

УДК 624.156:621.92 9.2/7

ВПЛИВ ПОВЗДОВЖНЬОГО АРМУВАННЯ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ПАЛЯ З ГРУНТОЦЕМЕНТУ

*Д.т.н., проф. Зоценко М.Л., д.т.н., проф. Павліков А.М.,
аспірант Петраш О.В.*

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

Постановка проблеми. Призмова міцність ґрунтоцементу, виготовленого за бурозмішувальною технологією з лесованого суглинку без використання хімічних добавок, через 28 діб тужавіння коливається в межах 1,5...5 МПа залежно від складу ґрунту, вмісту води та портландцементу. Для широкого застосування ґрунтоцементу як конструктивного матеріалу фундаментів, необхідний певний запас його міцності. Одним із способів збільшення міцності конструкцій з ґрунтоцементу є його насичення металевою арматурою, але досі не маємо достатньо прикладів армування ґрунтоцементу і методів його розрахунку.

Аналіз останніх досліджень. Практичне застосування ґрунтоцемент бере ще з середини XX століття. Цей матеріал використовували переважно у будівництві доріг і аеродромів в якості підготовки для дорожнього покриття. В останнє десятиріччя є багато прикладів активного використання ґрунтоцементу у фундаментах нових та підсиленні основ існуючих будівель. Доведено, що конструкції з ґрунтоцементу можливо армувати сталевією арматурою завдяки наявності передумов ефективної сумісної роботи арматури з ґрунтоцементом. Авторами робіт [1,2] приводяться дані про близькість коефіцієнту теплового лінійного розширення ґрунтоцементу та арматури, надійний захист арматури від корозії в складі ґрунтоцементу. Показано, що сила зчеплення арматури з ґрунтоцементом наближається до сили її зчеплення з дрібнозернистим бетоном.

Мета роботи полягає в тому, щоб розробити спосіб визначення несучої здатності армованих ґрунтоцементних конструкцій.

Виклад основного матеріалу. Для досягнення поставленої мети досліджувалась ґрунтоцементна паля діаметром 500 мм площею перерізу $A_c = 0,196 \text{ м}^2$. Для визначення механічних характеристик армованого ґрунтоцементу були виготовлені дослідні зразки розмірами 100x100x400 мм (рис. 1). Виготовлено 4 серії по 6 зразків у кожній, усього 24 зразка. Зразки першої серії не мали у складі нормального перерізу арматури, зразки ж серій № 2, 3, 4 мали коефіцієнт армування 1,13%, 2,01% та 3,14%, відповідно. На торцевих поверхнях зразків були передбачені опорні пластини, до котрих жорстко приєднувалися стержні повздовжньої арматури. Оскільки в даному досліді за мету ставилась міцність армоґрунтоцементної конструкції, то довжина моделі не мала для експерименту суттєвого значення. Для зручності проведення досліді довжину моделі було прийнято рівною кроку поперечної арматури у складі натурної конструкції, тобто 400 мм. Захисний шар арматури складав 20 мм.



Рис. 1. Зовнішній вигляд армованого ґрунтоцементного дослідного зразка

Матеріалом армованих призм був ґрунтоцемент, виготовлений в лабораторних умовах за принципом бурозмішувальної технології з лесового суглинку з числом пластичності $I_p=12\%$. Природна вологість ґрунту складала $W=0,18$, а щільність $\rho=1,53 \text{ т/м}^3$. Портландцемент М 400 додавався у кількості 20% від ваги скелету ґрунту у вигляді цементного молока, кількість води в ньому приймалася з огляду на водоцементне відношення $В/Ц=2,7$. Така величина $В/Ц$ була прийнята для забезпечення необхідної рухливості ґрунтоцементної суміші, яка в даному досліді визначалася осіданням конусу і складала 11 см. Суміш перемішувалася до досягнення однорідності.

Механічні характеристики конструктивних матеріалів, а саме модуль пружності E_s і E_{cd} , відповідно, для сталі і ґрунтоцементу; та розрахункові значення міцності сталі на межі текучості, f_{yd} , і ґрунтоцементу на стиск через 28 діб тужавіння у вологих умовах, f_{cd} , наведені у табл. 1:

Таблиця 1

Механічні характеристики матеріалів

Характеристики арматури		Характеристики ґрунтоцементу	
E_s , МПа	f_{yd} , МПа	E_{cd} , МПа	f_{cd} , МПа
210000,00	225,00	2000,00	1,12

Після витримки заданого терміну тужавіння ґрунтоцементу зразки випробовували на центральний стиск за допомогою лабораторного пресу. Загальний вигляд процесу випробовувань ґрунтоцементних елементів наведено на рис.2.

За результатами випробовувань ґрунтоцементних зразків на центральний стиск, були отримані величини їх несучої здатності. В табл.2 наведені середні дані для кожної серії випробовувань. Коефіцієнт варіації, визначений в результаті статистичної обробки експериментальних даних методом найменших квадратів, склав $V = 0,16$.

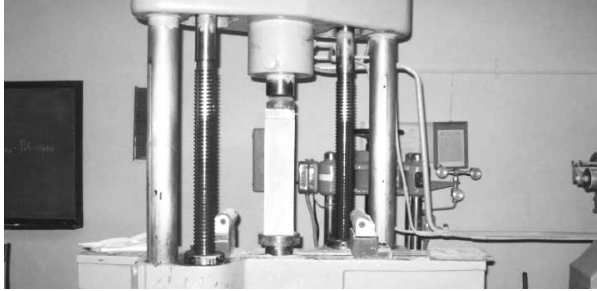


Рис. 2. Випробування дослідних зразків на центральний стиск

Таблиця 2
Значення несучої здатності армованих ґрунтоцементних призм

№ серії	В/Ц суміші	Вміст цементу, %	Процент армування перерізу ρ_f , %	Середнє значення несучої здатності N , кН
1	2,7	20	0,00	11,20
2	2,7	20	1,13	40,70
3	2,7	20	2,01	60,70
4	2,7	20	3,14	84,00

Величина несучої здатності армованих ґрунтоцементних призм визначалася аналітично двома способами, з метою визначення найбільш придатного з них для розрахунку ґрунтоцементних конструкцій.

Перший спосіб розроблено відповідно до передумов, запозичених з роботи [3], де наведені формули для перевірки міцності центрально стиснутого елемента при відомих розмірах, армуванні перерізу та навантаженні. Відповідно до розглядуваного випадку, формула (7.50) з [3], стор. 251 представлена у наступному вигляді:

$$N = \varphi (f_{cd} \cdot A_c + f_{yd} \cdot A_s), \quad (1)$$

де, N – шукане повздовжнє зусилля, кН;

φ – коефіцієнт, який в розглядуваному випадку прийнятий рівним 0,92;

f_{cd} – в даному випадку розрахункове значення призмової міцності ґрунтоцементу, МПа;

A_c – площа нормального перерізу ґрунтоцементної конструкції мм²;

f_{yd} – розрахунковий опір арматури на стиск, МПа;

A_s – загальна площа робочої арматури, мм².

Розрахункові значення несучої здатності моделі та очікуваної несучої здатності натурної палі приведені у табл.3.

Таблиця 3

Несуча здатність армогрунтоцементних зразків та натурних паль за першим методом розрахунку

№ серії	ρ_f , %	φ	f_{cc} , МПа	A_c , м ²	R_{sc} , МПа	A_s , мм ²	N, кН	N, кН натурної палі
1	0,00	0,92	1,12	0,01	225	0	11,20	179
2	1,13	0,92	1,12	0,01	225	113	33,70	661
3	2,01	0,92	1,12	0,01	225	201	51,91	1019
4	3,14	0,92	1,12	0,01	225	314	75,30	1478

Другий метод оснований на передумовах, запозичених з роботи[4] є способом розрахунку навскісно завантажених залізобетонних елементів за деформаційною моделлю НДС у закритичній стадії. Розрахунок для даного випадку є частковим. Формула визначення несучої здатності армогрунтоцементного елемента в нормальному перерізі матиме наступний вигляд:

$$N_{н} = A_p \cdot f_{cc} \cdot \left[A_{\eta_{н}} + \frac{\eta_{н}(K - \eta_{н})}{1 + (K - 2)\eta_{н}} \right], \quad (2)$$

де $N_{н}$ – несуча здатність колони (грунтоцементної призми в даному досліді);

K – коефіцієнт пружно-пластичних властивостей грунтоцементу в критичному стані, величина якого для даного матеріалу потребує в подальшому точного експериментального визначення, але в умовах проведеного досліді прийнята у першому наближенні рівною $K = 1,70$;

A , $\eta_{н}$ – коефіцієнти, фізичний зміст яких наведений у джерелі [4], а їх значення у табл. 4. У даній таблиці також вказана несуча здатність грунтоцементних зразків та очікувана несуча здатність натурних грунтоцементних паль.

Таблиця 4

Несуча здатність грунтоцементних зразків та натурних паль за другим способом розрахунку

№ серії	ρ_f , %	A	$\eta_{н}$	K	$N_{н}$, кН	N, кН натурної палі
1	0,00	0	1	1,70	11,20	179
2	1,13	1,54	1,40	1,70	32,20	635
3	2,01	2,73	1,60	1,70	52,41	1033
4	3,14	4,27	1,79	1,70	81,68	1616

На рис.3 наведено співставлення несучої здатності армованих ґрунтоцементних зразків різного проценту армування нормального перерізу, яка визначена за розрахунком двома способами.

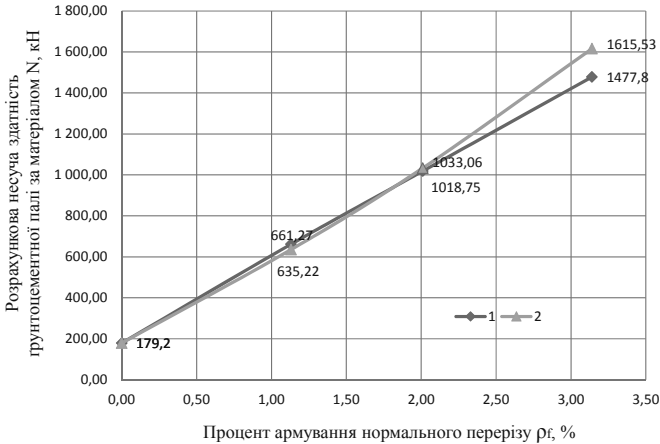


Рис. 3. Залежності несучої здатності за матеріалом натурних ґрунтоцементних палей N від проценту їх армування ρ_r : 1 – за 1-м методом, 2 – за 2-м методом

Висновки. Проведені дослідження дають можливість зробити висновок про те, що використання поздовжнього армування ґрунтоцементних палей дозволяє збільшити їх міцність за матеріалом на дію центрального стиску в 3...7 разів. З розглянутих аналітичних методик розрахунку армованого ґрунтоцементу за несучою здатністю перевагу слід віддати розрахунку за деформаційною моделлю, оскільки вона дозволяє найбільш точно враховувати нелінійні властивості ґрунтоцементу, особливо при значній величині проценту армування.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Токін А.Н. Фундаменты из цементогрунта / А.Н. Токін – М.: Стройиздат, 1984. – С. 102-106
2. Ланько С.В. Современные технологии перемешивания грунтов/ Актуальные вопросы геотехники при решении сложных задач нового строительства и реконструкции/ Сб. научн. трудов, – Санкт-Петербург, СПбГАСУ, 2010. – С. 168-174.
3. Залізобетонні конструкції: Підручник / А.Я. Барашиков, Л.М. Буднікова, Л.В. Кузнецов та ін.; За ред. А.Я. Барашикова. – К.: Вища шк., 1995. – 591 с.
4. Павліков А.М. Нелінійна модель напружено-деформованого стану косо завантажених залізобетонних елементів у за критичній стадії: Монографія. – Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2007. – 259 с.