

## ИЗПИТВАНЕ НА ОПЪННИ ФУНДАМЕНТИ

Стойна Любенова Костова  
[kostova.stoyna@gmail.com](mailto:kostova.stoyna@gmail.com)

*Висше транспортно училище “Тодор Каблешков”,  
катедра “Транспортно строителство и съоръжения”,  
ул. „Гео Милев” № 158 София 1574,  
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** опънни фундаменти, анкерни плочи, свързани и несвързани почви, опънни (анкерни) сили, лабораторни изпитвания модели на фундаменти.*

***Резюме:** В статията са представени особеностите на изпитване на анкерни фундаменти при несвързани почви. При несвързаните почви кохезията обичайно е малка по стойност и в някои случаи силите на взаимодействие между частиците /кохезията/ се пренебрегват. Несвързаните почви са чакълестите и пясъчливите почви. В Еврокод 7- 2 [1] тези почви са наречени непластични. Частиците на несвързаните почви са с големина от 200 до 0,1mm. Когато говорим за свързани почви, ние разбираме глинести почви, като - пясъчливи глинени, глинест пясък или глинени. В Еврокод 7- 2 [1], глинестите почви са наречени пластични почви. В статията се разглеждат резултати от опити направени с пясъчлива почва, хлъзгателните повърхнини, които се образуват, максималните усилия, които може да понесе пясъчлива почва, при изтръгване на модели на анкерни фундаменти поставени в нея.*

*Изследва се съотношението между дълбочина на залагане на анкерите и максималната опънна сила. Също така е наблюдавана връзката между уплътняване на несвързаната почва в зоната на анкерите и големината на максималната опънна сила.*

*Направени са някои изводи и обобщения на извършените опити.*

### **I. УВОД.**

Анкерите намират приложение в укрепването на откоси, свлачища, изкопи за строителни обекти и при проблематични състояния на земната основа, предизвикани от повишено водно съдържание на почвите, което е особено актуално през последните години. Фундаментите поемащи опън най-често са основи на мостове мачти, вятърни генератори, за нефтени платформи и др. Анкерите намират приложение при направата на различни укрепителни конструкции в комбинация с тях – като пилотни фундаменти с анкери, подпорни стени с анкери, шпунтови стени с анкери, шлицови стени с анкери и др. В строителството на Софийското метро по различни способы се използват анкери. Използват се при изграждането на тунели особено в онези случаи при които е необходимо укрепване на обшивката на тунела по време на строителството. В повечето случаи при изследване на анкерни фундаменти се използват изпитвания в лабораторни

условия. Провеждането на опити на място с действителни размери е скъпо струващо и трудно изпълнимо.

## II. ИЗПОЛЗВАНИ УРЕДИ И АПАРАТУРА.

За провеждане на опитите са използвани стенд за изпитване на опънни фундаменти /Фиг.1/. Стендът представлява метална кутия. Една от дългите ѝ страни е прозрачен плексиглас. При извършване на опити, в близост до плексигласа може да се наблюдава разрушението на почвата. Моделите на анкерите представляват метални планки с различни размери. В средата им е заварен метален прът с халка, посредством който се предава опънната сила.

Изследваните модели на анкерите са кръгли и квадратни. Кръглите са с диаметър 9.5 cm и 7,6 cm, а квадратните са с размери 5/5 cm и 10/10 cm.

Стендът е снабден с динамометър за измерване на опънната сила. Динамометърът е с възможност за измерване на усилие до 2 тона. Силата може да се отчита в различни мерни единици. Избрано е отчитането да става в N, което подобрява точността.

Опитните модели се залагат на различна дълбочина. Натоварването се подава на стъпала. В края на опита се отчита разрушителното усилие. При различни дълбочини на залагане се наблюдават формата и вида на повърхнината на разрушение. При залагане на опънния фундамент в близост до плексигласа може да се наблюдават характерните особености на хлъзгателните повърхнини, което е и една от целите на изпитването.



а)



б)

**Фиг. 1. Уреди и апаратура**

а) Стенд за изпитване и динамометър

б) Модели на анкери - кръгли и квадратни с различни размери.

## III. ПРОВЕЖДАНЕ НА ОПИТИТЕ.

Почвата е едър пясък на места с глинести включения. Глинестите включения са отстранени при насипването на почвата в уреда за изпитване. Зърнометричният състав на почвата е определен със сух пресеивен анализ - 98,63% от частиците при направения анализ са с размерите на пясък от 2-0,1 mm, чакъл 0,85% и прах 0,079%.

Моделите се натоварват на опън до разрушаване на почвата. Моделите са хоризонтално поставени в почвата, а натоварването се подава централно във вертикална посока. При моделите поставени до плексигласа се наблюдават линиите на разрушение. Линиите на разрушение са показани на /Фиг. 2/.

При изпитване на квадратен модел на фундамент с малки размери 5/5 cm /Фиг.2 б)/ се наблюдава една особеност, а именно:

При подаване на по - ниски стойности на опънното усилие започва придвижване на модела на фундамента във вертикална посока и срязване на почвата, при което разрушения на повърхността не се наблюдават. След придвижване на модела в близост до повърхността започва типичното разрушение с характерната форма на образуване на двустранни хлъзгателни повърхнини.

Предполагаме, че разрушението при малките модели наподобява разрушението при типичните инжекционни или тръбни анкери. При тях диаметрите на металната част заедно с образувания корен от нагнетен циментов разтвор в почвата е относително малък около 15 -30 cm.

При разрушението на голямата плоча с размер 10/10 cm не се наблюдават големи вертикални премествания преди разрушението /Фиг.2 а)/.



а)  
б)  
**Фиг. 2. Получени очертания на повърхнини на разрушение**  
а) при модел на анкер с размери 10/10cm;  
б) при модел с размери 5/5 cm.

Картината на разрушение при заложените опитни модели на фундаменти натоварени на опън е подобна на тази при фундаменти натоварени на центричен натиск. Известно е, че при фундаменти натоварени на натиск, под фундамента се образува ядро от преуплътнена почва. Това ядро има пространствена форма с намаляващи размери в дълбочина. Под кръгъл фундамент ядрото има формата на обърнат конус.

Разрушението при натоварване на опън, протича с образуване на хлъзгателни повърхнини от двете страни на модела. Можем да предположим, че ако моделът с размери 10/10 cm е заложен по-дълбоко, биха се появили по-големи премествания в началото подобно на малкия модел. При модели 10/10 cm при малки премествания от порядъка на около 1 cm под въздействие на опънната сила се наблюдава образуване на хлъзгателни повърхнини /Фиг.2 а)/. Хлъзгателните повърхнини, които се образуват могат да се апроксимират по форма с арка /Фиг.2/.

Преди достигане на разрушителното усилие първоначално се образуват пукнатини - по тях не се осъществява срязване. Ъгъл на наклон на първоначалните пукнатини е много по-малък от ъгъла на пукнатините, по които се осъществява срязването. Ъгълът на срязване /на естествения откос/ за изследваната почва, получен от опит с едноплоскостен апарат е 21°.

При опити провеждани на по-малка дълбочина около - 10-15 cm т.е. при дълбочини съизмерими с размерите на модела на фундамента присъединения към плочата обем почва има пирамидална форма. Пирамидата при квадратните модели на

фундамента е обърната обратно с голямата страна нагоре виж Фиг.2.а). Като изтръгнатия обем почвата е с относително голямо тегло и размери. Почвата е „извадена” по повърхнините на срязване без да се получат разрушения в този обем почва над плочата /Фиг. 3 а)/.

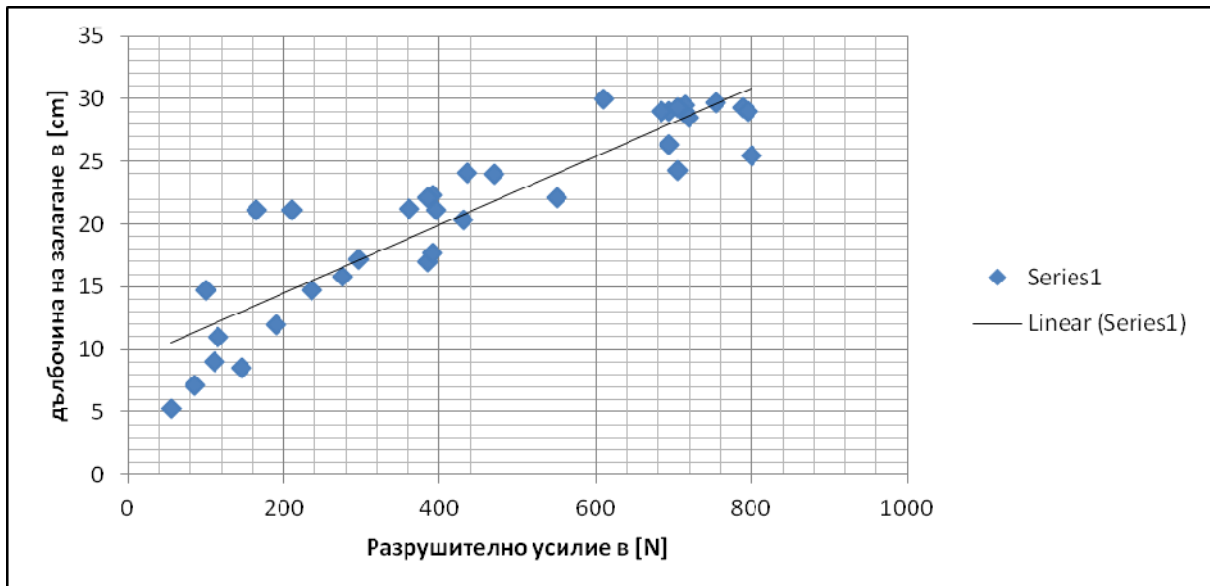


а)

б)

**Фиг. 3.** Изтръгнат обем почва присъединен към металната плоча  
а) при модел на фундамент с размери 10/10cm и дълбочини до 15 cm;  
б) при модел с размери 5/5 cm и дълбочина по-голяма от 15 cm.

При по-дълбоко заложен модел на опънни фундаменти - до дълбочини три пъти от размера им се получава отново пирамидална форма на присъединения към плочата обем почва. Пирамидата е с по-голяма долна основа и при най-големите дълбочини теглото на тази почва е най-малко /Фиг.3 б)/.



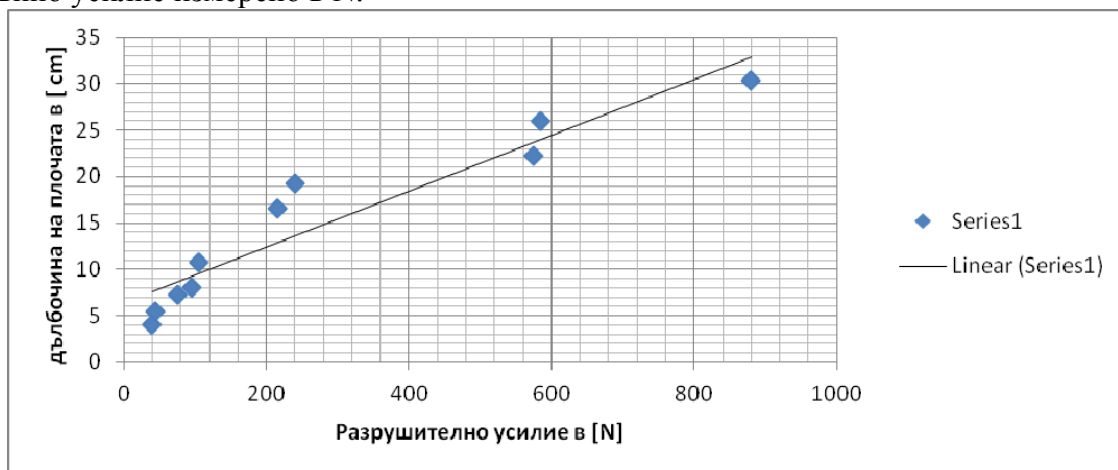
**Фиг. 4.** Зависимост „усилие /дълбочина на залагане” на модел на фундамент при размери 10/10cm в средата

От обобщените резултати се вижда че при по-дълбоко заложените модели се получава най-малък присъединен обем почва. Например при квадратен модел 10/10 cm заложен до плексигласа се получават следните зависимости между дълбочина и тегло на присъединения обем почва:

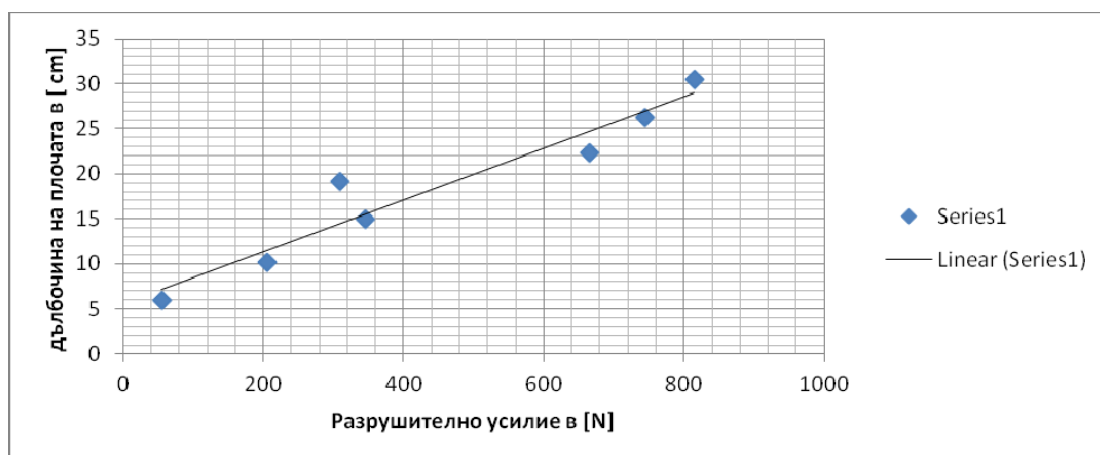
- 5 cm дълбочина - почвата тежи от 800 до 1100 g;
- 10 cm дълбочина - почвата тежи от 1500 до 2200 g;

- 15 cm дълбочина - почвата тежи от 1350 до 4400 g;
- 20 cm дълбочина - почвата тежи от 800 до 1100 g;
- 25 cm дълбочина - почвата тежи от 750 до 1400 g;
- 33 cm дълбочина - пясъци почвата тежи от 900 до 1350 g.

На /Фиг. 4/ е показана зависимостта между дълбочина на залагане на модел на фундамент с размери 10/10 cm поставен в средата на металната кутия и разрушителното опънно усилие измерено в N.



**Фиг. 5. Зависимост „усилие /дълбочина на залагане” на модел на фундамент с диаметър 9,5 cm до плексигласа при 30 удара на трамбовката**



**Фиг. 6. Зависимост „усилие /дълбочина на залагане” на модел на фундамент с диаметър 9,5 cm до плексигласа при 60 удара на трамбовката**

На /Фиг. 5/ е показана зависимостта между дълбочина на залагане на модел на фундамент с диаметър 9,5cm поставен до плексигласа и разрушителното опънно усилие измерено в N. Графиката обобщава резултатите от изпитванията при уплътняване на почвата с 30 удара на трамбовката за всеки пласт. Уплътняването се извършва на пластове почва с дебелина от 5-7 cm.

На /Фиг.6/ са показани резултатите от изпитване за същия модел от /Фиг.5/ с тази разлика, че е удвоена уплътнителната работа - на 60 удара за всеки пласт. При тези опити от /Фиг. 5 и 6/ се вижда, че при по-добре уплътнената почва разрушителните усилия се увеличават от 16 до 29 %. От тук може да се направи извода, че по-добре уплътнената почва може да понесе по-големи разрушителни опънни сили, съответно и опънни напрежения при едни и същи размери на фундаментите.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направените опити можем да направим следните изводи:

1. Наблюдава се зависимост между дълбочината на залагане на опънни фундаменти и опънната сила на изтръгване. С увеличаване на дълбочината на анкерния модел се увеличава големината на разрушителната опънна сила.
2. При по-добро уплътняване на почвата след полагане на опънни фундаменти разрушаването на почвата става при значително по-големи опънни сили дори при пясъци и слабосвързани почви.

### ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. EN 1997-2:2007 Еврокод 7: Геотехническо проектиране. Част 2: Изследване и изпитване на земната основа БИС, 2007.

## LABORATORY TEST OF TENSILE FOUNDATION

**Stoyna Kostova**

[kostova.stoyna@gmail.com](mailto:kostova.stoyna@gmail.com)

*Department of Transport and structure engineering,  
Todor Kableshkov University of Transport  
158, Geo Milev str., Sofia 1574  
BULGARIA*

**Key words:** *tensile foundations, anchor plates, cohesive and noncohesive soils, tensile (anchor) forces, laboratory tests, models of foundations*

**Abstract:** *The article presents the specifics of testing tensile foundations (anchors) in noncohesive soils. In noncohesive soils cohesion is usually small in value and in some cases, forces of interaction between the particles /cohesion/ are ignored. Gravelly and sandy soils are noncohesive soils. In Eurocode 7 2 [1] these soils are called nonplastic. Particles of noncohesive soils are from 200 to 0,1 mm.*

*When we talk about cohesive soils, we understand clayey soils, like sandy clay, clayey sand or clay. In Eurocode 7 2 [1], clayey soils are called plastic soils. Particles of clayey soils are very small - sizes smaller than 0,005 mm.*

*This article shows the experiments made with sandy soil. We observe and analyze sliding surfaces that formed by the maximum effort, which sandy soil can bear under tension forces of anchor foundations put in it. We study the relation between depth of anchor and maximum tension force. Another relation we monitor is between compaction of the noncohesive soil in the area around anchor and maximum tension force .*

*There have been some conclusions and summaries of the tests.*