

УДК 624.16+69.035.4

Зайченко С.В., доц., к.т.н., НТУУ“КПІ”, м. Київ, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТОВИХ СУМІШЕЙ ПРИ РОЛИКОВОМУ УЩІЛЬНЕНІ

Особливою складністю дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів і будівельних сумішей є вибір певного типу ґрунту і складу будівельної суміші. Адже умови залягання підземних виробок відрізняються різноманітністю типів ґрунтів як по глибині залягання так і по довжині траси. Так наприклад, тільки при будівництві ділянки Київського метро “Васильківська — Виставковий центр” зустрічаються більше дев’яти типів ґрунтів, які мають подальше розділення на підвиди (рис. 1). Також проведення проходки в ґрунтових масивах відбувається з порушенням його цілісності і насиченням поверхні шляхом перемішування з продуктами руйнування порід забою, продуктів стирання, глинистих мінералів утворюючі техногенноперетворений приконтурний шар.

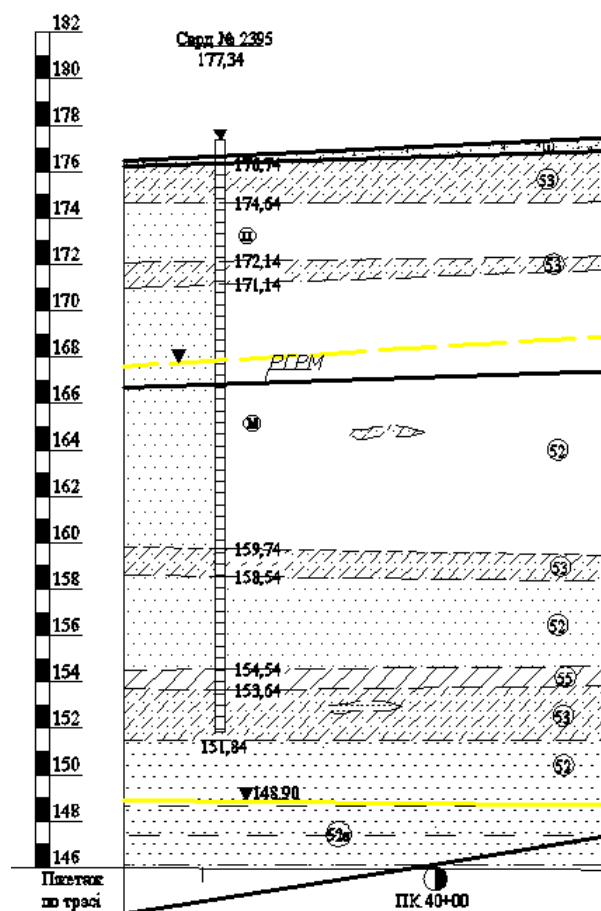


Рис. 1. Геологічний розріз ділянки

Разом з цим аналіз особливостей процесів консолідації зв’язних ґрунтів, а також практика польових методів відзначення типу ґрунтів свідчить про залежність основних характеристик ґрунтів від співвідношення піщаних і глинястих часток, вологості, меншій ступені дисперсності піщаних часток, при розмірі зерен часток менше  $0,25\text{мм}$ . Також розділення на різновиди основних глинястих ґрунтів за ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95) “ґрунти. Класифікація.” проводять за процентним відношенням піщаних часток. Утворення ґрунтобетонних елементів контуру підземних споруд, можливо шляхом додавання і перемішування штучних неорганічних в’яжучих, наприклад цементного гелів.

Саме тому для проведенні дослідів по дослідженню основних фізико-механічних властивостей ґрунтів запропоновано, використання сумішей піску і монтморілонітової глини з різною початковою вологістю і пористістю.

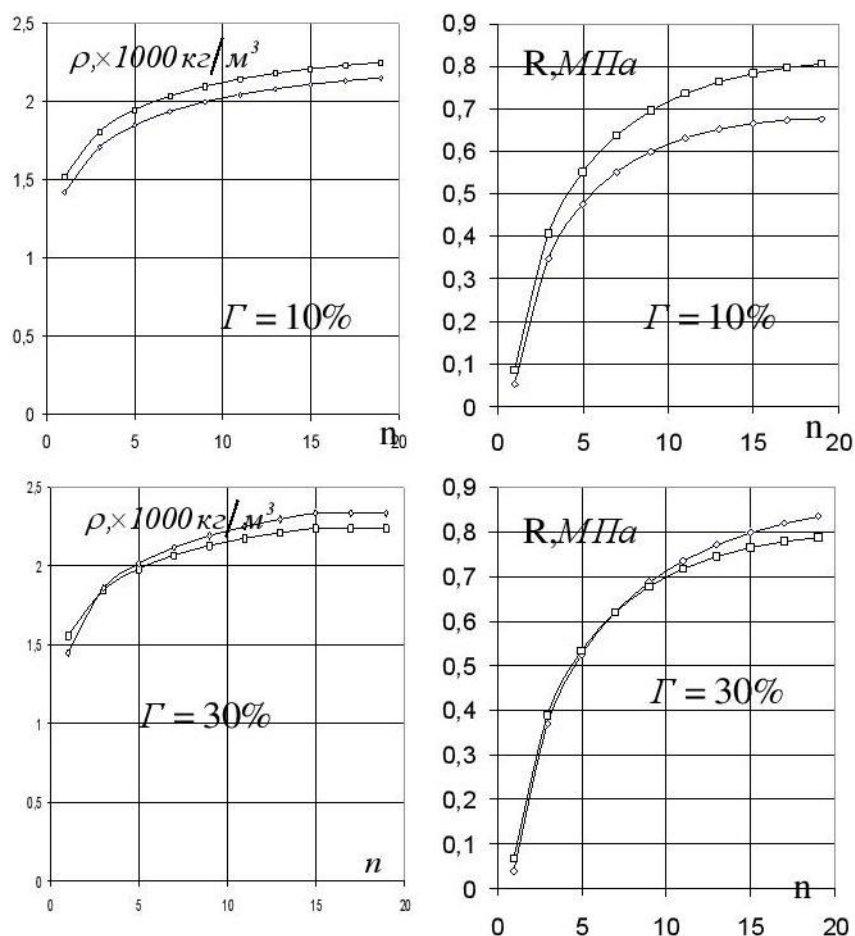
Для всіх дослідів використовувався пісок річний Дніпровський кварцовий з модулем крупності  $M_{кр}=1,37$ , з питомою густиною скелета  $\rho_0 = 2650 \text{ кг/м}^3$  і об’ємною вагою (насіпною щільністю)  $\rho_n = 1500 \text{ кг/м}^3$  (ДСТУ Б В.2.7-32-95).

Процес зведення підземних споруд з використанням гідропривантаження упроводжується насиченням прилеглої контуру складовими бентонітової розчину. Тому в якості глини використовувався монтморілонітова глина. Вміст ( $\Gamma$ ) глини в досліджуємих зразках приймався  $10, 20$  і  $30\%$ . Вологість зразків ( $W$ ) складала  $14$  і  $18 \%$ , що відповідає середній вологості ґрунтів у природних умовах. Для визначення впливу ступені консолідації ґрунтів на їх фізико-механічні властивості зразки попередньо ущільнювали, з досягненням коефіцієнту ущільнення  $0,75, 0,85$  і  $0,95$ .

Метою експериментальних досліджень на даному етапі було визначення характеру зміни росту напружень і щільності ґрунтової суміші в процесі роликотого ущільнення різними робочими органами, а також встановлення геотехнічних характеристик суміші: міцності на стискання  $R = f(\Gamma, W, \rho)$ , коефіцієнту бокового тиску  $\xi = f(\Gamma, W, \rho)$ , коефіцієнту розсіювання  $\beta = f(\Gamma, W, \rho)$ .

На рис. 2 наведені графіки зміни щільності  $\rho$  і міцності  $R$  на стискання ґрунтових від номеру проходу  $n$ .

Порівнюючи зміну щільності  $\rho$  і міцності  $R$  ґрунтових сумішей в процесі формування можливо зробити висновок, що при збільшенні числа проходів швидкість нарощування щільності і міцності зменшується і має горизонтальний асимптотичний характер. При цьому міцність може зростати при стабілізації щільності. Це пов’язано з тим, що при досягненні стабільного напруження у масиві іде процес пластичної течії ґрунтової суміші з утворенням нових структурних зв’язків, що пояснюють збільшення міцності без суттєвої зміни щільності.



—□—□—□ - вологість 14%; —◇—◇—◇ - - вологість 14%

Рис. 2. Графіки зміни щільності і міцності ґрунтової суміші

При порівнянні міцності зразків одного складу і щільності ущільнених різними способами (трамбуванням і укочуванням) відмічено збільшену міцність зразків ущільнених методом роликового формування. З графіків зміни щільності і міцності ґрунтової суміші при роликовому ущільненні (рис. 2) видно, що межові значення міцності зразків складають 0,81 і 0,85 МПа проти 0,787 і 0,764 МПа отриманих шляхом трамбування. Поясненням даної розбіжності міцності, являється більш скомпонована структура скелету ґрунтової суміші, що забезпечується за умов роликового формування.

Для встановлення емпіричних значень коефіцієнтів, які враховують взаємозв'язок виникаючих при формуванні ортогональних нормальних тисків (коефіцієнти бокового тиску  $\xi_{zp} = f(\Gamma, W, \rho)$  використано отримані значення нормальних ортогональних напружень  $\sigma_z$  і  $\sigma_{\phi}$  виникаючих в середовищі при роликовому формуванні.

Підвищення кількості води в ґрунтовій суміші збільшує коефіцієнт бокового тиску (рис 3), що пов'язано з кращою передачею тиску у всіх напрямках водою в порівнянні з сухою сумішшю.

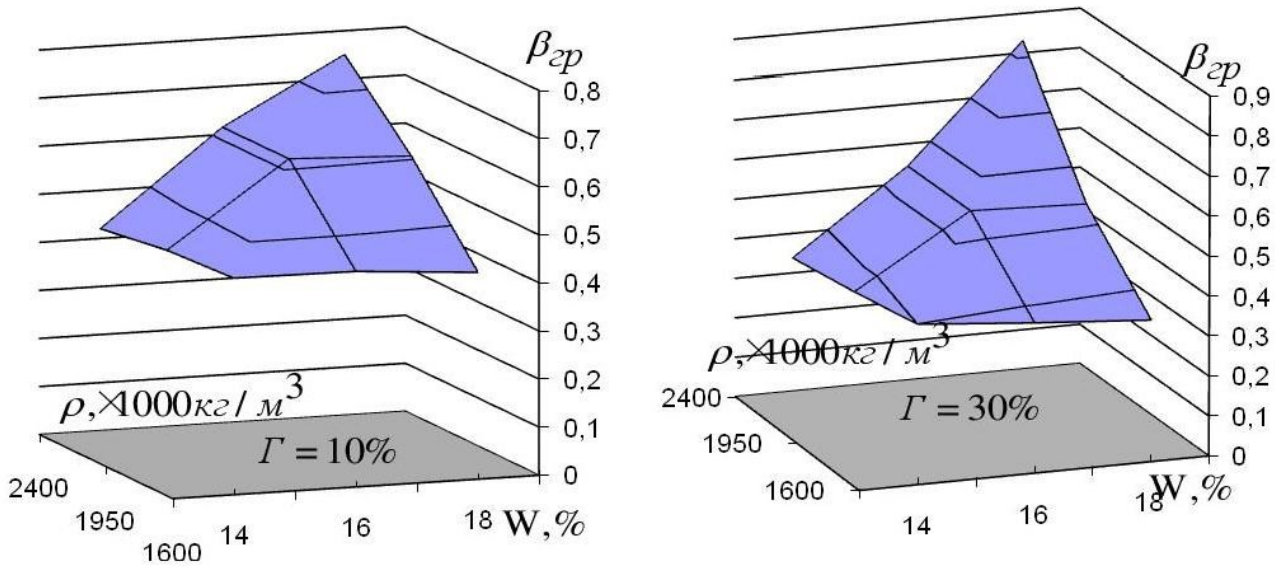


Рис. 3. Графік зміни коефіцієнту розсіювання  $\beta = f(\Gamma, W, \rho)$

Встановлення емпіричних коефіцієнтів, які враховують розсіювання і згасання напружень у формуемому об’ємі (коефіцієнти розсіювання  $\beta = f(\Gamma, W, \rho)$ ) використано експериментально встановлені значення нормальних тисків  $\sigma_z$  і  $\sigma_y$  значення, яких отримано шляхом розташування датчиків в суміші на різних рівнях.

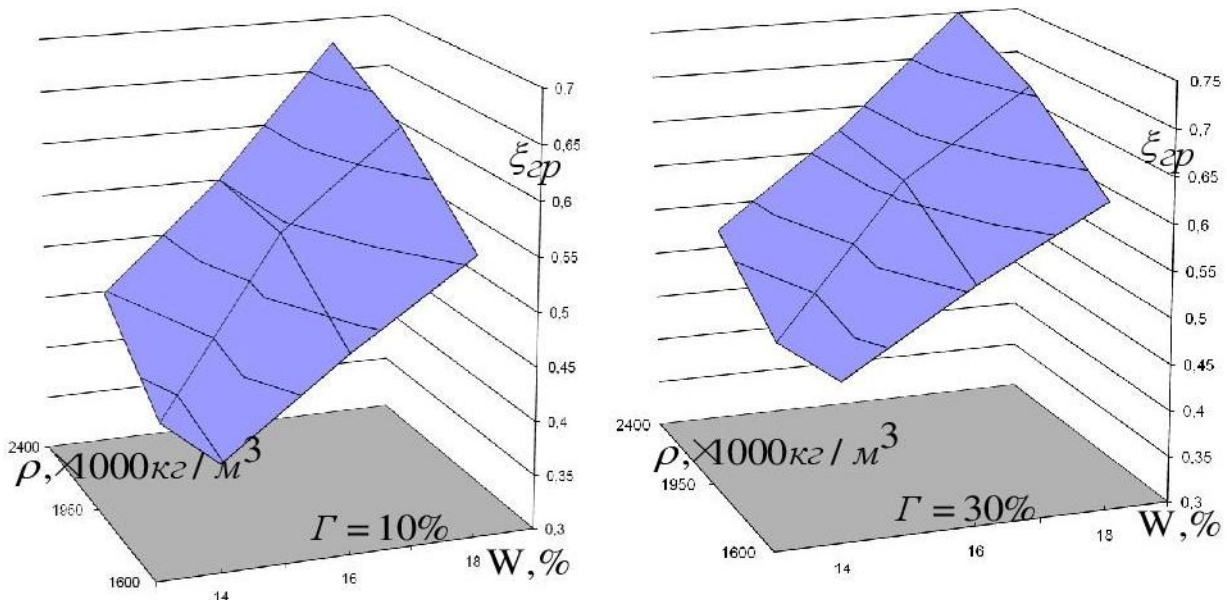


Рис. 4. Графік зміни коефіцієнту бокового тиску  $\xi_{zp} = f(\Gamma, W, \rho)$

Зростання щільності сумішей призводить до зменшення розсіювання виникаючих від дії робочих органів напружень обох випадках. Зростання коефіцієнту розсіювання відбувається при зростанні вмісту глинястих часток, що викликано утворенням більш міцної сформованої структури.

Експериментальне визначення головних фізико-механічних властивостей ґрунтових сумішей при роликовому формуванні дозволяє прогнозувати міцність прилеглого контуру підземної споруди з метою встановлення загальної стійкості і міцності, а також дозволяє проводити математичний опис процесів, які виникають при ущільненні ґрунтів.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Маслов Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов / Маслов Н.Н. - М. : Высш. школа, 1982. - 511 с.
2. В. Т. Трофимов [и др.]. ; под ред. В. Т. Трофимова; МГУ им. М. В. Ломоносова. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во Моск. ун-та : Наука, 2005. - 1023 с.