не налага спиране на експлоатацията на сградата по време на изпълнението на сейзмичното усилване.

¹ Диана Филатова, инж., „Йода” ООД, София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

² Николай Милев, инж. докторант, кат. „Геотехника”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: n.milev@yoda-bg.com

³ Георги Георгиев, инж., „Йода” ООД, София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

⁴ Йордан Милев, проф. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: j.milev@yoda-bg.com

⁵ Анета Тотева, инж., „Йода” ООД, София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

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

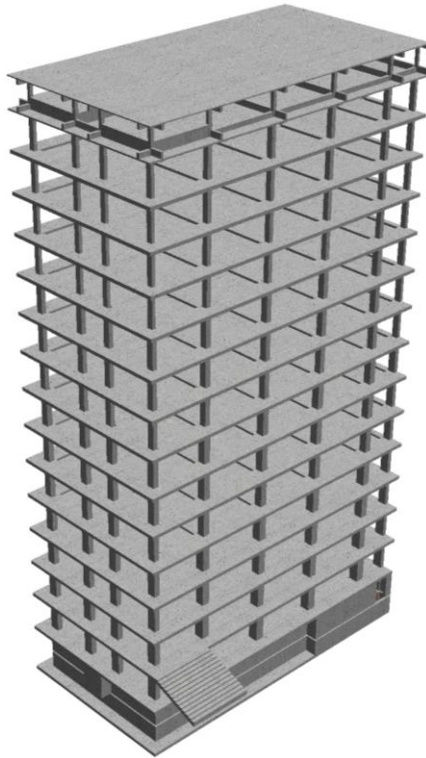
1. Въведение

Разгледана е сградата на Факултета по дентална медицина към МУ, гр. София. Причина за изследването е сериозните повреди, които сградата е претърпяла по време на слабото за района на гр. София земетресение от 22.05.2012 г. (вж. [5] и [6]). Тогава в сградата са регистрирани значителни повреди в неконструктивни елементи в горните етажи и особено над десетия. Това е наложило конструктивно обследване на сградата с цел изработване на технически паспорт, съгласно който се налага сеизмично усилване на носещата конструкция на сградата. Цел на настоящата разработка е да бъде представен един нов за българската строителна практика метод за сеизмично усилване на високи сгради, който не е прилаган у нас, макар и да намира широко приложение в страни със степен на сеизмичния риск, съпоставим с този в България. Методът за сеизмично усилване с външна стоманена конструкция е много подходящ за сравнително високи сгради, например 10 – 20-етажни. Оказа се, че много такива сгради в България, строени преди 1987 г., са с големи сеизмични проблеми (вж. [6]).

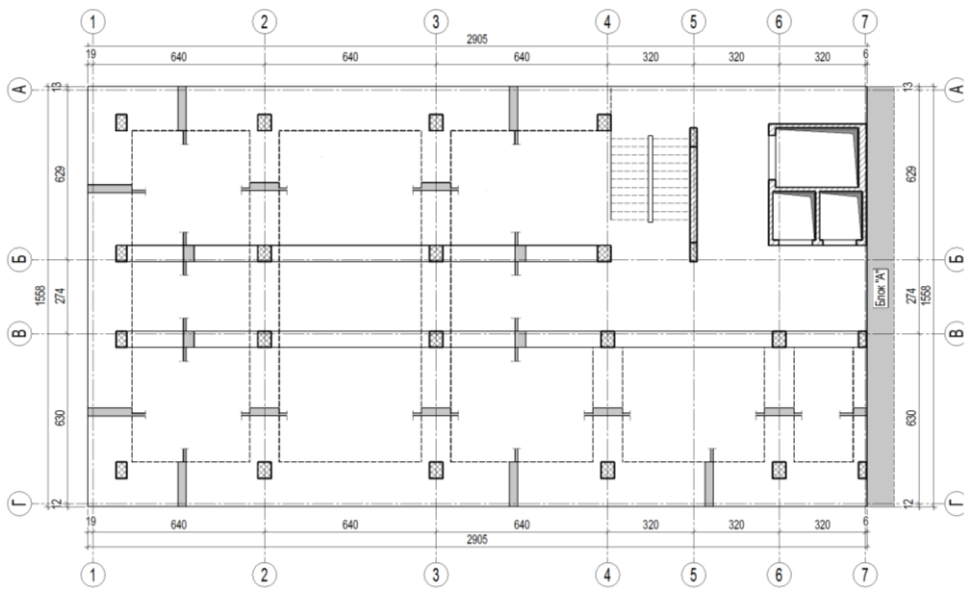
2. Сеизмична оценка на съществуващата сграда

Сградата е проектирана и изпълнена в края на 60-те години на миналия век. Тя е сравнително висока – четиринадесететажна, със стоманобетонна носеща конструкция. В резултат на направените анализи и обследване на носещата конструкция е установено, че конструктивната система например на блок А', е от колони и обратни плоски греди плюс едно, разположено в края асансьорно ядро и една стена от стълбищната клетка (вж. фиг. 1 и 2). Ядрото и стената влошават значително сеизмичното поведение на сградата, като правят конструкцията ѝ много чувствителна за усукване. Най-вероятно сградата е изследвана за земетръс съгласно българските сеизмични норми от 1964 г. [1].

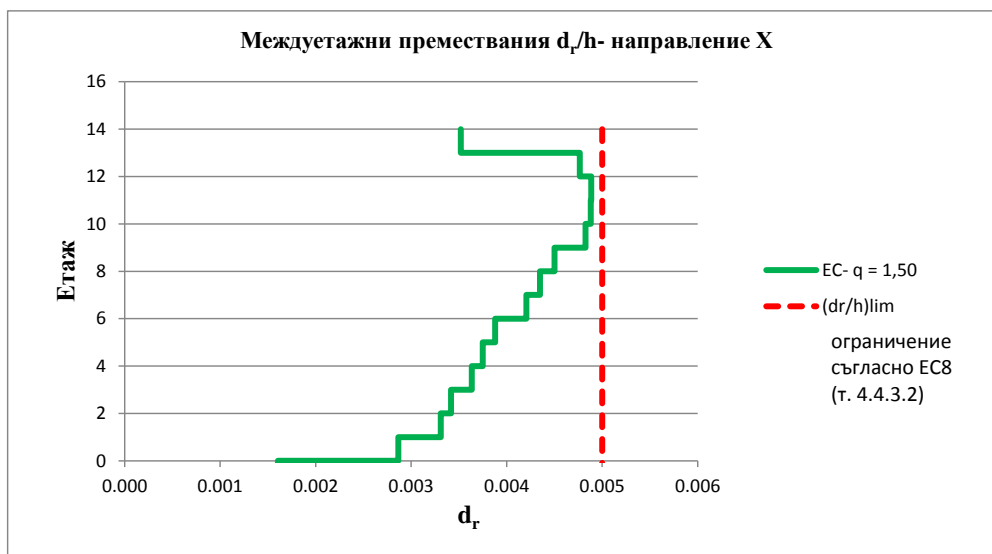
За целта на разработването на проект за сеизмично усилване на сградата е оценена сеизмично съществуващата ѝ носеща конструкция. Изследванията са проведени в съответствие с изискванията на Еврокод 8, части 1 и 3 [2]. Поради сравнително недостатъчните данни за армирането и конструирането на елементите, поемащи сеизмичното въздействие, при сеизмичната оценка е използван метод с коефициент на поведение $q = 1.5$, така както се изисква в [2]. За целта е разработен и изследван пространствен модел на сградата. Относителните междуетажни премествания по късата страна на сградата при проверката за ограничаване на повредите са показани на фиг. 3, а периодите на свободни трептения за първите няколко форми са както следва: $T_1 = 2.62$ s (предимно усуквателна), $T_2 = 2.21$ s (предимно трансляционна в напречно направление), $T_3 = 1.85$ s (предимно усуквателна). Оценката на Р-Δ-ефекта показва, че той също е със значителен принос. Допълнително не са удовлетворени проверките за носимоспособност в сеизмична изчислителна ситуация на значителна част от сеизмичните стоманобетонни елементи. Основният извод от анализа на съществуващата конструкция на сградата е, че носещата ѝ конструкция е с недостатъчна коравина и носимоспособност за сеизмичното ѝ осигуряване. Освен това времето, когато сградата е строена (60-те години на миналия век), дава основание да се мисли, че конструкцията ѝ няма почти никаква дуктилност, защото българските сеизмични норми от 1964 г. не са изисквали осигуряване на стабилно нееластично поведение на сградите.



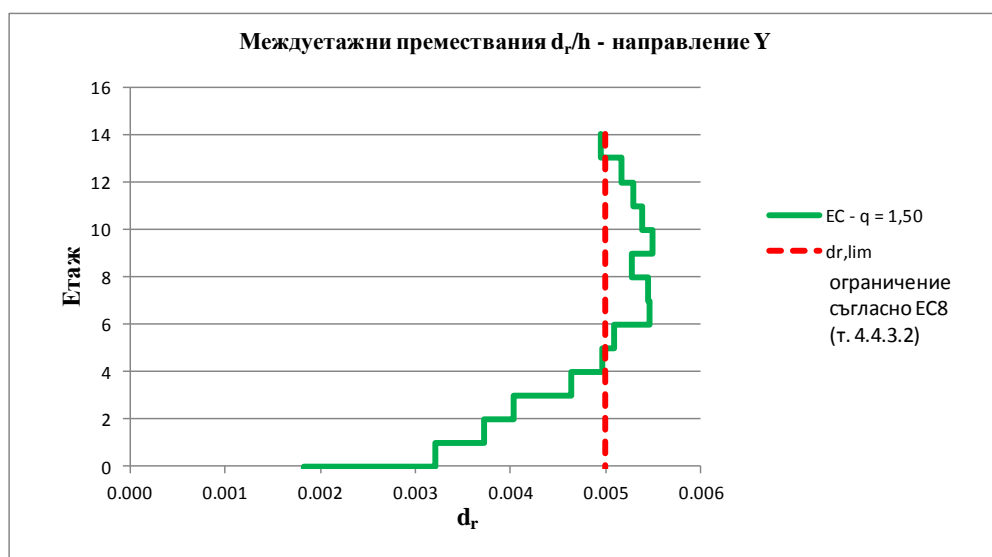
Фиг. 1. Пространвен модел на съществуващата конструкция



Фиг. 2. Котражен план на съществуващата конструкция на типов етаж от блок А



Фиг. 3. Относителни междуетажни премествания в направление X (надлъжно)



Фиг. 4. Относителни междуетажни премествания в направление Y (напречно)

3. Избор на стратегия за сеизмичното усилване на сградата

По-подробен анализ на различните стратегии за сеизмично усилване е даден например в [3] и [4]. Фактът, че сградата има значителни проблеми както с коравината, така и с носимоспособността и дуктилността при сеизмично въздействие, налага избор на стратегия на сеизмично усилване, която изключва усилването на отделни конструктивни елементи, т.е. изключени са като неподходящи много модерните в българската

строителна практика методи с външно залепена полимерна армировка. Търсен е вариант за усилване, с който се подобряват както носимоспособността, коравината на сградата, така и дуктилността ѝ, доколкото е възможно. Допълнителни проблеми за намиране на решение са и изискванията за минимално спиране на сградата от експлоатация. Т.е. на практика сградата трябва да функционира почти непрекъснато.

Изследвани са варианти само с вграждане на стоманени връзки и стоманобетонни стени вътре в сградата (вж. [3] и [4]), но след изследването им те са отхвърлени поради следните причини:

- невъзможност да се осигури носимоспособността на вградените нови елементи – стоманени връзки или стени;
- прилагането на такива методи налага спиране на функционирането на сградата за значителни периоди от време, което не е допустимо в конкретния случай;
- налага се сериозно усилване на съществуващото фундиране, което е скъпа и трудоемка операция.

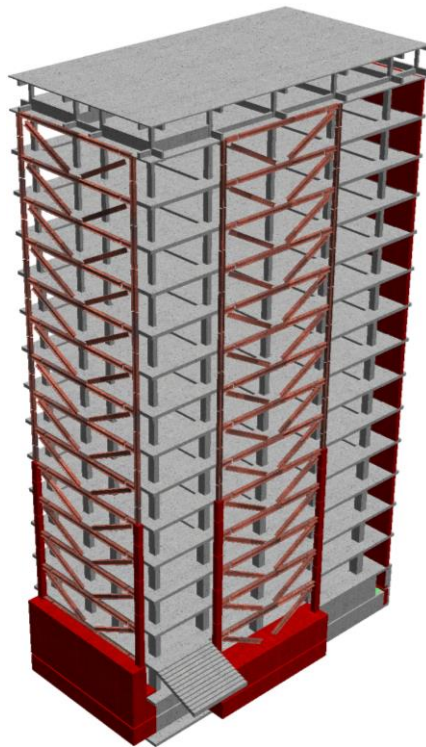
Поради тези причини е избран един нов за българската строителна практика метод за сеизмично усилване – прилагане на външна стоманена конструкция. Този начин за сеизмично усилване е прилаган от години в страни със сеизмичен риск, съпоставим с този на България. Методът даже е разглеждан в някои стандарти за сеизмично усилване (вж. напр. [3]). Предимствата на метода са както следва:

- спирането на функционирането на сградата е за сравнително кратък период от време съгласно наложените изисквания;
- няма значителна промяна в съществуващото архитектурно и функционално решение;
- външната стоманена конструкция се изпълнява на собствено фундиране, което обикновено само се свързва със съществуващото и се елиминират значително тежките и скъпи интервенции в съществуващата фундаментна конструкция.

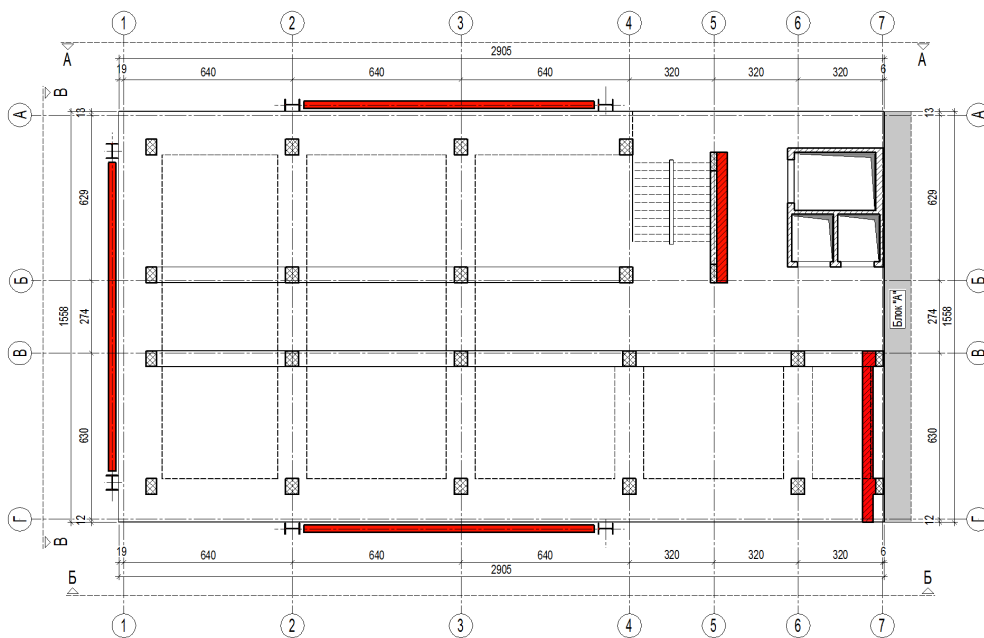
За недостатък на метода в България се счита значителната интервенция в съществуващата фасада на сградата. В други страни, като Япония например, това не се счита за недостатък, а даже се класифицира като предимство, защото придава сигурен, съвременен и технологичен вид на сградата. Трябва да се има предвид, че в много случаи методът за сеизмично усилване с външна конструкция е единствено възможен за високи сгради, ако се изключат високотехнологичните и скъпи методи с виброгасящи устройства, сеизмична изолация и др.

4. Реализация на избраната стратегия за усилване

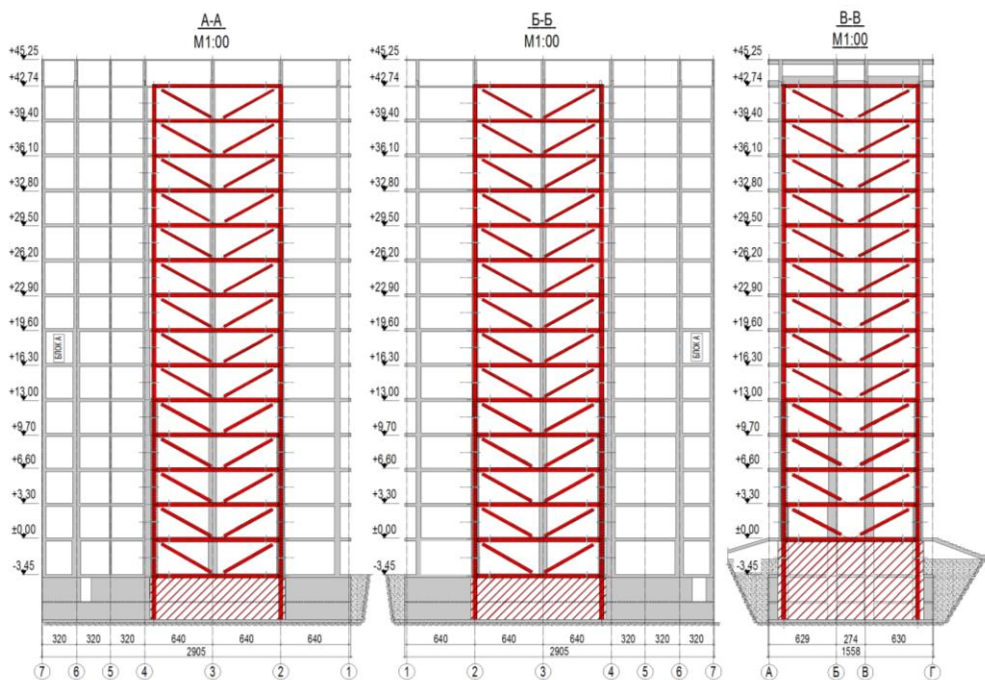
За избраната стратегия за усилване е разработен проект. Схема на приложената конструкция е дадена на фиг. 5 ÷ 7. Поради наличието на съседно тяло на фуга (тяло А') е възможно прилагането на външна стоманена конструкция само по трите страни на сградата. Това наложи вграждането и на две допълнителни стоманобетонни стени – едната всъщност усилва съществуваща стена от стълбищната клетка, а другата е разположена в съществуваща рамкова конструкция по стената до фугата. Наличието на фундаментна конструкция на сградата тип, корава кутия, води до минимизиране на интервенциите във фундирането заради приложените две допълнителни стени.



Фиг. 5. Модел на конструкцията след сеизмично усилване с външна стоманена конструкция

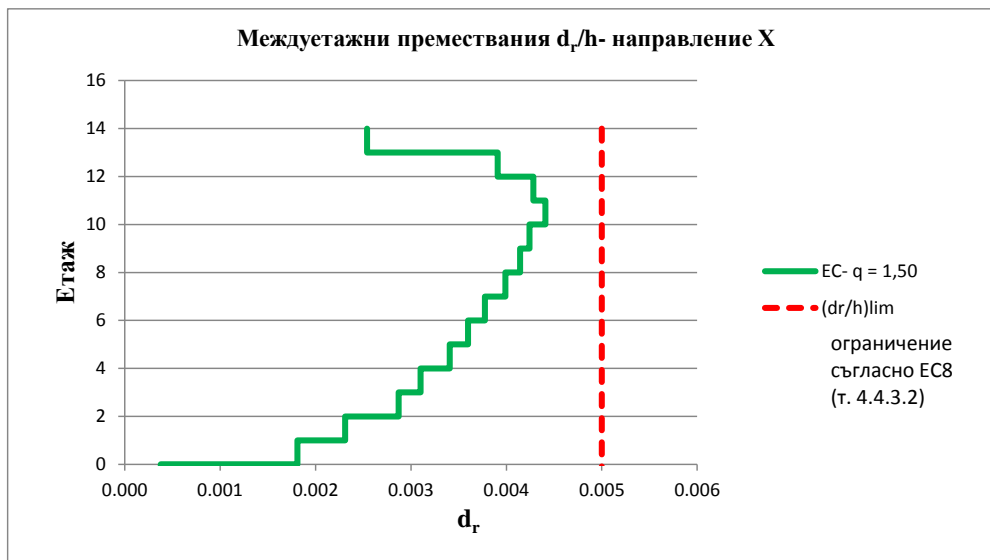


Фиг. 6. Котражен план на типов етаж след усилване на конструкцията



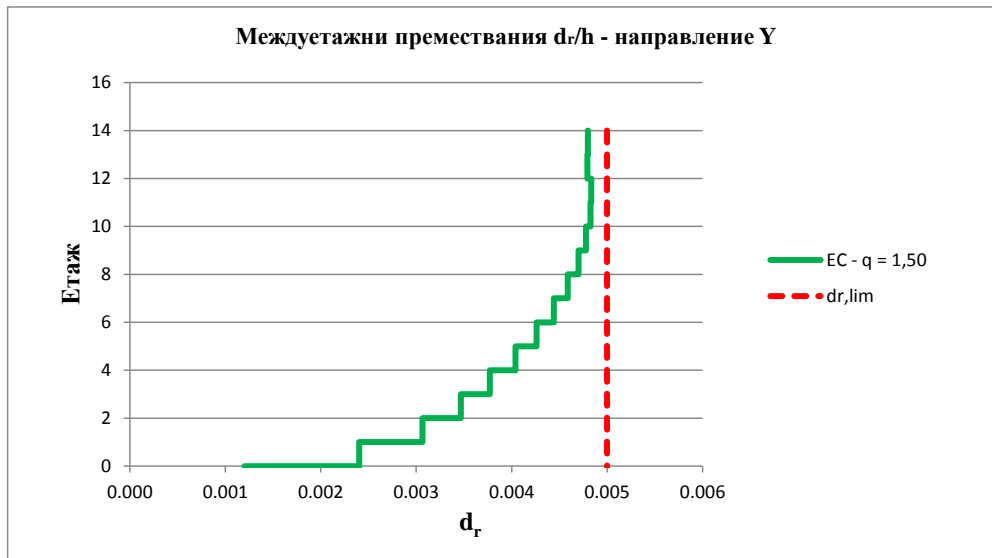
Фиг. 7. Вертикални изгледи на конструкцията след усилване

За усилената сграда е прието, че съществуващите стоманобетонни елементи – колони, ядро и др. са второстепенни елементи съгласно класификацията на [2]. Тези елементи са изследвани съгласно изискванията на [2]. Когато се налага, второстепенните елементи се усилват локално.

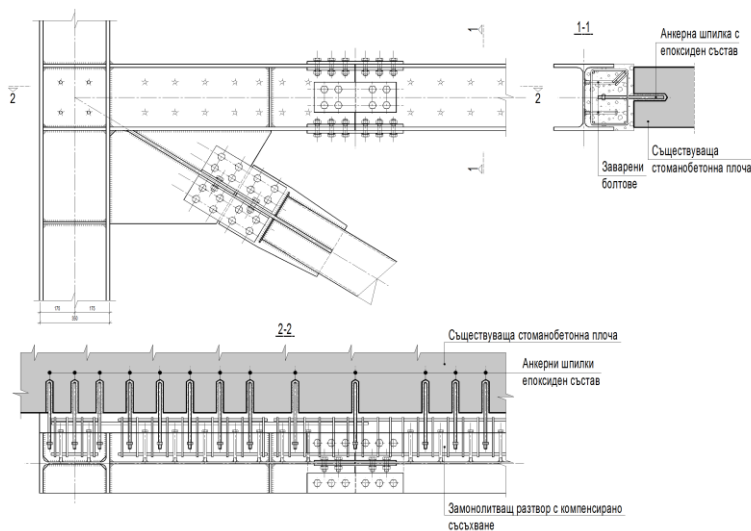


Фиг. 8. Относителни междуетажни премествания в направление X (надлъжно) след усилване

Значително подобреното сеизмично поведение на сградата се вижда от представените относителни междуетажни премествания на фиг. 8 и фиг. 10. Допълнително периодите на свободни трептения за първите няколко форми са както следва: $T_1 = 2.35$ s (предимно транслационна в напречно направление), $T_2 = 2.27$ s (предимно транслационна в надлъжно направление), $T_3 = 1.39$ s (предимно усуквателна). Оценката на P- Δ -ефекта показва, че той е в съответствие с изискванията на [2].



Фиг. 9. Относителни междуетажни премествания в направление Y (надлъжно) след усилване



Фиг. 10. Детайли за връзка между съществуващата и усилящата конструкция

Основен проблем при сеизмичното проектиране на сгради с външна стоманена конструкция е осигуряването на връзка между съществуващата стара стоманобетонна сграда и новата конструкция, включително и на фундирането.

Поради липсата на третиране на този проблем в [2] са използвани препоръките, дадени в [3] и японският опит. Детайл на връзката между старата и новата конструкция е даден на фиг. 10.

Очакваният визуален резултат от сеизмичното усилване е показан на фиг. 11. По мнение на авторите, той е впечатляващ и дава нов, съвременен облик на сградата.



Фиг. 11. Визуализация на проектното решение върху фасадата на сградата

5. Изводи

Проведените изследвания, представени накратко в настоящата разработка, дават възможност да бъдат направени следните основни изводи:

- Разгледаният метод за сеизмично усилване с външна стоманена конструкция дава възможност за ефективно усилване на сравнително високи сгради в България.
- При реализацията на метода особено внимание трябва да се обръща на връзката между старата и новата конструкция, включително и на ниво фундиране.
- Еврокод не дава достатъчно конкретни указания за прилагане на метода, но напълно достатъчна информация по проблема може да бъде намерена в японския стандарт за сеизмично усилване и в японската практика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правилник за проектиране в земетръсни райони от 1964.
2. БДС EN 1998 Еврокод 8: Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия. Част 1 и 3 + Национални приложения.
3. Standard for Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Buildings, (in Japanese). Japan Building Disaster Prevention Association, 2001.
4. Милев, Й. Съвременни методи за сеизмично усилване на сгради със стомано-бетонна конструкция и приложимостта им в българската строителна практика. Международна юбилейна научно-приложна конференция УАСГ2012.
5. Милев, Й. Земетресението в Перник и София от 22.05.2012 – тест за българските сгради и нормативна база. Международна юбилейна научно-приложна конференция УАСГ2012.
6. Милев, Й. Сеизмично поведение на някои сгради, изпълнени по типични за българската практика конструктивни системи по време на земетресението в Перник и София от 22.05.2012. Международна юбилейна научно-приложна конференция УАСГ2012.

SEISMIC RETROFITTING OF HIGH RISE BUILDINGS WITH EXTERNAL STEEL STRUCTURE

D. Filatova¹, N. Milev², G. Georgiev³, J. Milev⁴, A. Toteva⁵, P. Dyulgerov⁶

Keywords: seismic retrofit, steel structures

Research area: retrofitting and strengthening of existing structures

ABSTRACT

This paper deals with the seismic retrofitting and strengthening of the fourteen-storey reinforced concrete structure of the Dental Faculty of the Medical University in Sofia. The existing structure is designed and completed in the 1960s. As a result of the performed structural survey and analysis it was determined that the load bearing frame structure, comprised of columns and flat beams, does not have sufficient rigidity and bearing capacity to withstand seismic actions. By adopting external steel structure, difficulties regarding the building functionality are avoided and it can remain operational during the execution of retrofitting works.

¹ Diana Filatova, Eng., “Yoda” Ltd, 10 Kупenite St., Sofia, e-mail: office@yoda-bg.com

² Nikolay Milev, Eng., PhD student, Dept. “Geotechnics”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: n.milev@yoda-bg.com

³ Georgi Georgiev, Eng., “Yoda” Ltd, 10 Kупenite St., Sofia, e-mail: office@yoda-bg.com

⁴ Jordan Milev, Prof. Dr. Eng., Dept. “Reinforced Concrete Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: j.milev@yoda-bg.com

⁵ Aneta Toteva, Eng., “Yoda” Ltd, 10 Kупenite St., Sofia, e-mail: office@yoda-bg.com

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