

УДК 625.7/8

к.т.н., професор Ряпухін В.М.,
к.т.н, доцент Батракова А.Г., Процюк В.О.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИМИ ТА ДЕФОРМАЦІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ҐРУНТУ

Проведені експериментальні дослідження зв'язку між електрофізичними та деформаційними характеристиками ґрунтів.

Ключові слова: *Модуль пружності, діелектрична проникність, ґрунтова модель, важільний прес.*

В розрахунках дорожніх одягів головним параметром ґрунтової основи є його стиснення, яке частіше всього характеризується *модулем загальної деформації E_0* (а також *модулем пружності E_{np}*) або коефіцієнтом постелі C [1]. Деформаційні характеристики ґрунту робочої зони земляного полотна істотним чином залежать не тільки від виду ґрунту, його гранулометричного складу, але й від вологості ґрунтової основи, визначаючи тим самим як конструктивні особливості дорожнього одягу, так і його несучу здатність.

Деформаційні характеристики ґрунтів можуть бути отримані в результаті випробування методом вдавнення штампу статичним навантаженням в польових або лабораторних умовах. Громіздкість обладнання та тривалість проведення випробувань обмежують використання цих методів дорожніми організаціями при обстеженні автомобільних доріг. Зазначимо також, що ці методи орієнтовані на отримання одиничних дискретних даних, які повинні характеризувати ґрунти на досить протяжних ділянках автомобільних доріг. Разом з тим, практика свідчить, що вологість ґрунтів, а отже їх деформаційні характеристики змінюються безперервно як в часі, так й по довжині автомобільних доріг.

Тому досить важливим завданням є розробка методики оперативного визначення вологості ґрунтів та їх деформаційних характеристик при обстеженні автомобільних доріг. Така методика дозволить визначати зони надмірного зволоження конструкції дорожнього одягу, що буде сприяти як обґрунтованому розрахунку дорожнього одягу на етапі проектування, так й раціональному призначенню заходів з ремонту та утримання дорожнього одягу на етапі експлуатації.

Вирішення даної задачі стає можливим з впровадженням в дорожню практику сучасного георадарного обладнання та розвитком методів обробки даних георадарного обстеження дорожніх одягів. Доведено, що електрофізичні

характеристики ґрунтів залежать від їх вологості [2, 3] В свою чергу деформаційні характеристики ґрунтів також пов'язані з вологістю. Це створює передумови для встановлення зв'язку між електрофізичними та деформаційними характеристиками ґрунтів.

Встановлення зв'язку між електрофізичними та деформаційними характеристиками ґрунтів проводилося експериментально в декілька етапів:

- визначення деформаційних характеристик ґрунтів при різній вологості;
- визначення електрофізичних характеристик ґрунтів за допомогою георадарного обладнання та встановлення зв'язку між діелектричною проникністю ґрунту та відносною вологістю;
- встановлення зв'язку між електрофізичними та деформаційними характеристиками ґрунту на підставі даних експериментальних досліджень.

Як було зазначено раніше, основною деформаційною характеристикою ґрунту, яку використовують при розрахунках дорожнього одягу, є модуль деформації та модуль пружності. Дані величини залежать від значення прикладеного навантаження, швидкості прикладення навантаження, форми і розміру штампа, і головним чином залежить від щільності та вологості ґрунту [4].

Для визначення деформаційних характеристик ґрунту в лабораторних умовах відповідно до ВБН В.2.3-218-186 був використаний важільний прес, рис.1.



Рис. 1. Важільний прес для визначення модуля пружності ґрунту

Для дослідження був відібраний ґрунт для відсіпки земляного полотна - супісок. Оскільки відібрати зразки ґрунту з дорожньої конструкції з непорушеною структурою неможливо, тому в формі розміром 60 см на 60 см був виготовлений зразок із відповідною щільністю (рис. 2). На дно форми була вкладена резинова прокладка товщиною 4 см для моделювання пружної основи. На резиновій основі влаштовувався шар основи із глинистого ґрунту товщиною 20 см. Влаштування основи з ґрунту проводилося з пошаровим трамбуванням до максимальної щільності ґрунту. Шар основи із глинистого ґрунту був

обгорнутий в поліетиленову плівку для збереження постійного значення вологості ґрунту. Поверх шару основи методом пошарового ущільнення до максимальної щільності був сформований шар із супіску товщиною 20 см, який досліджувався.

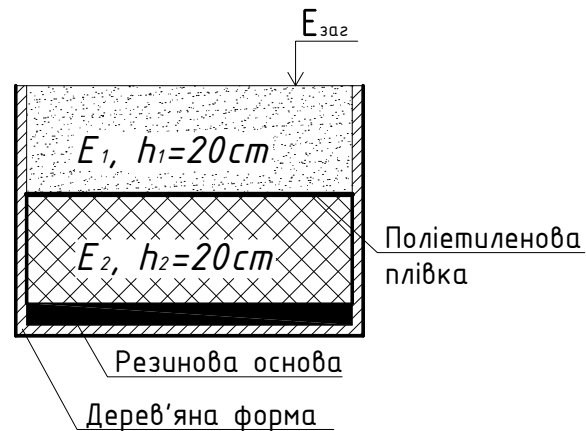


Рис. 2. Модель для проведення експериментальних досліджень

Максимальна щільність ґрунту залежить від оптимальної вологості. Тому перед формуванням зразка методом стандартного ущільнення було визначено оптимальну вологість, при якій досягається максимальна щільність ґрунту. Під час виготовлення зразка щільність і вологість ґрунту перевірялася за допомогою щільноміра - вологоміра Ковальова.

Оскільки проведення досліджень передбачало зміну вологості шару супіску, то під час формування моделі були закладені мідні трубки з отворами для подачі води в ґрунт знизу (рис. 3).



Рис. 3. Закладання мідних трубок в ґрунтову модель

Дослідження по вдавненню штампу діаметром 100 мм проводилося шляхом прикладення навантаження чотирма зростаючими ступенями з повним розвантаженням в кінці кожної ступені: 0,05 МПа, 0,10 МПа, 0,15 МПа, 0,20 МПа. Кожен рівень навантаження витримувався до загасання деформації (різниця відліків за індикаторами – не більше 0,01 мм за 5 хв). Після того, як був зафіксований відлік за індикаторами, штамп розвантажували і очікували відновлення деформації до повного загасання.

Деформація зразка ґрунту вимірювалася двома датчиками електронного типу, на яких мінімальний відлік за шкалою становить 0,001 мм. Датчики були розташовані на крайці штампі по лінії горизонтальної вісі (рис. 4). Значення переміщення визначалося, як середнє арифметичне відліків двох датчиків.



Рис. 4. Розміщення датчиків переміщення штампі

В процесі проведення експерименту визначались значення повних і зворотних деформацій ґрунтової основи (глинистий ґрунт) при оптимальній вологості та ґрунтової моделі (глинистий ґрунт + супісок) при змінній вологості шару супіску, яка варіювалася від $0,5 W_T$ до $0,9 W_T$.

Модуль деформації та модуль пружності визначалися за формулами:

$$E_0 = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{p \cdot (1 - \mu^2)}{S_0}, \quad (1)$$

$$E_{np} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{p \cdot (1 - \mu^2)}{S}, \quad (2)$$

де p – тиск, який передається на ґрунтову модель через штамп, МПа;

μ – коефіцієнт Пуассона (для супіску $\mu=0,31$ [4]);

S_0 – повна деформація зразка, мм;

S – пружна деформація зразка, мм.

Розрахунком за допустимим пружним прогином [5] був визначений загальний модуль пружності верхнього досліджуваного шару супіску при різних значеннях вологості. Результати розрахунків наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Результати випробування ґрунтової моделі

Вологість в частках від Вт	Модуль пружності нижнього шару, МПа	Загальний модуль пружності конструкції, МПа	Модуль пружності верхнього шару, МПа	Діелектрична проникність, ϵ
0,50	42	78	106	4,4
0,55		70	92	4,8
0,60		62	78	7,3
0,65		52	61	7,7
0,70		49	57	8,1
0,75		42	47	9,3
0,80		39	43	13,6
0,85		37	40	15,6
0,90		33	35	19,6

Другий етап експериментальних досліджень мав за мету визначення електрофізичних характеристик ґрунту, а саме діелектричної проникності (ϵ). В процесі експерименту проводилося сканування моделі георадаром. Аналіз сигналів, які були зафіксовані при георадарному скануванні моделі, та наступна обробка в програмі GeoVizu дозволили отримати значення діелектричної проникності при супіску різній вологості (рисунок 5).

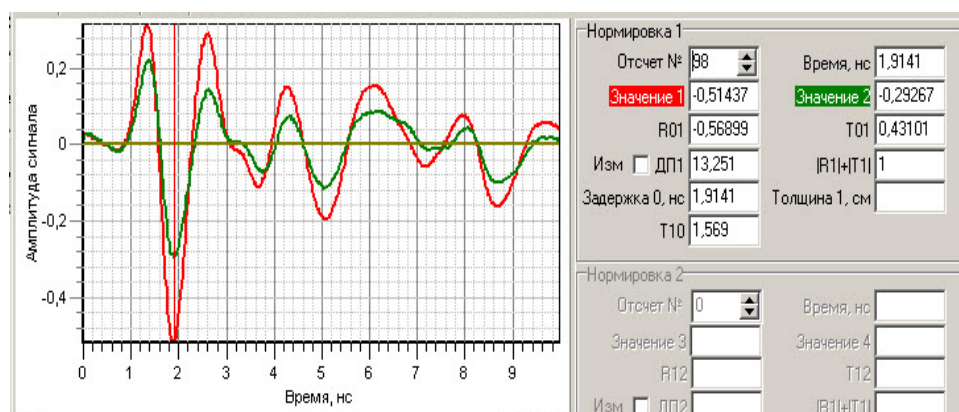


Рис. 5. Вікно програми розрахунку діелектричної проникності шару супіску

Результати визначення діелектричної проникності прирізної вологості шару супіску, що досліджується, наведено в таблиці 1.

За результатами дослідження деформаційних та електрофізичних властивостей встановлено залежність між діелектричною проникністю, вологістю та модулем пружності шару супіску (рис. 6).

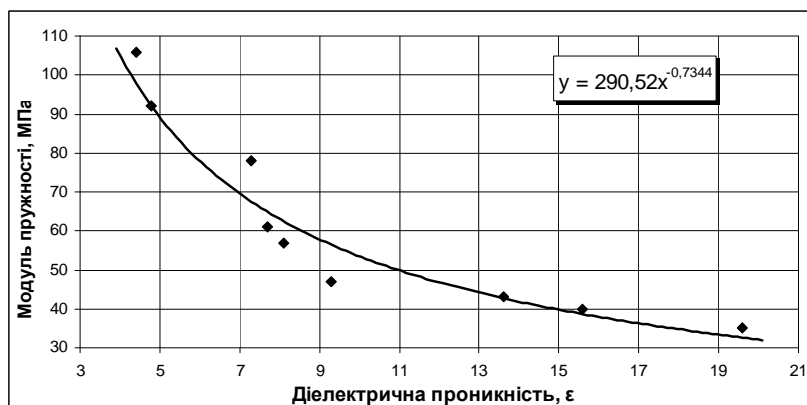


Рис. 6. Зв'язок діелектричної проникності супіску з модулем пружності

Аналогічно може бути встановлений зв'язок між електрофізичними та деформаційними характеристиками інших видів ґрунтів, що надасть змогу розробити експрес-метод оцінки вологості ґрунтів та несучої здатності конструкції дорожнього одягу, який базується на обробці результатів георадарного обстеження дорожніх одягів.

Література

1. Черкасов И.И. Механические свойства грунтов в дорожном строительстве / И.И. Черкасов – М.: «Транспорт», 1976. – 247 с.
2. Topp G.C., Yanuka M., Zebchuk W.D., Zegelin, S. Determination of electrical conductivity using time domain reflectometry: Soil and water experiments in coaxial lines / G.C. Topp, M. Yanuka, W.D. Zebchuk, S. Zegelin // Water Resources – 1988. – № 24. – С. 945 – 952.
3. Батракова А.Г. Дослідження електрофізичних властивостей дорожньо-будівельних матеріалів/ А.Г. Батракова, С.М. Урдзік, В.О. Процюк. // Містобудування та територіальне планування: Науково-технічний збірник, вип. 40, К.; КНУБА, 2011. – С.93-97.
4. Стасовская К.А. Грунтоведение и механика грунтов. Лабораторные работы / К.А. Стасовская – Киев.: Изд. «Вища школа», 1977. – 128 с.
5. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3-218-186-2004 – [Чинний від 2005-01-01]. – К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2004. – 153 с. – (Стандарт Укравтодор).

Аннотация

Проведены экспериментальные исследования связи между электрофизическими и деформационными характеристиками грунтов.

Ключевые слова: Модуль упругости, диэлектрическая проницаемость, грунтовая модель, рычажный пресс.

Abstract

Experimental researches of relation between electro-physical and deformations characteristics of soils are conducted.

Keywords: Modulus of elasticity, permittivity, soil model, the lever press.