

## Проблеми при изграждане на инженерни съоръжения в населени места

Петър Стойнов<sup>1</sup>, Юлиан Стоянов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> "Софинвест" ЕООД, 1000 София

<sup>2</sup> Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

**РЕЗЮМЕ.** В процеса на изграждане на инженерно-технически съоръжения в големи населени места много често възникват геотехнически проблеми. Те се дължат на липсата на достатъчно инженерно-геоложка и хидрогеоложка информация и липсата на достатъчно познания за стандартните изисквания към земната основа, съгласно Закона за устройство на територията (ЗУТ). В статията се изброяват мерките, които са необходими за стабилизиране на земните масиви при изграждането на инженерни съоръжения.

### PROBLEMS RELATED TO THE BUILDING OF ENGINEERING TECHNICAL FACILITIES IN LARGE SETTLEMENTS

**ABSTRACT.** In the process of building important engineering technical facilities in large settlements geotechnical problems are very often encountered. They are due to lack of enough engineering geological information and hydro-geological information and to lack of knowledge of the standard requirements for the land base from the Law of Arrangement of Territories (LAT). The necessary measures for appropriate building of facilities and for securing the stability of earth massifs and facilities are mentioned below.

В големите градове, черноморското крайбрежие и по специално в София се наблюдават деформационни процеси при склонове разположени в съседство с жилищни, индустриални сгради и съоръжения от инфраструктурата на страната. В последно време интерес представлява свлачищния терен прилежащ към АП "Земляне" и зоните около пробивана на бул. "Ив. Гешов" бивш бул. "Д. Несторов". Направени са комплексни изследвания, придружени от препоръки за провеждане на мероприятия, който да стабилизират терена.

### Инженерно-геоложка характеристика на посочените обекти

Свлачището при гараж "Земляне" на десния бряг на р. Владайска е с хлъзгателната повърхнина под свлачищното тяло. Тя е плавна криволинейна и излиза в петата на склона. Максималната ѝ дълбочина под оформената повърхност на склона преди свличането достига до 4,0-4,5м.

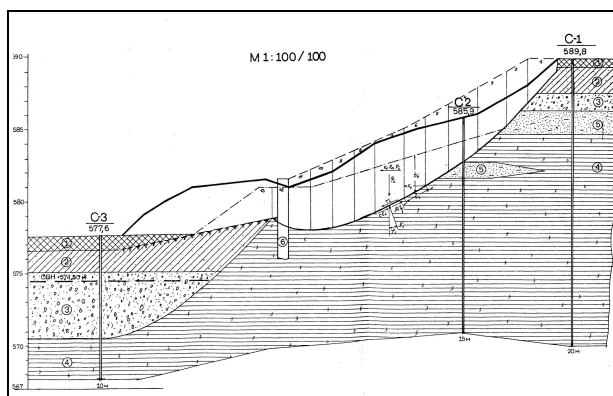
Приблизителните параметри на склона преди свличането са съставлявали:

- височина: 11-12м между абсолютни коти 578-590м и ъгъл на наклона - 11°-12° в основата между коти 578 - 579м и 32°-35° между коти 579-590м. Те са резултат от изграждането на насип с дебелина 2,5 - 3м над естествената повърхност на склона с преобладаващ наклон 20°- 25°.

Насипът първоначално е бил от пясъчливи глини с чакълести включения. Впоследствие са изсипвани едроблокови строителни отпадъци от асфалт, бетон, фаянс и др.

Геолого-литоложкият разрез на естествения терен е представен от:

- неогенски прахово-песъчливи глини /средно - до твърдопластични/, сиви и сивозелени до сиворъждиви към повърхността, с прослойки от глинести пясъци;  
- кватернерни делувиялно-алувиални, прахово-песъчливи, кафяви глини и алувиални средни и едри чакъли с глинесто-песъчлив запълнител, изграждащи първата съвременна и втората висока тераси на р. Владайска;



Фиг.1. Проектен изчислителен профил

- почвен слой с дебелина /мощност/ до 0,60м от черни глини със съдържание на органични вещества, разкриващи се по страничните граници на свлачището под насипа.

В свлачищното тяло се включват нарушени материали от строителни изкопи и отпадъци, от при повърхностната част на неогенските глини, делувиялно-алувиалните наслаги на високата тераса на р.Владайска и от почвения слой. Неговата повърхност е разкъсана от множество отворени пукнатини до 10-20 см. Към долния северозападен край има изкоренени и полегнали храсти и дървета.

Над най-ниската тераса на р.Владайска в масива на

склона не се съдържат и не се наблюдава дренажиране на подземни води. Очевидно през определени периоди в него се инфилтрират дъждовни и повърхностни води с временен характер.

Водоносен хоризонт с постоянно статично водно ниво е формиран само в алувиалните чакъли на съвременната тераса, но той няма отношение към проявеното свлачище.

Масивен жилищен блок е построен на 12-15м югоизточно от горния ръб на свлачището, покрай който са монтирани гаражни клетки от железобетонни панели.

Върху свлачищното тяло е продължавало изсипване на строителни отпадъци през тесен достъп до него между две от гаражните клетки.

Обосноваването и проектирането на ефективни укрепителни мероприятия се базира на обобщени данни от инженерно геоложките свойства на отделните разновидности на масива както и вследствие с формираните хлъзгателни повърхнини.

Обратните изчисления са извършени по метода на алгебричното сумиране на силите за момента преди свличането при следните предпоставки:

- формираният след насипването откос на склона е бил в състояние на гранично равновесие, изразено чрез коефициент на сигурност  $K_{уст}=1,0$ ;
- близките стойности на обемната плътност на скалите в масива и насипа позволяват да се приеме общо средно обемно тегло  $\gamma = 1,80 \text{ г/см}^3$ ;

Извършвани са стабилитетни изчисления с решаване на обратна задача в резултат са получени данните в таблица 1. Свлачището по настоящем е в състояние, близко до гранично равновесие, изразяващо се с коефициент на сигурност, малко по-голям от единица. Неговата устойчивост се осигурява от остатъчната дълговременна якост по формулираната свлачищна повърхнина, както и от обемната плътност на нарушените и разбухнали земни и насипни маси. Съпротивлението по тази повърхнина ще се характеризира с ъгъл на вътрешно триене, близък по стойност до изчисленията и значително по малка кохезия от определената. С оглед на това изчислителните показатели по формираната хлъзгателна повърхнина е прогнозирана устойчивостта на свлачищното тяло с приети съответно стойности:

- обемно тегло :  $\gamma = 17 \text{ кН/м}^3$  ;
- ъгъл на вътрешно триене:  $\phi = 6^\circ$ ;
- кохезия:  $c = 10 \text{ кПа}$ ;

Стабилитетните изчисления извършени на база посочените по горе предпоставки без и с отчитане на земетръсно въздействие от IX степен.

Свлачището е близо до гранично равновесие при параметрите отбелязани на фигура 2.

Таблица 1

Стабилизационни изчисления

| № | $X_i$<br>м | $h_i$<br>м | $P_i = X_i \cdot h_i$<br>кН/м | $\beta_i$ | $T_i = P_i \cdot \sin(\pm \beta_i)$<br>кН/м | $N_i = P_i \cdot \cos \beta_i$<br>кН/м | $L_i = X_i / \cos \beta_i$<br>м |
|---|------------|------------|-------------------------------|-----------|---------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2          | 3          | 4                             | 5         | 6                                           | 7                                      | 8                               |
| 1 | 2,0        | 2,0        | 72,0                          | 53        | 57,50                                       | 43,33                                  | 3,32                            |
| 2 | 1,5        | 3,7        | 99,9                          | 45        | 70,64                                       | 70,64                                  | 2,12                            |
| 3 | 2,0        | 4,3        | 154,8                         | 40        | 99,50                                       | 118,58                                 | 2,61                            |
| 4 | 2,0        | 4,7        | 169,2                         | 35        | 97,05                                       | 138,60                                 | 2,44                            |
| 5 | 1,5        | 4,8        | 129,6                         | 33,7      | 71,91                                       | 107,82                                 | 1,80                            |
| 6 | 1,5        | 4,9        | 132,3                         | 31        | 68,14                                       | 113,40                                 | 1,75                            |
| 7 | 2,0        | 4,7        | 169,2                         | 24        | 68,82                                       | 154,57                                 | 2,19                            |
| 8 | 1          | 4          | 113,4                         | 20        | 38,79                                       | 106,56                                 | 1,60                            |

В района на пробива и по точно прилежащите подпорни стени се наблюдава следната инженерно-геоложка характеристика в дълбочина:

Строителна почва №1 – насип от черна и тъмнокафява глина, чакъл и строителни отпадъци.

Таблица 2

Физико-механичните показатели на строителната почва

| Физико-механичните показатели на тази строителна почва ги даваме съгласно (1) за проби с лабораторни номера 5.50, 551 и 554 - протокол № 52/6/ 02.1999г., както следва: |                 |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Показател                                                                                                                                                               | нормативни      | изчислителни    |
| Обемна плътност                                                                                                                                                         | 1,68 гр./куб.см | 1,59 гр./куб.см |
| Обемна плътност на скелета                                                                                                                                              | 1,09 гр./куб.см | 0,97 гр./куб.см |
| Порен коефициент                                                                                                                                                        | 1,513           | 1,798           |
| Естествена влажност                                                                                                                                                     | 57р70           | 63р38           |
| Консистенция                                                                                                                                                            | 0,68            | 0,62            |
| За проби с лабораторни номера 550, 551 и 554 са получени следните резултати                                                                                             |                 |                 |
| Ъгъл на вътрешно триене                                                                                                                                                 | 16°             |                 |
| Кохезия                                                                                                                                                                 | 0,01 МПа        |                 |
| Компресионен модул при $P = 0,2 \text{ МПа}$                                                                                                                            | 3,7 МПа         | 5,9 МПа         |
| Специфично слягане                                                                                                                                                      | 4,1%            | 4,2%            |
| Изчислително натоварване $Y_0 = 0,20 \text{ МПа}$                                                                                                                       |                 |                 |
| Стойност на коефициента на леглото $K_3 = 15 \text{ МПа}$                                                                                                               |                 |                 |

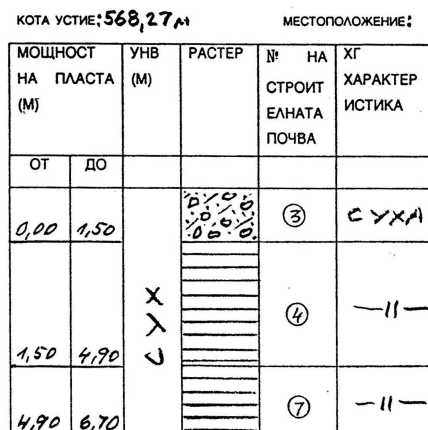
Строителна почва №4 – глина прахова на места с пясъчни лещи, сиво жълта, светло сиво зелена с ръждиви ивици средно и твърдопластична.

Строителна почва № 7 – глина прахова, тъмно сиво зелена, синя до черно мергелоподобна, твърда. Разкрита е под строително почва № 4.

## Подземни води

В разкритията и на площадката по време на картирането не са установени подземни води. Не е установено свободно водно ниво. Можем да говорим за по-силно или по-слабо овлажняване дължащо се най-вероятно от течове във „В и К“ мрежата.

Провеждане на мероприятия за стабилизиране на разглежданите обекти и продължителни наблюдения в връзка със осигуряване на сигурността на населението.



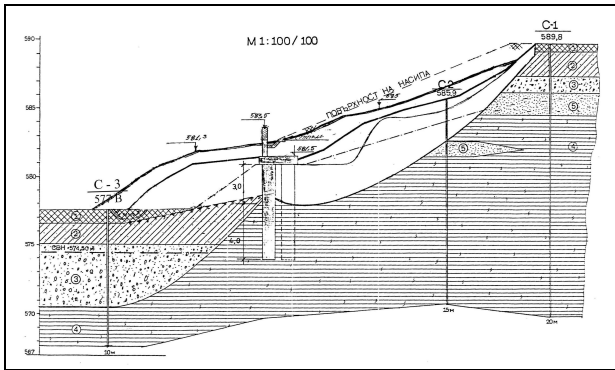
Фиг. 2. Моторен сондаж

## Устойчивост на свлачищния масив

За поточно определяне на нормативните характеристики на свлачището, конструктивния проект е направена допълнителна проверка по метода на "обратните изчисления" и по схемата на Шахоянц. Приетият в изчисленията коефициент на сигурност е 0,98.

За изпълнение на силовата укрепителна конструкция е избран вариант с укрепване на участъка чрез 25бр. пилоти с дължина 35м, с диаметър 1000мм и дълбочина 7м всеки. Пилотите се разполагат шахматобразно в два реда, всеки ред през 3м така ,че след разминаването им осовите им разстояния да са на 1,5м от свличанията.

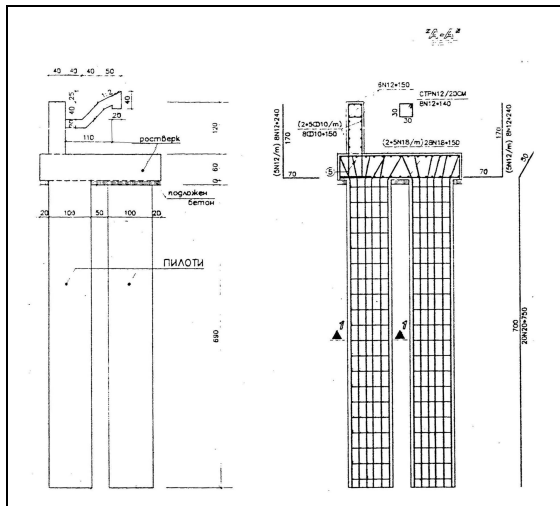
При пробива "Д. Нестеров" са предложени и изградени подпорни стени и пилоти от малка дълбочина и сравнително малък диаметър, за да се предотвратят бъдещи провалявания, локални слягания и деформации на прилежащите в близост жилищни сгради и новоизградените пътни платна.



**Фиг.3. Проектен изчислителен профил**

Поради високата отговорност на съоразението като цяло и осъществяването на стабилитета на прилежащите жилищни сгради както и терените около тях е изграден контролно-измервателна система (КИС) която включва следните мероприятия:

Изграждане на пиезометрични инклинометрични сондажи както и геодезична мрежа обединени в КИС чрез която се провеждат периодично системни наблюдения за обобщена оценка на стабилитета за разглеждания терен.



Фиг. 4. Пилоти и ростверк

## Контролно измервателна система (КИС)

**Контролно измервателна система се състои от :**

- Геодезични наблюдения за премествания на характерни точки от терена, подпорните стени, сградата на ГУСВ, бл. 62 и нивата на подземните води в пиезометричните кладенци. За целта могат да се използват и вече изградените репери на посочените съоръжения. Тъй като тази дейност вече е изпълнявана и има опит в нейното провеждане, не се дават други указания по геодезическите измервания.

- Изграждане на пиезометри в терена и следене на нивата на подземните води в тях, с изчертаване на хидро-изохипсите.

В изпълнение на тази точка, бяха посочени характерните места на изграждане на пиезометрите. Те са изпълнени и водните нива в тях се наблюдават.

Местата на пиезометрите, тяхната конструкция и  
екзекутивните чертежи, заедно с описанието на почвените  
видове и водните нива са дадени по-нататък.

- Инклинометрични измервания. Тези измервания дават преместванията на терена, диаграмата на преместванията в дълбочина и очертаване на евентуалната хлъзгателна повърхнина. Дава се и азимута на преместванията, което показва и мястото, вида и необходимата дълбочина на изпълнение на евентуалните укрепителни конструкции.

В изпълнението на тази точка от задачата, бяха посочени местата, на които се изпълниха пиезометрите и конструкцията на сондажните отвори. Те са изпълнени до състоянието на влагане на инклинометричните тръби.

## Инструкция за наблюдение на системите.

### Геодезически наблюдения.

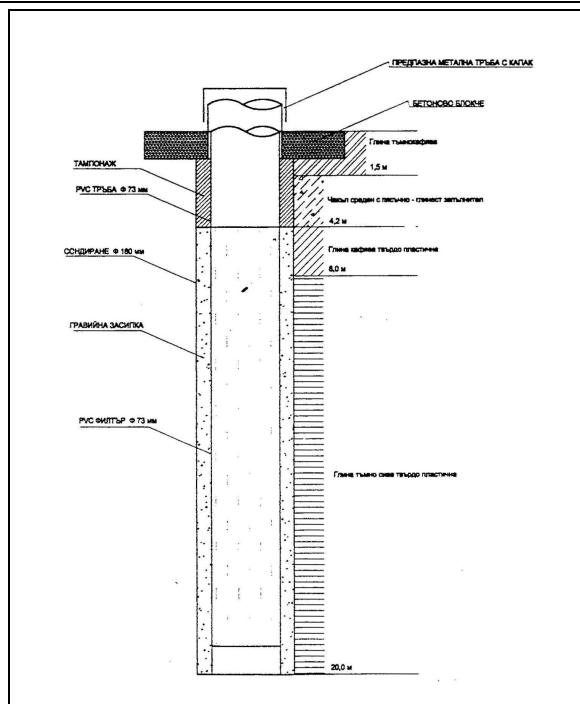
Геодизичните наблюдения трябва да се извършват по един път на три месеца. Измерванията трябва да регистрират преместванията по трите пространствени направления. В случай, че се регистрират премествания, измерванията се съгъстват по време - по едно наблюдение месечно.

### Наблюдения на пиезометрите.

Измерват се нивата на подземните води във всеки пиезометър и се чертаят карти на хидроизохипсите. Измерванията се провеждат също по един път на три месеца и при повишение на нивата на подземните води се търси причината: запушване на дренажите или течове от ВиК мрежите. Причината следва да се отстрани незабавно. През време на повишението на водните нива измерванията се съставят по време - един път месечно.

### Инклинометрични наблюдения.

Измерванията се провеждат също един път на три месеца. При данни за измествания, се търси посоката и дълбочината на преместване на масива и се приемат мерки за неговото стабилизиране: понижение на нивата на подземните води или силови укрепителни конструкции.



Фиг. 5. Схема на пиезометричен сондаж

## Заклучение

От направените инженерно-геоложки проучвания и изследвания за посочените обекти предложените и осъществени стабилитетни мероприятия, както и контролно измервателна система от този тип допринасят за сигурността на живущите в района и за нормалното ползване от страна на гражданите на инфраструктурното съоръжение.

Най-новите наблюдения и изследвания са свързани с **корегиранияте** изисквания в закона за устройство на териториите (ЗУТ), по отношение на земната основа.

## Литература

- Б. Божинов 1999. Укрепване свлачищен терен на територията на АП "Земляне",
- Б. Божинов 2000. Контролно измервателна система включваща пиезометрични, инклинометрични сондажи - Пробив бул. "Д.Нестеров"
- А. Викторов 1999. ИГХП за прилежащи подпорни стени Пробив бул. "Д.Нестеров"
- В. Николова 2000. Инженерно-геоложки проучвания свлачищен терен на територията на АП "Земляне" ОП "Софпроект"ОГП

Издаваме благодарност на проф. Б. Божинов, инж. А. Викторов и инж. В. Николова за любезното предоставените ни данни и материали!