ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ СОФИЯ

Том 57 2024 Брой 2
Volume Issue

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY SOFIA

Получена: 28.11.2022 г.
Приета: 05.12.2022 г.

ВЛИЯНИЕ НА МОНИТОРИНГА ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ДВУРЕДОВО ПОДПРЯНА УКРЕПИТЕЛНА КОНСТРУКЦИЯ В ГР. СОФИЯ

И. Марков[1]

Ключови думи: *укрепителна стена, берлинска стена, мониторинг*

РЕЗЮМЕ

Представено е укрепително съоръжение, проектирано за изкоп с дълбочина до 10 m. Конструкцията е изпълнена в градски условия в близост до жилищни блокове с осеметажна височина и натоварен път, по който се обслужва строителната площадка. Сравнени са резултатите от мониторинга, тези от проектирането, като е направен анализ на разликата между тях и възможността за оптимизиране на строителния процес.

1. Общи положения

Укрепителната конструкция служи за укрепване на изкоп, предназначен за фундиране на жилищна сграда със стоманобетонна носеща конструкция, състояща се от 9 конструктивни секции. Най-високата секция е със 17-етажни нива над терена и две подземни нива. Кота корниз е приблизително 50 m, а кота дъно изкоп – около 8 – 10 m под терена. По-ниските секции са с различна височина. По цялата площ са предвидени две сутеренни нива, а всички секции предават натоварването на обща фундаментна плоча. Поради различната височина на отделните секции това налага различна дебелина на фундаментната плоча, което води до различни нива на кота дъно изкоп. Площта на строителния изкоп е 5700 m^2. Общата дължина на укрепителната конструкции е 266 m. Броят пилоти от типово сечение 1 (фиг. 2) е 166 и 133 бр. от типово сечение 2 (фиг. 3).

[1] Илиян Марков, гл. ас. д-р инж., кат. „Геотехника“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: imarkov_fte@uacg.bg

2. Литоложки строеж

Проучваният обект попада в югоизточната част на гр. София. В геоморфоложко отношение районът представлява част от пролувиален конус, развит в северното подножие на Витоша. До дълбочината на проучване в геоложки строеж на земната основа взимат участие културен слой – насип (Пласт 1), покриващ чернокафяви глини смолници (Пласт 2). Мощността на насипа е от 0,5 до 1,8 m, а тази на смолниците от 0,8 до 1,8. Под смолниците залягат песъчливи глини, означени като пласт 3, пролувиални чакъли, означени като пласт 4, на места прехождащи в чакълести глини – пласт 4а, или пясъци с чакълести включения – пласт 4б. Под пласт 4 залягат неогенски пъстри глини, прахови по състав със значителна мощност. Част са от лозенецката свита и до дълбочина от 20 m не е премината тяхната мощност.

Таблица 1. Геоложки показатели, представени с характеристичните си стойности

Слой №	**Вид почва**	**Обемно тегло**	**Ъгъл на вътрешно триене**	**Кохезия**	**Компресионен модул**
		[kN/m^3]	[°]	[kPa]	[MPa]
1	Насип	19,4	10	10	2,7 – 6,3
2	Чернокафяви глини смолници	19,4	19	20	3,1 – 5,3
3	Глини, ръждиво кафяви с манганови конкреции	21	23	64	7,8 – 8,1
4	Едър чакъл	21	43,6	0	12
4а	Чакълеста глина	20,7	24	20	9
4б	Среден пясък	21,87	41,72	0	8
5	Прахова глина	19,2	21	59	7,2 – 16,8

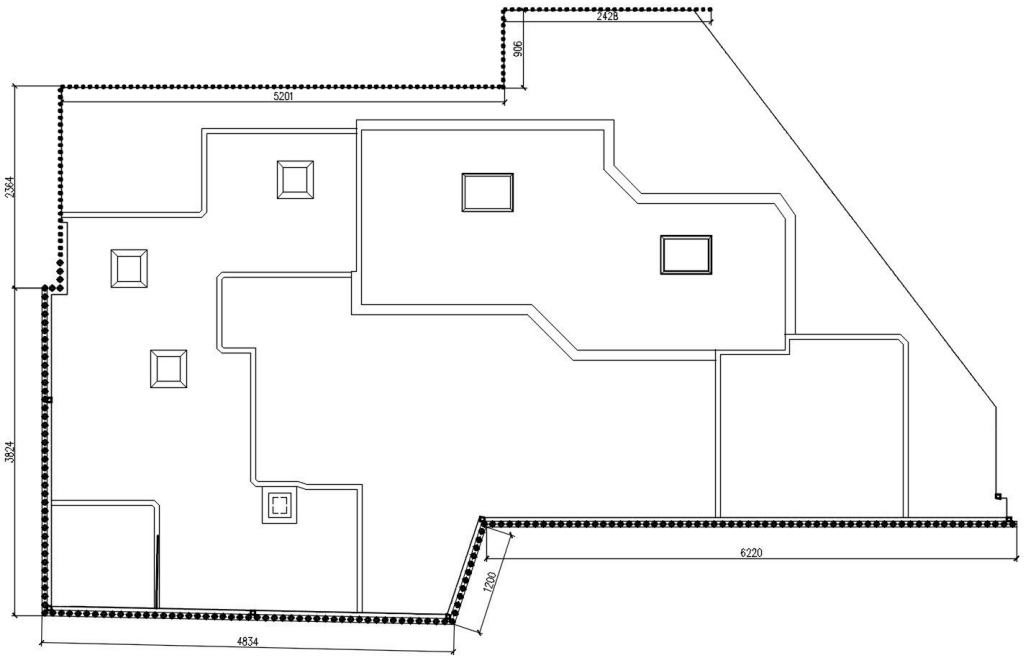
Нивото на почвените води, съгласно геоложкия доклад, е установено на около един до два метра над кота дъно изкоп. По време на изкопните работи не се установи вода над кота дъно изкоп.

3. Укрепителна конструкция

В различните части на парцела укрепителната конструкция е решена по различен начин, като преобладават две основни типови укрепителни конструкции:

- *Типово сечение 1*. От южната и югозападната страна е приета конзолна укрепителна стена, изпълнена от сондажно-изливни пилоти Ф620 през осово разстояние 100 cm. Дълбочината на забитата част – 700 cm, дълбочината на кота дъно изкоп – средно 500 cm. Дълбочината на изкопа при това сечение е 9,50 – 10,50 m, като е различна поради наклона на терена и различната дълбочина на кота дъно изкоп, обусловена от различната дебелина на фундаментната плоча. Това сечение е проектирано на 8 – 10 m от имотната граница, което позволява изкоп под устойчив откос и редуциране на височината на укрепителното съоръжение. Схемата е показана на фиг. 2.

- *Типово сечение 2.* Двуредово подпряна стена, проектирана непосредствено до имотната граница. Съгласно архитектурния проект са предвидени само 22 cm между сутеренната стена и имотната граница. По тази причина е избрана укрепителна конструкция от широкофланшови профили HEA220, поставени в предварително изготвен сондаж, който се запълва за бетон до нивото на изкопа. Подкосите са с кръгло сечение Ф273×8 mm и се подпират във фундамент, изпълнен под фундаментна плоча. Схемата е показана на фиг. 3.

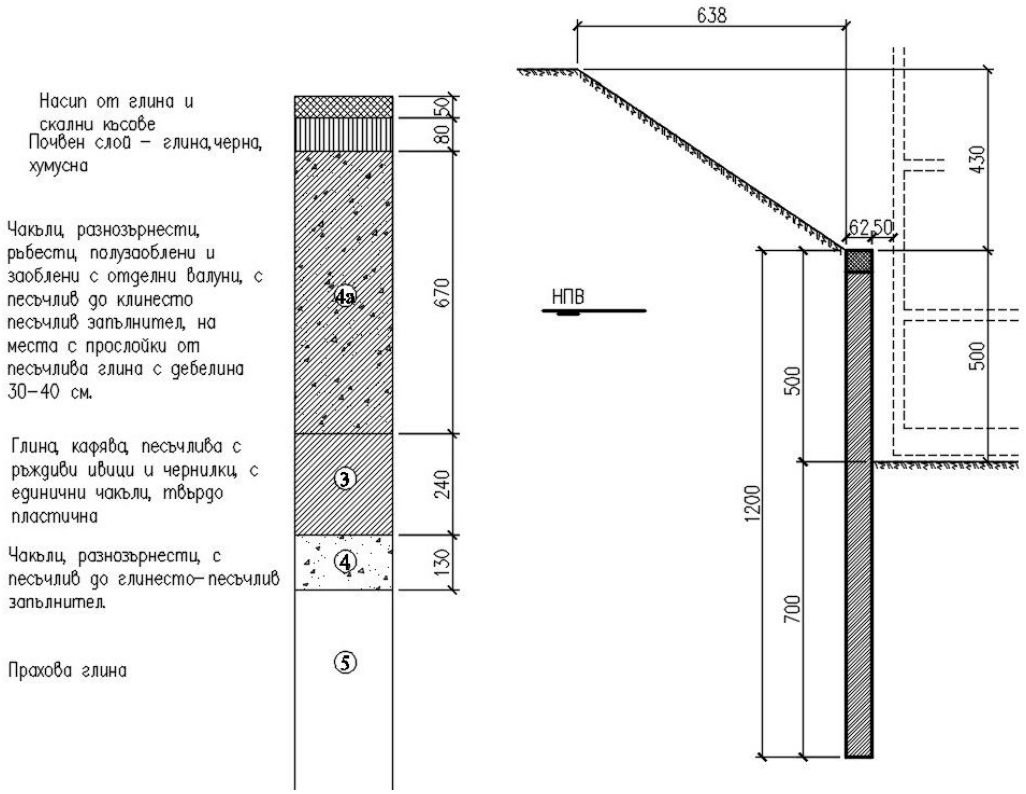


Фиг. 1. План на укрепителна конструкция

Снимка 1. Общ изглед на укрепителна конструкция. Поглед от запад

Снимка 2. Общ изглед на укрепителна конструкция. Поглед от запад

За *типово сечение 1* предизвикателство представляваше почвената вода и извличането на глинестия запълнител при силен водоприток към строежа. Пое се риск да се изчака с изпълнението на торкрет между пилотите, който би решил този проблем. За щастие почвени води нямаше и това елиминира необходимостта от изпълнение на торкрет. Имаше само локални обрушвания между пилотите, породени от промяната на водното съдържание, дължащо се на атмосферни влияния. След известно време процесът затихна и вече не представляваше опасност.

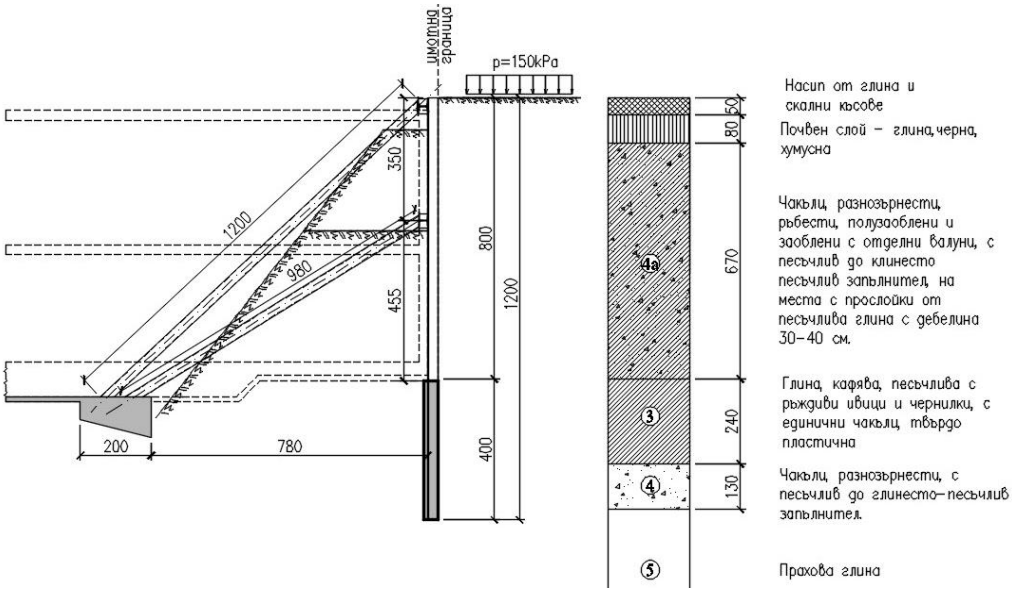


Фиг. 2. Типово сечение 1 – конзолна укрепителна стена, изпълнена от сондажно-изливни пилоти Ф62 cm/100 cm

На снимки 3 а) и 3б) се виждат извлечения между пилотите почвен материал, който на места достига до 20 – 30 cm навътре спрямо оста на пилотите.

Снимка 3. Изпълнена укрепителна конструкция от сечение тип 1

Към *Типово сечение 2* бяха поставени сериозни изисквания към деформацията на стената и околното пространство. Тъй като подпира непосредствено единствения път, по който се обслужва строежът, беше изчислен за натоварване от 150 kPa, което съответства на печат от бетон-помпа, която е ситуирана непосредствено до ръба на конструкцията. Беше обсъден вариантът със забиване на пилотите, но след изчисление на ефекта от вибрациите по метод, предложен в [2], се реши, че е прекалено рисково за съседните сгради. По тази причина се избра по-бавният, но по безопасен за околните сгради метод със сондиране.



Фиг. 3. Типово сечение 2 – Двуредово подпряна укрепителна конструкция

Особеното на тази стена е, че има много строителни фази, които е необходимо да се проверят:

- Изпълнява се укрепителната конструкция;
- Етап 1: Изпълнява се изкоп с берма която „минава“ под първия подкос;
- Етап 2: Изпълнява се ивичен фундамент под нивото на фундаментната плоча;
- Етап 3: Изпълнява се подкос 1, като частично се правят шлицови изкопи под подкоса;
- Етап 4: Откопава се до подкос 2;
- Етап 5: Изпълнява се подкос 2, като частично се правят шлицови изкопи под подкоса;
- Етап 6: Откопава се кота фундиране;
- Етап 7: Изпълнява се фунд. плоча;
- Етап 8: изпълнява се плоча на ниво -1;
- Етап 9: Премахва се подкос 2;
- Етап 10: Изпълнява се плоча на ниво 0;
- Етап 11: Премахва се подкос 1.

Снимка 4. Изпълнена укрепителна конструкция от сечение тип 2: Етап 3

Снимка 5. Изпълнена укрепителна конструкция от сечение тип 2: Етап 6

На снимка 4 и снимка 5 се виждат различни етапи от изпълнението на укрепителната конструкция.

4. Изчислителен модел и мониторинг. Сравнение на резултатите

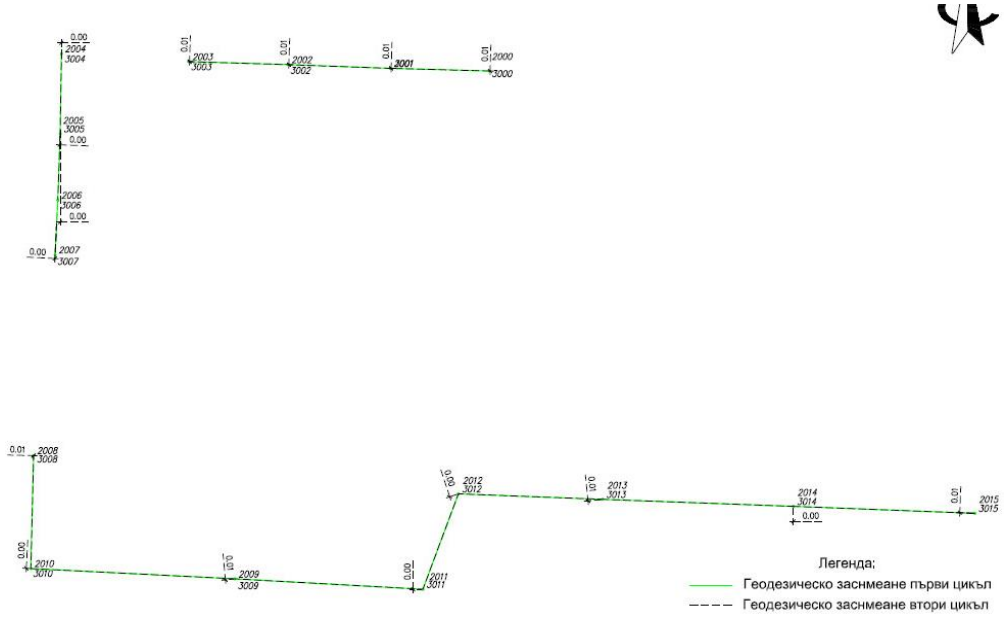
4.1. Изчислителен модел на укрепителна конструкция

Двете типови сечения са анализирани по метода на крайните елементи, като е използван почвеният модел Hardening Soil Model, при който се отчитат по-високите почвени параметри в момента, преди да е достигната граничната ъглова деформация, при която се реализира якостта на сръзване. Входните параметри са показани в табл. 1. От аналитичното решение се получават следните резултати за преместване на нивото на следените точки:

- *Типово сечение 1* – преместване при върха на стената 52 mm.
- *Типово сечение 2* – преместване при върха на стената 8 – 9 mm за различните етапи. Преместване на стената под втория подкос – 27 mm.

4.2. Мониторинг

След започване на изкопните работи се започна поетапно геодезично заснемане на хоризонталното преместване на осем точки от типово сечение 1 и четиринадесет точки от типово сечение 2. Тук особен интерес представлява фактът, че след акумулирано преместване до 2 – 3 mm в някои точки преместването затихна до тези стойности. Като се има предвид, че подкосите бяха монтирани по време на късната есен и ранната зима при температури около 0 – 10°, а част от мониторинга продължи и до лятото при температури до +35°, то може да се очаква, че резултатите са изкривени от температурното разширение на подкосите. Друг фактор, който не е показан в геодезичното заснемане, е толерансът, с който са получени преместванията. При всички случаи може да се приеме, че максималното преместване не превишава няколко милиметра и е практически нулево.



Фиг. 4. Изследвани точки съгласно плана за мониторинг

5. Промяна на конструкцията след анализ на преместването

След полагане на бетона и армировката на фундаментната плоча следва изпълнението на плоча на ниво -1 и след това премахване на подкоса, тъй като плочата поема опорните му функции. Предвид резултатите от мониторинга се извърши обратен анализ, при който се калибрираха почвените параметри, така че преместванията да съответстват на измерените. Видя се, че може да се изпълни плочата след премахване на подкоса. Това дефакто означава, че укрепителната конструкция, проектирана като непрекъсната греда на два отвора по 4 m, вече работи със статическа схема проста греда с отвор 7,80 m. По този начин се елиминира единият от двата отвора, който би останал в етажната плоча, както и многократно се улесняват монтажните дейности. Другото безспорно предимство е увеличаване на пространството за монтажни дейности и по-лесно кофриране на плочата.

Снимка 6. Премахване на подкоси преди изпълнение на плоча на ниво -1

Другият резултат от наблюдението е, че се предвижда да се променят етапи 10 и 11. Това означава да се премахне подкосът преди изпълнение на етажната плоча на к. 0 и стената да работи като конзолна с дължина около 4 m.

6. Обобщение

Проектирането и изпълнението на тази задача показва същественото значение на мониторинга по време на изпълнение на геотехническите конструкции. В геотехническата практика са познати три групи методи за изчисление на укрепителни конструкции – класически, земно-реактивен и метод на крайните елементи. Всяка група има редици подварианти като вероятно методите на изчисление са над двадесет. Методът на крайните елементи, който е използван тук, се приема като най-съвършен и точен при проектиране. За съжаление обаче дори най-съвършеният метод дава неточни резултати за което си има и логично обяснение. Първо, получените лабораторни данни не винаги съответстват на реалното поведение на почвата в масива. Това е така най-малкото поради мащабния фактор. В апарата за плоско срязване касетката е с размери 50/50 mm, няма как да се тестват чакъли. Второ, в лаборатория якостта на срязване и

компресионният модул се получават под вода, което нарушава структурните връзки на глината и занижава кохезията. И не на последно място, може би почвените модели не са толкова съвършени, че да отчитат всички особености на почвените параметри.

Практиката показва, че реалното поведение на почти всички укрепителни конструкции силно се различава дори и от най-точния и прецизен изчислителен модел. Ако моделът е точен за премествания, той най-вероятно няма да е точен за разрезни усилия в укрепителна стена или за разрезни усилия в подкосите. В повечето случаи грешката е в полза а сигурността, тоест почвата показва скрити запаси, които не са отчетени в модела. По тази причина винаги би следвало да се извършва мониторинг и да се анализира поведението на конструкцията и да се сравнява с изчисленото поведение. В случая неточността на модела е в полза на сигурността, но са възможни случаи, при които тази грешка да е в обратна посока, което би довело да предприемане на мерки, елиминиращи вероятността от авария

ЛИТЕРАТУРА

1. BDS EN 1991-1/NA. 2007, Evrokod 7.

2. *Radlov, K., Totsev, A.* Analiz na protsesa na zabivane na piloti chrez vibratsionni mashini. // Godishnik na UASG, 2014, 46 (4): 85 – 95.

THE EFFECT OF MONITORING IN THE CONSTRUCTION OF A DOUBLE ROW RETAINING WALL IN SOFIA CITY

I. Markov[1]

Keywords: *retaining wall, Berliner wall, monitoring*

ABSTRACT

A retaining wall with a depth of up to 10 m is presented. The construction was completed in urban conditions near eight-storey residential buildings and a road serving the construction site. The results of the monitoring and those of the design are compared, with an analysis of the difference between them and the possibility of optimizing the construction process.

[1] Iliyan Markov, Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Geotechnics”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: imarkov_fte@uacg.bg