

ЯКОСТ НА СРЯЗВАНЕ НА ГЛИНИ ПРИ ДИНАМИЧНО НАТОВАРВАНЕ: ЧАСТ 2. ОЦЕНКА ЗА ГЛИНА ОТ СОФИЙСКОТО ПОЛЕ

Л. Михова¹, Н. Керенчев²

Ключови думи: динамична якост на срязване, недренирана якост на срязване, циклично натоварване, емпирични корелации

Научна област: Геотехника

РЕЗЮМЕ

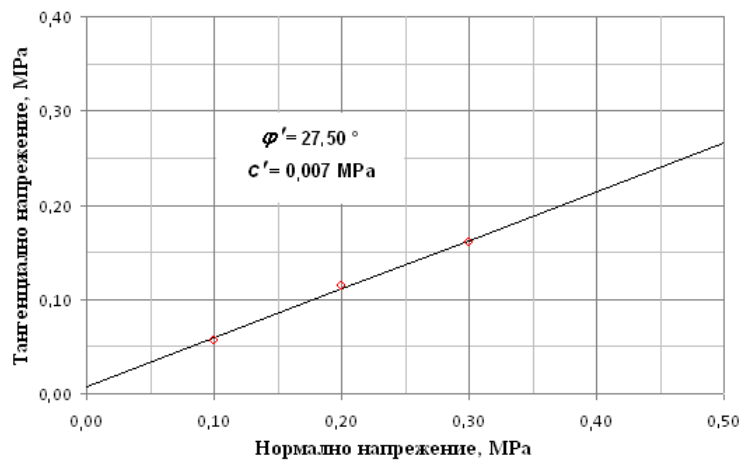
Проведени са полеви и експериментални изследвания за глини до дълбочина 6 m под терена и са определени физични и механични параметри при статично натоварване. На базата на корелационни зависимости, представени в Част 1 на настоящето изследване, е направена оценка за изменението на якостта на срязване в дълбочина при „in situ” състояние. Определено е допустимото динамично натоварване при действие на допълнително статично натоварване на земната основа. Изследвано е влиянието на коравината на конструкцията, предаваща статичния товар, върху напрегнатото състояние на земната основа и стойностите на допустимото динамично натоварване.

1. ЯКОСТ НА СРЯЗВАНЕ НА ГЛИНА ОТ СОФИЙСКОТО ПОЛЕ (С. ЖИТЕН) ПРИ „IN SITU” СЪСТОЯНИЕ

За кватернерна прахова глина от района на софийското поле (с. Житен), залягаща на дълбочина до 6,0 m под теренната повърхност, са определени следните физични показатели: $e = 0,648$, $\gamma = 19,9 \text{ kN/m}^3$, $w = 24\%$, $w_L = 55,4\%$, $w_p = 55,4\%$, $I_p = 34\%$, $I_L = 7,6\%$. С помощта на апарат за плоско срязване са определени дренираните (ефективни) якостни параметри $\varphi' = 27.5^\circ$, $c' = 0,007 \text{ MPa}$ (фиг. 1).

¹ Лена Михова, доц. д-р инж., УАСГ, кат. „Геотехника”, бул. ”Хр.Смирненски” 1, София.

² Николай Керенчев, ас. инж., УАСГ, кат. „Геотехника”, бул. ”Хр.Смирненски” 1, София.



Фиг. 1

Линия и параметри на якостта на срязване на глина от софийското поле

За глината е направена е оценка на якостта на срязване в “in situ” състояние (геостатично натоварване), като са получени стойностите за дълбочини 2 m, 3 m и 4 m под теренната повърхност (табл. 1). Използват се следните зависимости:

$$\tau_f = \left\{ \left[\frac{1}{2} (1 + k_0) \sigma'_v \cdot \sin \varphi' + c' \cdot \cos \varphi' \right]^2 - \left[\frac{1}{2} (1 - k_0) \sigma'_v \right]^2 \right\}^{0,5}; \quad (1)$$

$$c_u = \sin \varphi' \left(c' \cdot \cot g \varphi' + \left(\frac{1 + k_0}{2} \right) \sigma'_v \right); \quad (2)$$

$$c_u / \sigma'_v = 0,11 + 0,37 I_p; \quad (3)$$

$$c_u / \sigma'_v = 0,45 \cdot (I_p)^{0,5}; \quad (4)$$

$$c_u / \sigma'_v = 0,5 w_L. \quad (5)$$

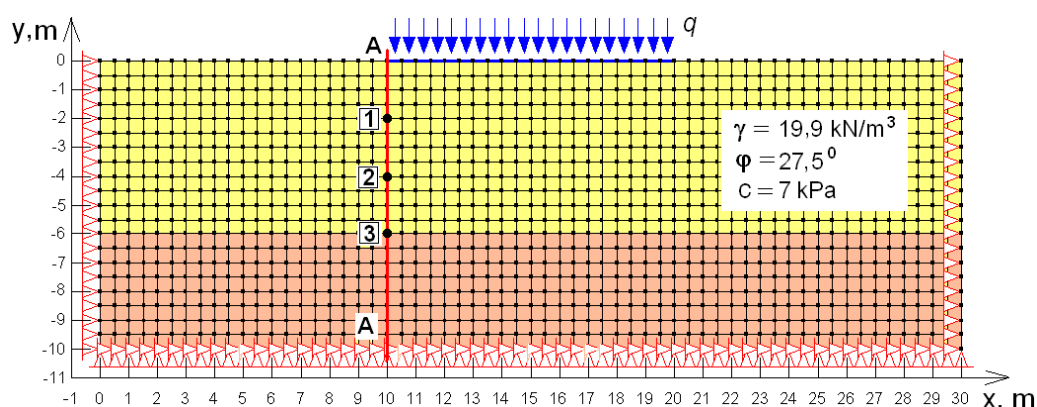
Таблица 1. Якост на срязване на глина от софийското поле

Формула	Якост на срязване в (кРа) при дълбочина		
	2,0 m	4,0 m	6,0 m
(1)	18,1	29,2	40,0
(2)	20,3	34,5	48,6
(3)	9,4	18,6	28,0
(4)	10,4	20,6	30,8
(5)	11,0	22,0	33,0

Според резултатите в табл. 1, якостта на срязване на глината нараства в дълбочина на земната основа по-интензивно на по-малките дълбочини – от 2,0 m до 4,0 m под терена тя се увеличава 1,6 – 2,0 пъти, а от 4,0 m до 6,0 m – съответно 1,4 – 1,5 пъти. Общото увеличаване на якостта от 2,0 m до 6,0 m дълбочина е 2 – 3 пъти. Разликите в оценката на якостта на срязване по различните формули са в порядък от 10% до 100%, като най-високите стойности се получават формули (1) и (2), получени по критерия на Mohr-Coulomb.

2. ДОПУСТИМО ДИНАМИЧНО НАТОВАРВАНЕ НА ЗЕМНАТА ОСНОВА

Допустимото динамично срязващо натоварване на земната основа е натоварването при което няма да настъпи разрушение на почвата. В настоящия случай то се определя като се отчита комбинираното действие със статичния ивичен товар с помощта на корелационните зависимости на Seed & Chan [3], дадени на фиг. 6 в Част 1 на настоящето изследване [1].



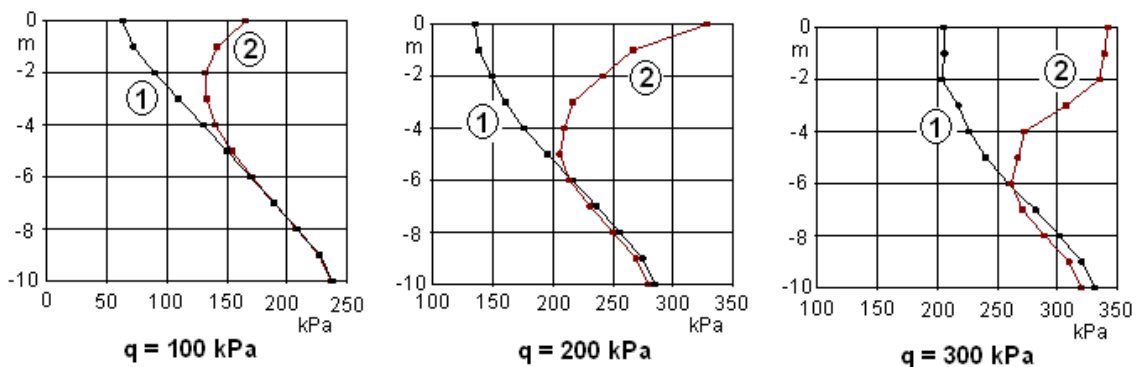
Фиг. 2
Изчислителен модел по МКЕ за земната основа

Изследването се извършва при следните предпоставки:

- Земната основа е с характеристиките на разглежданата глина от софийското поле;
- Изследва се равнинната задача при начално натоварване на земната основа с ивичен, статично действащ товар с варианти на интензивност $q = 100; 200; 300 \text{ kPa}$;
- Действието на статичния товар се разглежда в два варианта – като непосредствено приложен и приложен чрез бетонова плоча с дебелина 1 m;
- Динамичното въздействие е циклично с честота 1 Hz и предизвиква срязващи напрежения в хоризонтална и вертикална площадка; този начин на натоварване кореспондира със земетръсно въздействие;

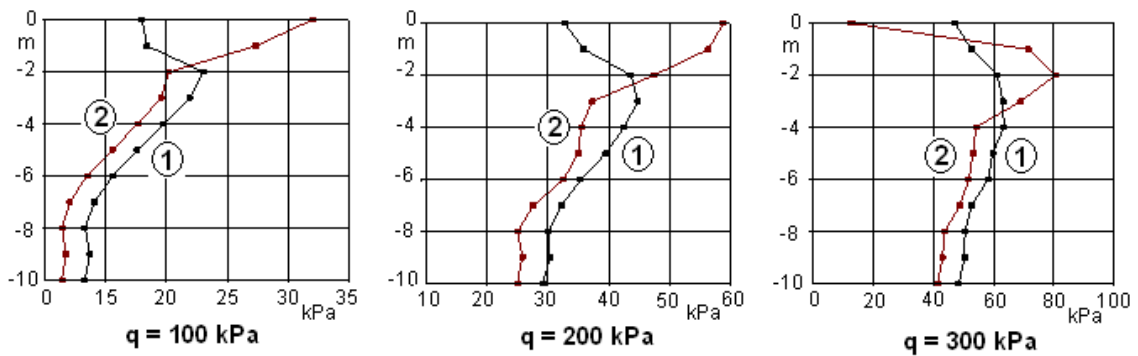
- Нивото на почвените води е под дълбочината на залягане на глината и при динамичното натоварване не се индуцира порен натиск;
- Максималното напрежение на срязване за хоризонтална и вертикална площадка в земната основа се определя по формула (1) съгласно теорията на Mohr-Coulomb [2].

Решението за земната основа от геоложки товар и от статичен ивичен товар се извършва с модел по МКЕ, показан на фиг. 2. Оценката за допустимото динамично натоварване е направена за дълбочини 2 m, 4 m и 6 m под теренната повърхност – точки 1, 2 и 3 за сечение А-А на фиг. 2.



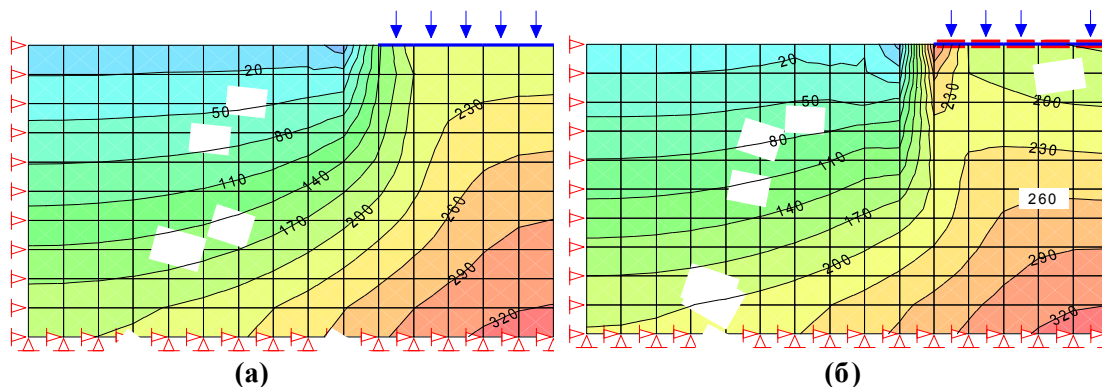
Фиг. 3

Диаграми на вертикални нормални напрежения σ_y в сечение А-А:
1 – при непосредствено натоварване; 2 – при натоварване с плоча



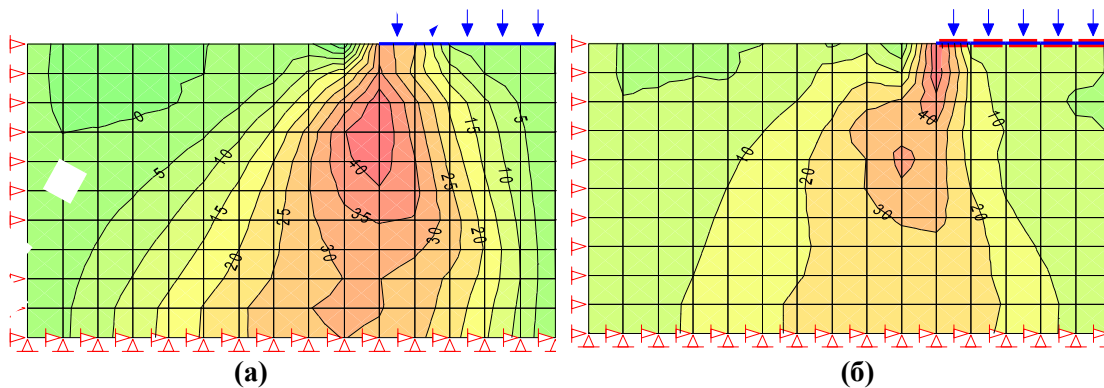
Фиг. 4

Диаграми на тангенциални напрежения τ_{xy} в сечение А-А:
1 – при непосредствено натоварване; 2 – при натоварване с плоча



Фиг. 5

Диаграми на вертикални нормални напрежения σ_y при натоварване 200 kPa:
 (а) непосредствено натоварване; (б) натоварване с плоча



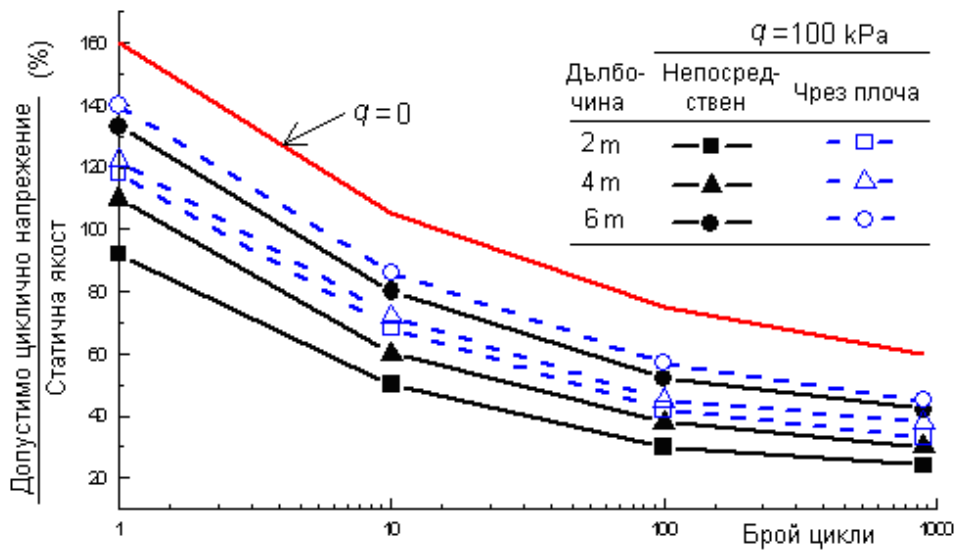
Фиг. 6

Диаграми на тангенциални напрежения τ_{xy} при натоварване 200 kPa:
 (а) непосредствено натоварване; (б) натоварване с плоча

На фиг. 3 и фиг. 4 са показани диаграмите съответно на вертикалните нормални напрежения σ_y и на тангенциалните напрежения τ_{xy} за сечение А-А при непосредствено приложен статичен товар и приложен чрез бетонова плоча с дебелина 1 m. На фиг. 5 и фиг. 6 са съпоставени диаграмите на вертикалните нормални напрежения σ_y и на тангенциалните τ_{xy} при двата случая на действие на статичния товар с интензивност 200 kPa. На фиг. 7, 8 и 9 са представени диаграми за изменението в дълбочина на допустимото циклично напрежение с честота 1 Hz, изразено като процент от статичната якост на срязване на почвата, в зависимост от броя на циклите на натоварване.

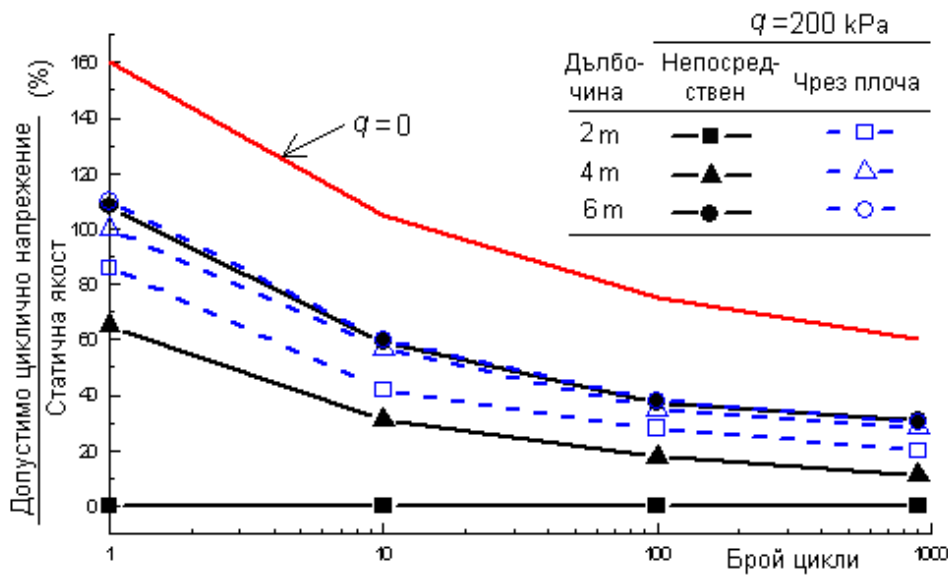
От анализа на резултатите могат да бъдат направени следните изводи:

- При непосредствено натоварване вертикалните нормални напрежения са монотонно нарастващи, докато при натоварване с корав елемент (бетонова плоча) те проявяват тенденция към равномерно разпределение за дебелината на пласта. Това се дължи на концентрацията на нормални напрежения в земната основа



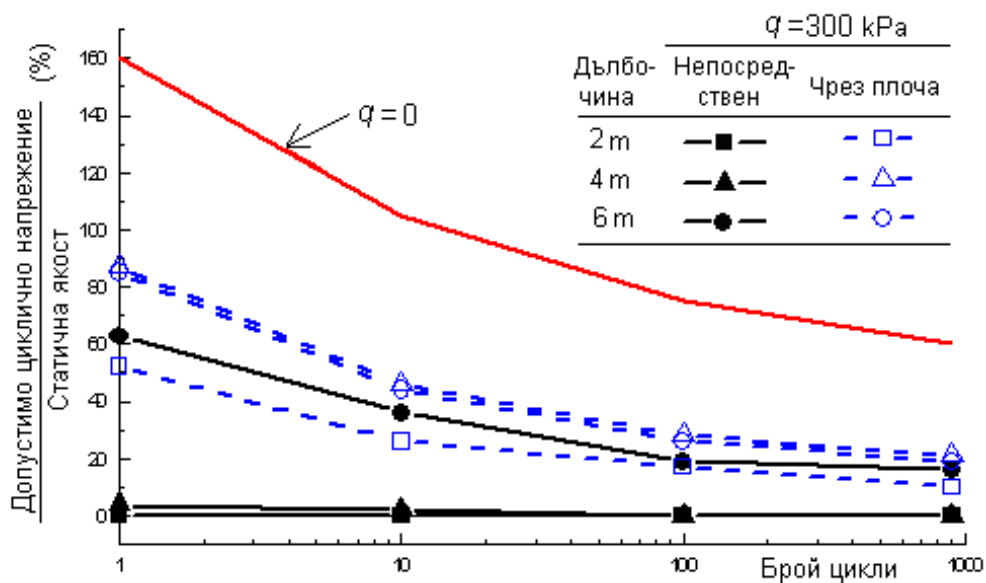
Фиг. 7

Допустимо циклично напрежение за земна основа в зависимост от брой цикли на натоварване с честота 1 Hz и от статично натоварване $q = 100 \text{ kPa}$



Фиг. 8

Допустимо циклично напрежение за земна основа в зависимост от брой цикли на натоварване с честота 1 Hz и от статично натоварване $q = 200 \text{ kPa}$



Фиг. 9

Допустимо циклично напрежение за земна основа в зависимост от брой цикли на натоварване с честота 1 Hz и от статично натоварване $q = 300 \text{ kPa}$

непосредствено в края на коравата плоча и наличието на компресионно поведение на почвата под плочата.

- При натоварване с плоча се наблюдава концентрация на тангенциалните напрежения в земната основа в краищата на плочата. Местоположението на пиковите стойности на срязващите напрежения се доближават до терена и нарастват до 2 пъти спрямо напреженията при непосредствено натоварване. В дълбочина от 2 m до 6 m те стават с около 15 % по-малки в сравнение със съответните напрежения при непосредствено натоварване.
- По-големите вертикални напрежения, които се развиват в разглежданото сечение А-А при предаване на натоварването с корав елемент е причина за увеличаване на потенциала на почвата за поемане на срязващи напрежения. Това е причината в случаите на натоварване с плоча, процентът на мобилизираната якост на срязване от статичното натоварване да е по-малък, респ. процентът на динамичното натоварване – по-голям, в сравнение със случаите на непосредствено статично натоварване.
- При отсъствие на статичен товар, динамичната якост на срязване е най-голяма. С нарастване на интензивността на статично действащия товар потенциалът за динамично натоварване намалява и той е нулев в случаите, когато почвата е пластифицирана от статични срязващи напрежения.
- За разглежданите дълбочини от 2 m до 6 m, допустимото динамично напрежение нараства, което се дължи на увеличаването на нормалните напрежения и намаляването на статичните срязващи напрежения в дълбочина.

- Най-важният фактор за промяна на допустимото динамично напрежение е броят на циклите. При малък брой цикли на динамичното натоварване и при ниски или нулеви стойности на статичното натоварване, допустимото динамично напрежение приема стойности по-високи от статичната якост на срязване. В настоящия случай това се констатира при действие на статичен товар 100 kPa и брой цикли в границите 1 - 5 на натоварване 1 Hz.
- За разглежданата земна основа средният градиент на линията на редуция на допустимото динамично натоварване, с нарастване на броя на циклите от 1 до 900, варира от 5% до 10%, като по-високите стойности се отнасят за по-малък статичен товар.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощта на емпирични корелационни зависимости е направена оценка за допустимото динамично натоварване с честота 1 Hz на земна основа от прахова глина. Получени са зависимости и е направен анализ за влиянието върху потенциала за поемане на динамично натоварване в почвата на следните фактори: изменението на статичната якост на срязване на почвата в дълбочина, броят на циклите на динамичното натоварване, наличието на статично срязващо натоварване, коравината на натоварващата конструкция. Допустимото динамично натоварване, изразено като процент от статичната якост на срязване, нараства в дълбочина на земната основа и намалява с увеличаване на броя на циклите на динамичното натоварване и с увеличаване на интензивността на статичното срязващо натоварване. При статично натоварване на земната основа, приложено чрез корава конструкция, потенциалът за динамично натоварване е по-голям в сравнение със случая на непосредствено приложен товар със същата интензивност.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Михова, Л., Керенчев, Н.* Якост на срязване на глини при динамично натоварване: Част 1. Корелационни зависимости. Годишник на УАСГ, 2014.
2. *Hardin, B. O., Drnevich, V. P.* Shear modulus and damping soils: Design equations and curves. Jour. of the Soil Mechanics and Found. Division, ASCE, 98 (SM7), 1972.
3. *Seed, H. B., Chan, C. K.* Clay strength under earthquake loading conditions. Journal of Soil Mechanics and Foundations, ASCE, SM2, 1966.

Постъпила: март, 2014.

SHEAR STRENGTH OF CLAYS IN DYNAMIC LOADING: PART 2. ANALYSIS FOR CLAY OF SOFIA TOWN AREA

L. Mihova, N. Kerenchev

Key words: dynamic strength of soil, cyclic loading, static strength of soil, empirical correlations

Research area: Geotechnics

ABSTRACT

Investigations of clay from ground depth up to 6 m of Sofia town area are carry out including “in situ” works of sampling and laboratory tests. Geotechnical parameters and the static shear strength of the clay are determined. An analysis of the strength of soil in situ conditions is performed based on correlations presented in Part 1 of this research. An available cyclic loading in combination with a permanent static loading is determined. The influence of the static loading structure stiffness on the acceptable pulsating stresses is evaluated.