

## ОПТИМИЗИРАНЕ УСИЛИТЕЛНИТЕ ДЕЙНОСТИ В ОСНОВИТЕ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИЯ НА СГРАДИ

Николай Жечев<sup>1</sup>, Рафаил Рафаилов<sup>2</sup>

### "OPTIMIZING STRENGTHENING ACTIVITIES IN FOUNDATIONS DURING BUILDING RECONSTRUCTION"

Nikolay Zhetchev<sup>1</sup>, Rafail Rafailov<sup>2</sup>

#### **Abstract:**

*A major reason for the ineffectiveness of the strengthening measures stems from the general design scheme adopted in practice. With this scheme, it becomes a classic reinforcement of practically all elements of the building overloaded by the current impacts and the addition of new washers and columns until the requirements of the Eurocode are met. The application of this approach finds a lack of capacity in the elements and the reinforcement is constructed taking into account geometric dimensions, but not the available security of the building proven during the time of operation. There are cases where some of the premises are unavailable due to another owner. Despite this fact, the application of the scheme continues and all parts except the inaccessible ones are strengthened. Due to the listed shortcomings of the implemented radical reinforcements, in practice there are either accidents found, or the authentic value of buildings and monuments of national and international importance is permanently deformed. This report is dedicated to the constructive optimization of strengthening activities in the foundations of existing buildings. An analysis was made and an approach was proposed to optimize the foundation during building reconstruction. The basic principles for reconstructing the entire load-bearing system of the buildings derive from the research.*

#### **Keywords:**

*building, reconstruction, strengthening, foundations, earthquake, piles*

### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

В практиката често се налага съществуващи сгради да бъдат реконструирани и усилявани. Конструктивната интервенция е основана или на смяна на предназначението с удовлетворяване на актуалните нормативни изисквания или на необходимостта от възстановяване на автентичната сигурност. Казусът касае основно знакови сгради в

<sup>1</sup> Николай Жечев, проф. д-р инж. катедра „Подземно строителство“ Минно-технологичен факултет, МГУ“Св.Иван Рилски“, [n\\_rafailov@abv.bg](mailto:n_rafailov@abv.bg)

<sup>2</sup> Рафаил Рафаилов, гл. ас. д-р инж. катедра „Подземно строителство“ Минно-технологичен факултет, МГУ“Св.Иван Рилски“, [n\\_rafailov@abv.bg](mailto:n_rafailov@abv.bg)

<sup>1</sup>Nikolay Zhetchev, prof. PhD eng, Department of Underground Construction, Faculty of Mining Technology, University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski” [n\\_rafailov@abv.bg](mailto:n_rafailov@abv.bg)

<sup>2</sup>Rafail Rafailov, Senior Assistant, PhD eng, Department of Underground Construction, Faculty of Mining Technology, University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski” [r\\_rafailov@abv.bg](mailto:r_rafailov@abv.bg)

централната част на селищата и сгради паметници на културата от национално и международно значение [1].

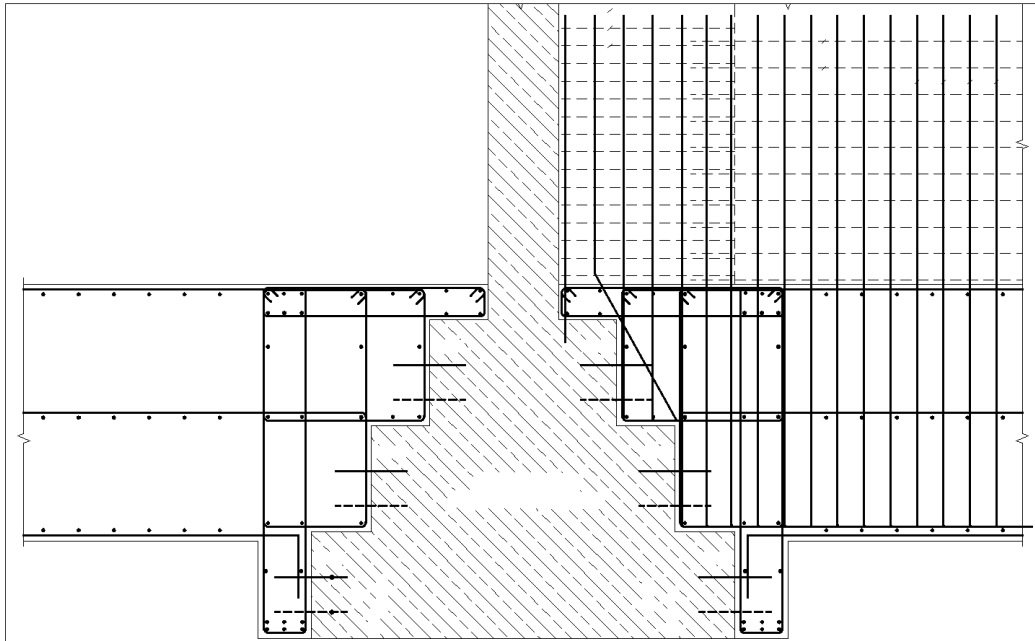
В повечето случаи инвеститори и проектантите предпочитат да бъдат изпълнявани усилващи дейности с които да обезпечат сигурността на сградите в съответствие с действащите в момента норми на Еурокод. Този подход по принцип е позитивен, но в много случаи се достига до негативни ефекти за сигурността, сроковете за строителство и изразходваните средства.

Основна причина за неефективността на усилващите мерки произтича от възприетата в практиката обща схема на проектиране. При тази схема става класическо усилване практически на всички елементи от сградата претоварени от актуалните въздействия и добавка на нови шайби и колони докато се удовлетворят изискванията на Еурокод. Прилагането на този подход констатира недостиг на капацитет в елементите и усилването се конструира с отчитане на геометрични размери, но не и на наличната сигурност на сградата доказана във времето на експлоатация. Има случаи при които част от помещенията са недостъпни поради друг собственик или налични комуникации. Въпреки този факт прилагането на схемата продължава и се усилват всички части извън недостъпните, което е нормативно неиздържано. Поради изброените пропуски на реализираните радикални усилвания, в практиката има или констатирани аварии, или автентичната стойност на сгради и паметници от национално и международно значение е трайно деформирана.

Настоящият доклад е посветен на конструктивното оптимизиране на усилителните дейности в основите на съществуващите сгради, но от подхода и резултатите от направеното изследване произтичат и ефективните подходи за реконструкция на цялата носеща система на сградите.

## **2. ПРАКТИКА ПРИ УСИЛИТЕЛНИТЕ ДЕЙНОСТИ В ОСНОВИТЕ НА СГРАДИТЕ**

Настоящата практика не изхожда от изискванията към показателите на земната основа в условията на реконструкция, а от интересите на строители и инвеститори. Така с цел увеличение на фундаментните площи се стига до реализация значителни маси стоманобетон, които вместо да увеличат сигурността на фундирането довеждат до влошаване на състоянието на сградата (Фиг. 1)



Фиг.1: Типов детайл прилаган в практиката при усилване на бетонни фундаменти

При констатиране на подобен детайл, би следвало да се припомни известна закономерност според която би следвало да бъде изработен проекта. Увеличението на товарната плоскост на съществуващите плоски фундаменти не може да спре вредните вертикални слягания поради факта, че уплътнената под стъпката почва притежава по-висок деформационен модул от ненатоварената земна основа встрани от фундамента. За да може уширената основа на фундамента ефективно да поема експлоатационните товари на сградата е необходимо земната основа в обсега на уширението на бъде предварително консолидирана [2]. Тази консолидация се постига с предварително натоварване и уплътняване с помощта на маслени крикове или с използване на пилоти с конструктивни мерки за активиране на земната основа от затежаване или предварително напъгане.

От показания на Фиг.1 типов детайл на усилване произтичат четири главни последствия върху сигурността на сградата.

Първо – сляганията извън съществуващия фундамент причинени от теглото на усилващия стоманобетон и експлоатационните товари претоварват съществуващата фундаментна стъпка с което се превишава допустимото почвено съпротивление заложено в автентичния проект;

Второ – обединяването на стъпки от неармиран бетон с ниски якостни качества със здрав стоманобетон по актуалните норми, при реализиране на сляганията довежда до разрушение в конзолните участъци на съществуващия фундамент. Това последствие остава като скрит дефект, но води до допълнително претоварване на земната основа под съществуващите стъпки;

Трето – земетръсните усилия в ръбовата зона на усилващи стоманобетонни шайби и колони поради предвиденото свързване между стар и нов бетон се концентрират основно върху съществуващите фундаменти с което увеличават претоварването им;

Четвърто - 3D анализът по крайни елементи от земетръсна комбинация показва значително претоварване с опънни напрежения в ядровата зона на съществуващите бетонни фундаменти което би причинило друг скрит дефект от разпукване на съществуващото фундиране в зоната под колоните на автентичната сграда.

Като общ резултат, прилаганият в практиката подход освен увеличен разход на труд и средства, довежда до стоманобетонни заливания на увеличени площи. Тези площи

стоманобетон внушават на инвеститорите сигурност, но са бомба със закъснител, която прикрива раздробена структура на съществуващите основи с пластифицирана земна основа под тях, причинени от неправилна конструктивна интервенция. Изброените последици намаляват сигурността и експлоатационния срок на усилената сграда.

### 3. ПРЕДЛАГАН ПОДХОД ПРИ УСИЛВАНЕ НА СЪЩЕСТВУВАЩО ФУНДИРАНЕ

При реконструкция на съществуващи сгради има промени във вертикалните постоянни и временни товари. За земетръсните въздействия сградата следва да бъде осигурена според актуалните норми.

Промените на постоянните товари може да са претоварване или разтоварване чрез отстраняване на тежки настилки. Временните товари обикновено са увеличени. При установяване на недостиг в капацитета на подовите конструкции се налага съществуващите подове да бъдат усилены. При олекотяване на общото вертикално въздействие наличната конструкция е достатъчна. И в двата случая възприемането на вертикалните товари се отразява основно на съществуващата конструкция и дава принос на нейната сеизмична осигуреност.

Особеността на задачата при проектиране на усилящата конструкция за обезпечаване на земетръсната устойчивост е в практическата липса на вертикални усилия от съществуващата част – остават за поемане части от временните товари, и усилящите елементи са подложени на почти чисто огъване. От последния факт произтичат и мерките за конструиране на контакта със земната основа под формата на микропилоти.

Концепцията за моделиране на земетръсното въздействие на сградата и влиянието му върху решението на начина на фундиране и се изгражда върху две основни предварителни условия валидни при всяка реконструкция .

Първо – всяка сградата е устояла без никакви нарушения от земетресение с максимален през годините магнитуд, който е необходимо да бъде приведен към актуалната нормативна скала MSK. Тогава еквивалентното референтно ускорение за което сградата е практически проверена експериментално за сеизмична устойчивост е  $k_1 \cdot g$  .

Второ – често поради различни собственоности или налични комуникации част от сградата е недостъпна за усиление на фундирането. При наличие на недостъпни зони от нормативни съобръжения се изключва концепцията за усиление на всички съществуващи елементи и фундаментни стъпки. При търсене на усиление на всички елементи за актуалната степен с референтно ускорение  $k_2 \cdot g$  биха се претоварили фундаментните стъпки и няма нормативна обосновка да бъдат усилявани изборително само фундаментите извън недостъпната зона.

От упоменатите две предварителни условия произтича и формолировката на изчислителен модел със схема максимално близка до действителното поведение на сградата.

На първо място се отчита референтното ускорение от  $k_1 \cdot g$  , което сградата може доказано да поеме без нарушение на автентичната и сигурност. За проверка се построява изчислителен модел на съществуващата конструкция – Модел 1 с отчитане на пространствената работа, и за актуалните товари след реконструкцията се проверяват елементите на сградата. В случай, че елементите имат капацитет да понесат регистрираното в годините въздействие се търси до каква стойност референтното ускорение  $k_1 \cdot g$  може да нарастне без да бъде нарушена сигурността, т.е автентичното

референтно ускорение може да бъде завишено. В обратния случай – когато има недостиг на носещ капацитет в елементите, автентичното референтно ускорение  $k_1 \cdot g$  се занижава.

Остава с допълнителна усилваща конструкция - Модел 2 , да бъде поето референтно ускорение

$$k \cdot g = k_2 \cdot g - k_1 \cdot g \quad (1)$$

Това е необходимото условие за адекватно усилване на сградата. За да се достигне до достатъчното условие, допълнителните конструктивни средства трябва да отговарят на пет основни изисквания [3], [4],:

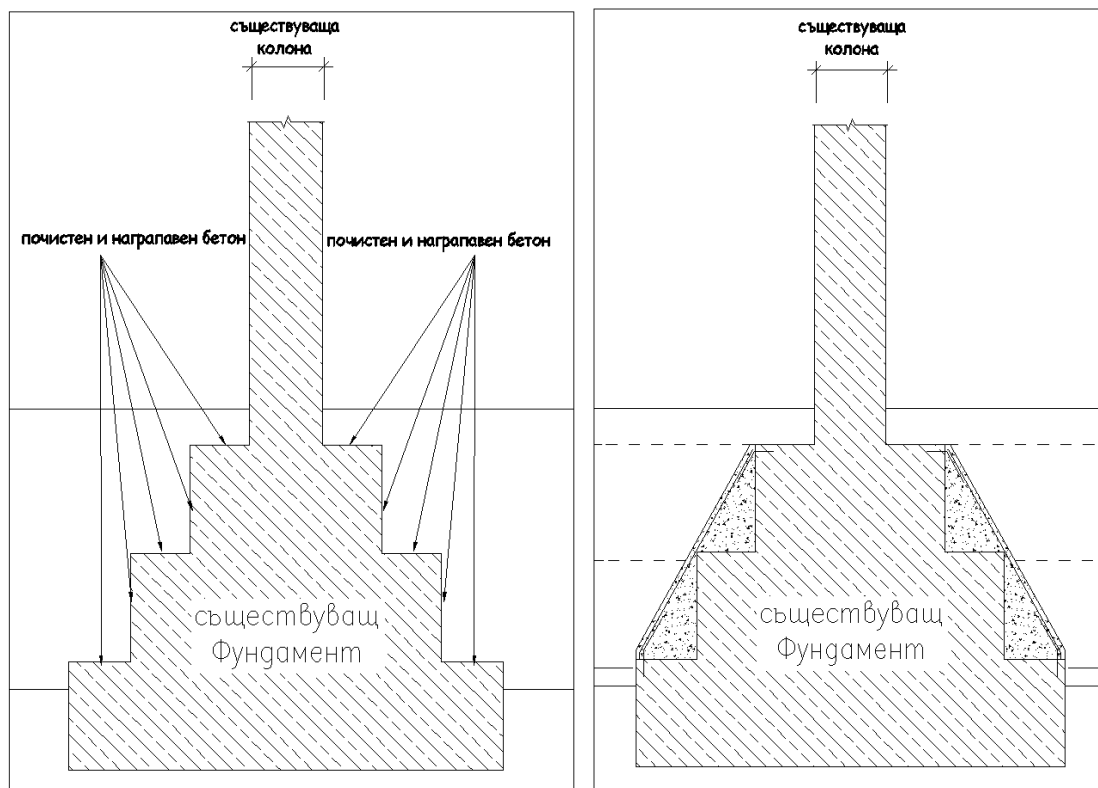
В сградата да бъдат предвидени нови шайби и колони, които да бъдат фундирани на самостоятелни фундаменти;

Изпълнението и експлоатацията на новите фундаменти да не претоварва съществуващите фундаментни стъпки с товари превишаващи автентичната експлоатация заложиени в проекта на съществуващата сграда;

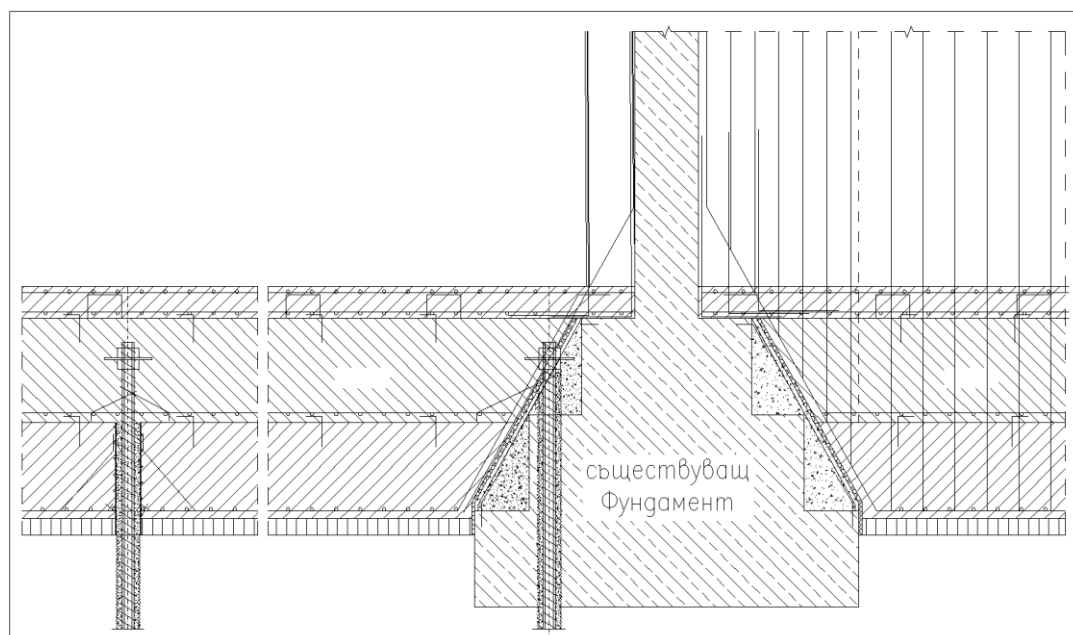
Допълнителните усилия от земетръсни товари в размера на  $k \cdot g$  да се концентрират към новите фундаменти, които на практика да бъдат неслегаеми – т.е да съответстват на консолидираното състояние на сградата, и с коравина превишаваща съществуващото фундиране;

1. Да съвпада поведението на първите три форми на собствено трептене по Модел 1 и Модел 2, т.е центровете на коравина на съществуващата и усилващата конструкция да са близки к което да не се допусне трансляционна форма да бъде заместена с ротационна и обратно;
2. Периодът на собствени трептения и сумарните хоризонтални премествания от земетръс получени по Модел 1 и Модел 2 да се различават в рамките на 10%. Това е необходимо, за да не бъдат отчетени занижени стойности от спектъра на реагиране, респ. да бъде елиминирано занижение на сеизмичните сили, както и да бъде осигурена съвместна работа между съществуваща и усилващата конструкция.

Тези пет условия в проекта би следвало да се изпълнят със следните конструктивни мерки. На първо място за увеличение на обемната якост се стабилизират с армиран пръскан бетон до гладка наклонена повърхност всички съществуващи фундаментни стъпки в зоната на контакта с новите фундаменти. (Фиг.2, 3). Получената пресечена пирамида на стъпките се облепва със стиропор, предназначен да бъде деформационен буфер срещу претоварване от монолитното изпълнение, слягането и работата при земетръс на новите фундаментни части.



Фиг.2: Подготовка и усилване на съществуващи фундаменти



Фиг.3: Детайл на контакта между усилваща конструкция и съществуващи основи

На второ място – новите фундаментни части са предвидени в съчетание със стоманени микропилоти (Фиг.3). Микропилотите са ефективно средство за трансформиране на основните усилия на усилващите елементи от огъващите моменти в осови товари в дълбочина на земната основа. Изпълняват се след първия етап на бетониране на новите основи. Задействането на пилотното фундиране е препоръчително да стане при втори етап от изпълнението на новия фундамент. Това технологично решение

поставя преминаващите през съществуващите стъпки микропилоти в същите условия на работа като останалите извън контакта със съществуващото фундиране.

За предотвратяване на евентуални „плаващи фундаменти“ при поемане на хоризонтални сили от земетръс се предвижда замяна на съществуващата настилка с двойно армирана стоманобетонна плоча – трети етап на бетониране. Тази настилка замества съществуващ бетон и не е допълнителен товар върху наличните фундаменти.

За осигуряване на съвместната работа между съществуващото консолидирано фундиране и новите фундаментни части с микропилоти е необходимо да бъде направена проверка за сляганията дали теглото на усилящата конструкция в сутерена със взаимодействие с микропилотите е достатъчно да погаси сляганията в земната основа извън фундаментите на сградата. Използва се формула от [5], която тук е модифицирана с

$$w = \frac{(P_0 - \gamma \cdot h - P_{pil}) \cdot H \cdot (\alpha_{z,1} + \alpha_{z,2} + \alpha_{z,3})}{4 \cdot E} \quad (2)$$

В случай, че теглото на усилящата конструкция в сутерена не погасява сляганията в пилотното фундиране се налага земната основа да бъде доуплътнена с предварително налягане на микропилотите при втори етап на бетониране с използване на подпорни стоманени столчета.

За проверка е препоръчително да се реализира Модел 3 – съществуващата конструкция моделирана съвместно с усилящата под действие на общото режерентно ускорение  $k_2 \cdot g$ . Стойностите на усилията от двата модела следва да бъдат потвърдени и в общия Модел 3.

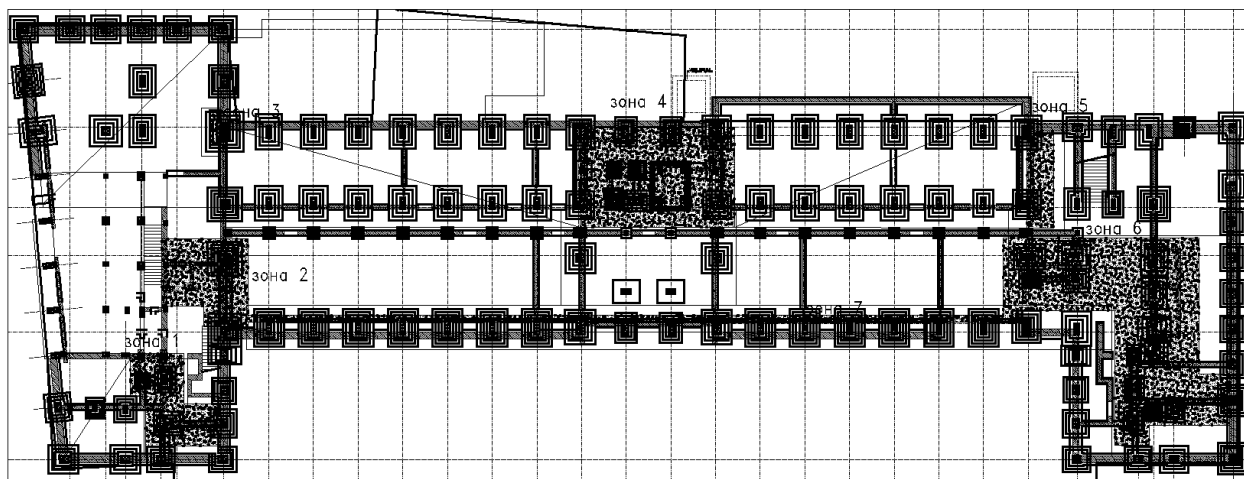
Съществен детайл на Модел 3 и изпълнението е обединяване на двата вида конструкции само на ниво хоризонтални плочи за общо възприемане на сеизмичното въздействие по системата „затворен камертон“. Подобно технологично разделяне между стар и нов бетон в рамките на етажите не е технологичен проблем и улеснява дейностите по реконструкция да се концентрират върху усилящите елементи, а съществуващите да бъдат рехабилитирани.

При срещаните случаи в практиката старата и нова конструкции се обединяват с дюбели, а основите се монтират микропилоти без обосновка на местата и начина им на работа. Обединението на конструктивни елементи в съвместна работа води до претоварване на съществуващите или до провокираното им усиление [6], [7]. Поставянето на микропилоти без да бъдат включени в описаната обща схема на изследване не само е безполезно, но може да нанесе конструктивни вреди заради неадекватни реакции на земната основа.

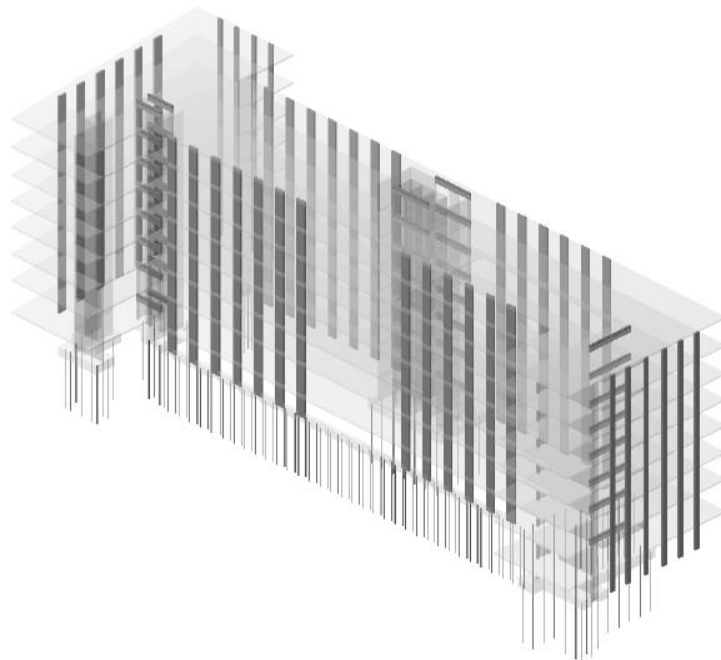
#### **4. ПРИМЕР НА ПРОЕКТНО РЕШЕНИЕ**

Предмет на проекта за фундиране е преустройваната за смяна на предназначението сграда да бъде обезпечена с фундаменти, които да притежават необходимата нормативна сигурност за 9-та степен по скалата на MSK.

Фундирането е решено между съществуващите фундаменти с фундаментни плочи в седем зони от сутерена на преустройваната сграда, Реализира се като комбинирана система на фундаментна плоча, усилена със стоманени инжекционни микропилоти (Фиг.4, 5). Микропилотите се осигуряват за усилия на опън и натиск чрез закотвяне в армировката на новите фундаменти.



Фиг.4: Зони на усилено фундиране при реконструкция на сградата. С наклонени линии са маркирани недостъпните зони в сутерена



Фиг.5: Изчислителен модел на усиляващата конструкция на сградата – Модел 2 и Модел 3

Принципната технологичната последователност при изпълнение на приложеното в примера фундиране е следната:

1. Разбиване и почистване в достъпните части на сградата на съществуващата настилка до горен ръб съществуващи фундаментни стъпки;
2. Огкопаване на посочените в проекта седем зони до котата за изпълнение на новото фундиране;
3. Почистване и награвяване на повърхностите на съществуващите фундаменти;
4. Полагане на изравнителен пръскан бетон с армировка по отстъпите на разкритите фундаментни стъпки. Залепване върху изравнените повърхности на стиропор;
5. Направа на подложен бетон;
6. Изпълнение на първи етап на фундаментната плоча. Залагане на фусове за шайби, колони и стени. Залагане на отвори за направа на инжекционни микропилоти;



7. Изпълнение на микропилоти върху първи етап на бетониране до кота ново фундиране. Пробиване на горната неармирана стъпка на съществуващите фундаменти, монтаж на стоманени микропилоти и запълването им до кота съществуващо фундиране. При необходимост на този етап може да се изпълни напъгане на микропилотите чрез стоманени столчета при недостиг на собствено тегло за консолидиране на сляганята в новата част;
8. Реализация на втори етап от фундаментната плоча съпроводено със запълване на сондажите в съществуващите стъпки непосредствено преди изливане на бетона;
9. Направа на трети етап на бетониране на фундамента съвместно със настилката в достъпната зона на сутерена;

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направените анализи произтича изводът , че усилващите дейности зависят от наличната сигурност на всяка сграда и подходът към всеки казус за реконструкция следва да бъде индивидуален.

При предвиждането на допълнителна усилваща конструкция следва да бъдат отчитани факторите на проектно въздействие за достигане на нормативна обезпеченост на сградата. Тези фактори на въздействие се изразяват чрез активна намеса в архитектурното решение за възможна реализация на усилващи елементи; дължината, диаметъра и напрегателната сила в прилаганите микропилоти; технологията на изпълнение, теглото и геометрията на фундаментната конструкция.

Посочените фактори на въздействие са система за режисиране на взаимодействието между земна основа и конструкция. Обединяването освен в плочите и по етажите между съществуващи и нови елементи изменя автентичната сигурност на основната сградна система. По същия вреден начин се отразява и изпълнението на микропилоти без да бъдат елемент от общата система на взаимодействие.

При предложения подход СМР са съсредоточени основно върху усилващата конструкция, а за съществуващите конструктивни елементи в случай, че не се превишават автентичните вертикални товари, ще се извърши само рехабилитация [8].

Всеки проект има характер на изследователска задача, но по този начин се гарантира качество, трайност, оптимизирана цена и съкратени срокове при реализация на реконструираните сгради.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Жечев Н., Актуални проблеми на сградния фонд на България, Научно-техническа конференция с межд. участие “Строителни конструкции-теория и практика” 09.2002г., В.Търново, Сборник доклади, стр.75-83 ;
- [2]. Жечев, Н.Р., Проблеми на усилването и възстановяването на функцията на елементите при реконструкцията на сгради от зидани конструкции, Велико Търново, Научно-техническа конференция с международно участие “Строителни конструкции – теория и практика”, Секция „ Реконструкция, усилване и санация на сгради и съоръжения“, 28-30.11.2000 г., Сборник доклади, стр. 17-25
- [3]. Zhechev N. (2014), Geological Problems In The Realization Of Underground Geotechnical Structures In Urban Environment, World Mining Congress and Expo, Istanbul
- [4]. Zhechev N., Antiseismic protection in the reconstruction of ground floors of the buildings from the beginning of 20-th century, International conference “New Trends in

---

Statics and Dynamics of Building”, p.237-240 ,Slovak University of Technology in Bratislava,10,2002, ISBN 80-227-1790-B

- [5]. Минков В., Фундиране, Техника, София, 1963
- [6]. Цветков С., Николов К., Анализ на стоманобетонни електрически стълбове, УАСГ, Сборник с доклади, Първа научно-приложна конференция с международно участие “Възстановяване и усилване на сгради и съоръжения” - 5.11.2015, стр. 206-211
- [7]. Цветков Ст., Неделчев Н., Моделиране и конструиране на стоманобетонна водна кула, Научно списание “Механика, Транспорт, Комуникации”, том 18, бр. 1, 2020 г., статия No 1913, стр. XIV-11 - XIV-18
- [8]. Димов Д., Жечев Н. Георгиев А, Рехабилитация, усилване и сеизмично осигуряване на амортизирани сгради от зидани конструкции, стр.165-172 ,60г. УАСГ- юбилейна научна сесия, ноември 2002г.