



Носеща способност на пилот от пластична циментопочва

Боряна Чакалова

Геологически институт, БАН, ул. Акад. Г. Бончев, бл. 24, 1113 София

Bearing capacity of single loess-cement pile

Boriana Tchakalova

Geological Institute, Bulg. Acad. Sci., Acad. G. Bonchev str., bl. 24, 1113 Sofia
E-mail: boriana@geology.bas.bg

Abstract. The paper presents results obtained by in-situ plate loading test of a single short pile. The pile is prepared by a slurry (or so-called “plastic” soil-cement mixture) of loess, 10% of Portland cement and 10% of zeolite without compaction. After 28 days of curing at field conditions the tested pile has shown a bearing capacity of 0.25 MPa which is about two times higher than the bearing capacity of natural loess ground. Such ‘plastic’ piles would be applied successfully in shallow foundation constructions for increasing of bearing capacity of collapsible loess bases.

Key words: loess soil, loess-cement-zeolite mixture, single pile, bearing capacity.

Резюме. В настоящата статия се описва проведено пробно статично натоварване на къс сондажен пилот. Пилотът е изграден от пластична почвена смес с високо водно съдържание, от лъос, 10% портландцимент и 10% зеолит. Носещата способност на пилота на 28-я ден е два пъти по-голяма от носещата способност на естествения лъос. Изследваният пилот може да намери приложение при фундиране на сгради и инженерни съоръжения в лъосови основи.

Ключови думи: лъос, циментолъосово-зеолитова смес, единичен пилот, носеща способност.

Въведение

При подобряване на слаби почви за строителни цели най-често се прилагат повърхностно и дълбочинно заздравяване с хидравлични свързващи вещества. В България за отстраняване на пропадъчността и водопропускливостта на лъоса успешно е използвано повърхностно заздравяване с портландцимент (Минков, Евстатиев, 1975). Базирайки се на теренни експерименти, Yüewen (1996) предлага циментопочвени пилоти, изградени чрез дълбочинно смесване на местен лъос и цимент. Bell (1993) посочва предимствата на т.нар. „пластични“ циментопочвени смеси, приготвени при високи водни съдържания и прилагани без уплътняване, за заздравяване на водонаситен лъос. Пластични циментопочви у нас са прилагани при фундиране на сгради в пропадъчен лъос за изграждане на циментопочвени възглавници и за противифилтрационни екрани на водоизравнители (Минков и др., 1968; Минков, Евстатиев, 1975). След продължително отлежаване те придобиват по-голяма якост от коравите циментопочви. Уста-

новено е, че якостта на изградени екрани от пластична циментопочва нараства от 0,7–1,0 МРа на 28-я ден до 12–16 МРа след 20-годишно отлежаване (Карастанев, 1988). При стационарното им приготвяне се постига добро хомогенизиране и изградените с тях екрани са еднородни. Пластичната циментопочва може да се прилага без затруднения при стеснени строителни условия и при наклонени терени. Доказано е, че с добавянето на химически активатори се повишава якостта и водоплътността на пластичните циментопочви и се опростява технологията за тяхното приготвяне и полагане (Евстатиев, Ангелова, 1993). От предишни лабораторни изследвания е установено, че пластичните циментопочви придобиват по-голяма якост и водоплътност при добавяне на зеолит. Оптимален ефект е постигнат при смеси с 10% зеолит (Tchakalova, Todorov, 2008).

В настоящата статия се описва проведено пробно статично натоварване на къс сондажен пилот от пластична смес от лъос, портландцимент и зеолит. Определена е носещата способност на пилота.

Характеристика на изходните материали

За изготвянето на пилота е използван прахов льос от района на Козлодуй, портландцимент и зеолит.

Използваният льос се класифицира по БДС 676-85 като прахова песъчлива глина, а по ASTM D2487 (USCS) – като CL-lean clay. Неговите класификационни и механични показатели са представени в табл. 1. Изследваният льос има ясно изразени пропадъчни характеристики – ниска степен на водонасищане, голяма порестост и пропадъчност.

Като заздравител е използван пресно произведен портландцимент Titan – Златна панега, сертифициран по БДС EN ISO 9001/2001 и БДС EN ISO 14001/1998.

Добавеният зеолит от находище „Бели пласт“ в Североизточните Родопи съдържа около 70% клиноптилолит. По данни от производителя има следния осреднен химичен състав в тегл. %: SiO₂ – 66,16%, Al₂O₃ – 11,41, Fe₂O₃ – 0,80%, TiO₂ – 0,15%, MnO – 0,06%, CaO – 2,81%, MgO – 0,85%, Na₂O – 0,22%, K₂O – 2,90%, S – 0,03% и загуба при налягане (1000° C) – 7,49%. В настоящото изследване е използвана финодисперсна фракция с размер на частиците под 0,08 mm.

Методика на изследването

Статичното пробно натоварване е проведено в района на гр. Козлодуй. По данни от инженерногеоложки сондажи земната основа в опитния

участък е изградена от кватернерен и плиоценски комплекс. Кватернерният комплекс включва слоеве от прахов льос и льосовидни глинни с плейстоценска възраст и залягащи под тях песъчливо-глинести чакъли. В опитния участък дебелината на пропадъчния прахов льос е 2 m. Льосовата основа е първи тип, степента на водонасищане е 35%. Плиоценският комплекс е изграден от прахови глинни от Брусарската свита с прослойки от дребнозърнести пясъци с различна заглиненост.

С роторна автосонда УРБ 2,5А в непосредствено разположение под съвременната черноземна почва прахов типичен льос е прокаран на сухо с шнек отвор \varnothing 300 mm с дълбочина 1,00 m.

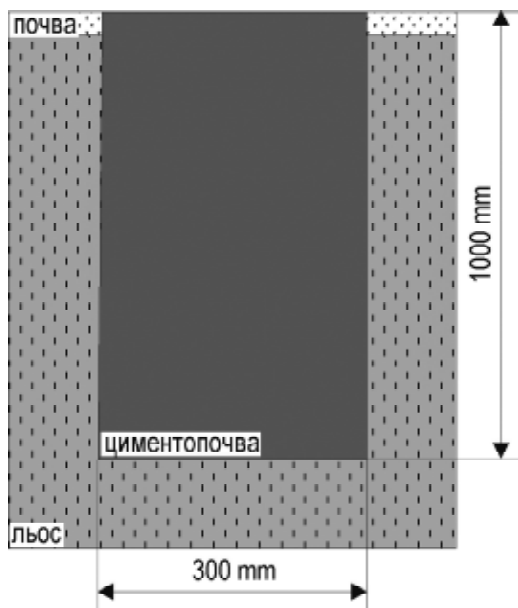
Пластичната тройна смес е приготвена на място чрез ръчно смесване на предварително изсушения и раздробен льос с 10% портландцимент и 10% зеолит. Към добре хомогенизираната смес е добавено необходимото количество вода, за да се достигне $W = 41,5\%$. При това водно съдържание тройната смес придобива пластична консистенция, лесно се изсипва и не се разслоява (Tchakalova, Todorov, 2007).

Сондажът е плътно запълнен с приготвената пластична тройна смес (фиг. 1), чиито основни качества са подробно описани от Чакалова (2007). Плътното запълване на сондажа осигурява добра адхезия между пилота и льосовата основа. По този начин се намалява опасността от поява на отрицателно триене между пилота и льосовата основа (Евстатиев, Ангелова, 1993). Покрит е с тънък почвен слой и PVC фолио, за да се осигурят нормални условия за втвърдяване на изградения пилот.

Таблица 1
Класификационни и механични показатели на типичен льос

Table 1
Classification and mechanical parameters of typical loess soil

Показател		Единица	Стойност
Специфична плътност	ρ_s	g/cm ³	2,73
Обемна плътност	ρ_n	g/cm ³	1,51
Обемна плътност на скелета	ρ_d	g/cm ³	1,33
Коефициент на порите	e	-	1,05
Ест. водно съдържание	W _n	%	13,5
Показател на пластичност:		%	
БДС-648-84	I _p		12,1
ASTM 4318	PI		18,3
Показател на консистенция:		-	
БДС	I _c		1,31
ASTM	LI		-0,11
Степен на водонасищане	S _r	%	35,0
Обем на макропорите при вертикален товар:			
p= 100kPa	n _{mp}	%	1,3
p= 200 kPa	n _{mp}	%	2,2
p= 400kPa	n _{mp}	%	6,6
p= 600 kPa	n _{mp}	%	12,4
Компресионен модул при:			
150 kPa	M ₁₅₀	MPa	6,1
300 kPa	M ₃₀₀	MPa	3,3
500 kPa	M ₅₀₀	MPa	2,8



Фиг. 1. Конструкция на изграденият пилот

Fig. 1. Sketch of the pile

Пробното статично натоварване е проведено след 28 дни съгласно изискванията на БДС 8004–84. Състои се в постепенно натоварване на изградения сондажен пилот с твърда корава плоча. Опитът започва с предварително натоварване (0,02 МПа) на пилота за компенсиране на механични луфтове. Основното натоварване и разтоварването са извършени на стъпала с изчакване до затихване на деформациите. Сляганията са измервани в три точки с индикаторни часовници, разположени симетрично спрямо центъра на щампата. За опита е използван ком-



Фиг. 2. Комплект за пробно натоварване „Viatest“

Fig. 2. Plate-loading test equipment “Viatest”

плект за пробно натоварване „Viatest“, включващ корава щампа с диаметър 300 mm, хидравлична помпа с крик и манометър с обхват 0–0,8 МПа и индикаторни часовници с обхват 0–10 mm и разделителна способност 0,01 mm. За противотежест при натоварването е използвана автосондата УРБ 2А (фиг. 2). Натоварването на щампа е извършено през 0,05 МПа, а разтоварването – през 0,10 МПа.

За носеща способност на пилота се приема товарът, при който сляганията нарастват рязко или без затихване (Стефанов, 1989).

Резултати от изследването

От получените данни за сляганията при различните натоварвания на щампа (табл. 2) е построена зависимостта $s = f(p)$ (фиг. 3). Носещата спо-

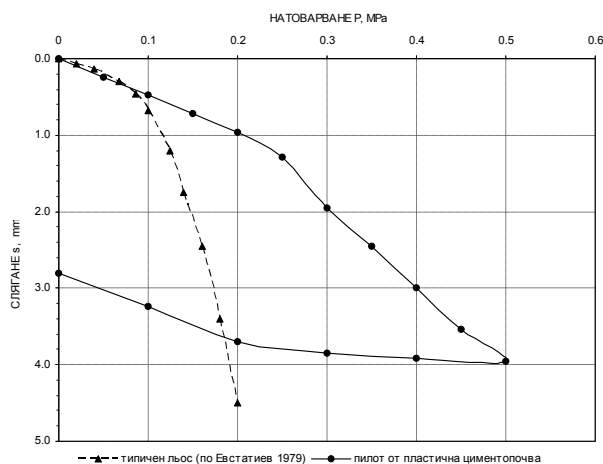
Таблица 2

Регистрирани слягания при различните стъпала на натоварване/разтоварване

Table 2

Load – settlement records

Натоварване, МПа	Слягане, mm			Средно
	Индикатор № I	Индикатор № II	Индикатор № III	
0,05	0,21	0,25	0,26	0,24
0,10	0,45	0,47	0,50	0,47
0,15	0,49	0,72	0,93	0,71
0,20	0,58	1,01	1,30	0,96
0,25	0,87	1,39	1,60	1,29
0,30	1,32	2,16	2,39	1,62
0,35	1,72	2,73	2,91	2,45
0,40	2,18	3,27	3,54	3,00
0,45	2,66	3,82	4,13	3,54
0,50	3,03	4,26	4,58	3,96
0,40	3,00	4,23	4,53	3,92
0,30	2,93	4,16	4,45	3,85
0,20	2,80	4,00	4,30	3,70
0,10	1,72	3,86	4,15	3,24
0,00	1,38	3,33	3,72	2,81



Фиг. 3. Зависимост натоварване – слягане

Fig. 3. Load – settlement curve

Собност на пилота от пластичната тройна смес след 28-дневно отлежаване е 0,25 МРа.

Литература

- Евстатиев, Д., Р. Ангелова (Ред.). 1993. *Циментация на скали и дисперсни почви*. София, Изд. БАН, 93 с.
- Евстатиев, Д., П. Славов, П. Карачоров. 1979. Экспериментальное исследование деформации линейного основания. – *Водни проблеми*, 9, 71–82.
- Карастанев, Д. 1988. *Подобряване на инженерногеоложките свойства на лъоса за нуждите на хидромелиоративното строителство*. Автореферат дисерт. д-р. С., БАН, 30 с.
- Минков, М., Д. Евстатиев, А. Алексиев. 1968. Облицовка на изравнител с пластичен лъособетон. – *Хидротехника и мелiorации*, 1, 22–25.

При по-рано извършени от Евстатиев и др. (1979) щампови натоварвания на типичен лъос (фиг. 3). със сходни класификационни и механични показатели се установява, че носещата способност при естествено водно съдържание е 0,10 МРа (фиг. 3).

Заклучение

От настоящото пробно статично натоварване се установи, че носещата способност на пилот от пластична смес от типичен лъос, 10% портландцимент и 10% зеолит на 28-я ден е два пъти по-голяма от носещата способност на естествения лъос. Технологията за изграждане на къси циментопочвени пилоти е лесна и не изисква големи капиталовложения за специализирана строителна техника. Посочените предимства дават основание да се направи извода, че изследвания пилот от пластичната циментопочвена смес може да намери приложение при фундиране на сгради и инженерни съоръжения в лъосови основи от първи тип.

- Минков, М., Д. Евстатиев. 1975. *Основи, облицовки и екрани от заздрави лъосови почви*. С., Техника, 189 с.
- Стефанов, Г. (Ред). 1989. *Наръчник по земна механика и фундиране*, т. 2. С., Техника, 275 с.
- Bell, V. G. 1993. *Engineering Treatment of Soils*. E FN Spon, London, 302 p.
- Tchakalova, V., K. Todorov. 2008. Plastic soil mixtures for isolation barriers. – *Geologica Balc.*, 37, 1–2, 91–96.
- Yuewen, J. (Ed.). 1996. Deep-cement-mixing piles stabilizing the saturated loess. – In: *Grouting and Deep mixin, Proc. of IS-Tokyo'96*, 573–576.

(Постъпила на 28.07.2008 г., приета за печат на 03.12.2008 г.)
Отговорен редактор Румяна Ангелова