

**Тема: «Збільшення
несучої здатності паль
закріпленням ґрунту в
навколо пальовому
просторі»**

- **Метою** дослідження є оцінка несучої здатності палі при підсиленні її ін'єктуванням в навколопальовий простір розчину силікату натрію.
- Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **задачі**:
- проаналізувати існуючі дослідження закріплення ґрунту навколо палі розчином силікату натрію.
- виявити якісну картину і особливість сумісної роботи палі при підсиленні розчином силікату натрію за допомогою математичного моделювання в програмному комплексі PLAXIS.
- шляхом чисельного моделювання в якому використовується пружно пластична модель ґрунту методом скінченних елементів (МСЕ) проаналізувати напружено деформований стан палі після підсилення.
- створити графіки залежності «частка навантаження що сприймається боковою поверхнею – Розрахунковий опір», «Частка навантаження що сприймається нижнім кінцем палі – розрахунковий опір».

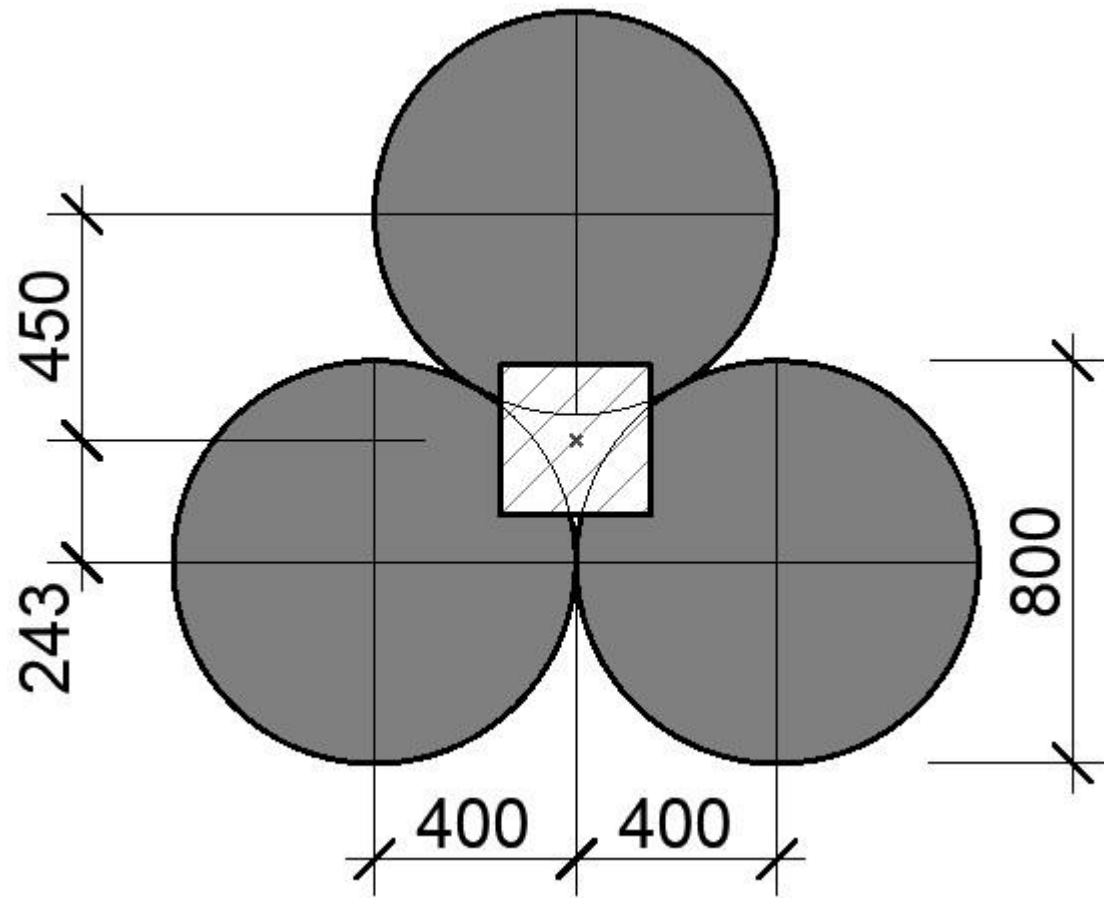


Рисунок 1 - Розрахункова схема розміщення 3-х ін'єкторів навколо палі

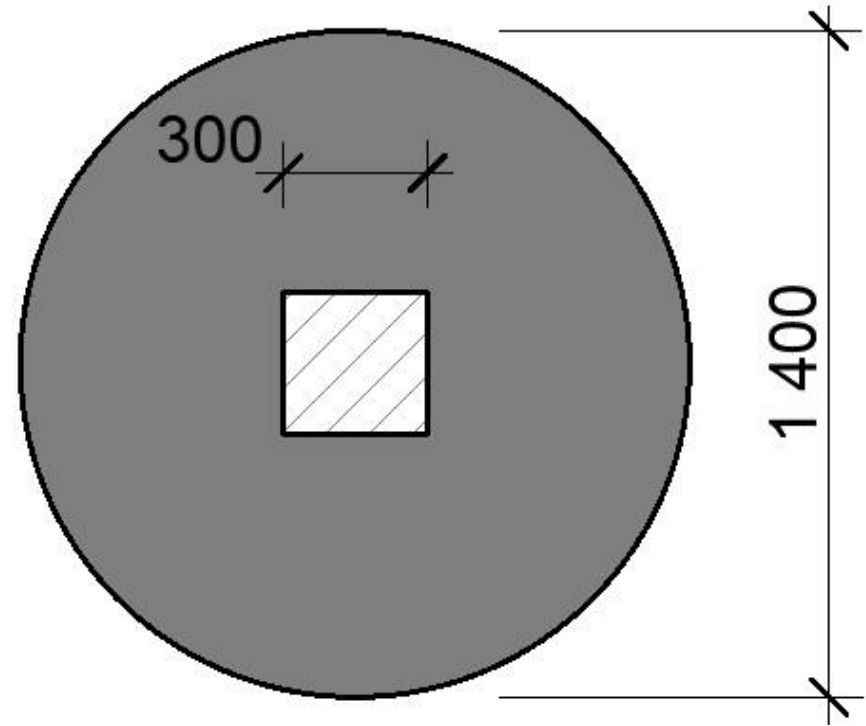


Рисунок 2 - Циліндрична оболонка навколо палі

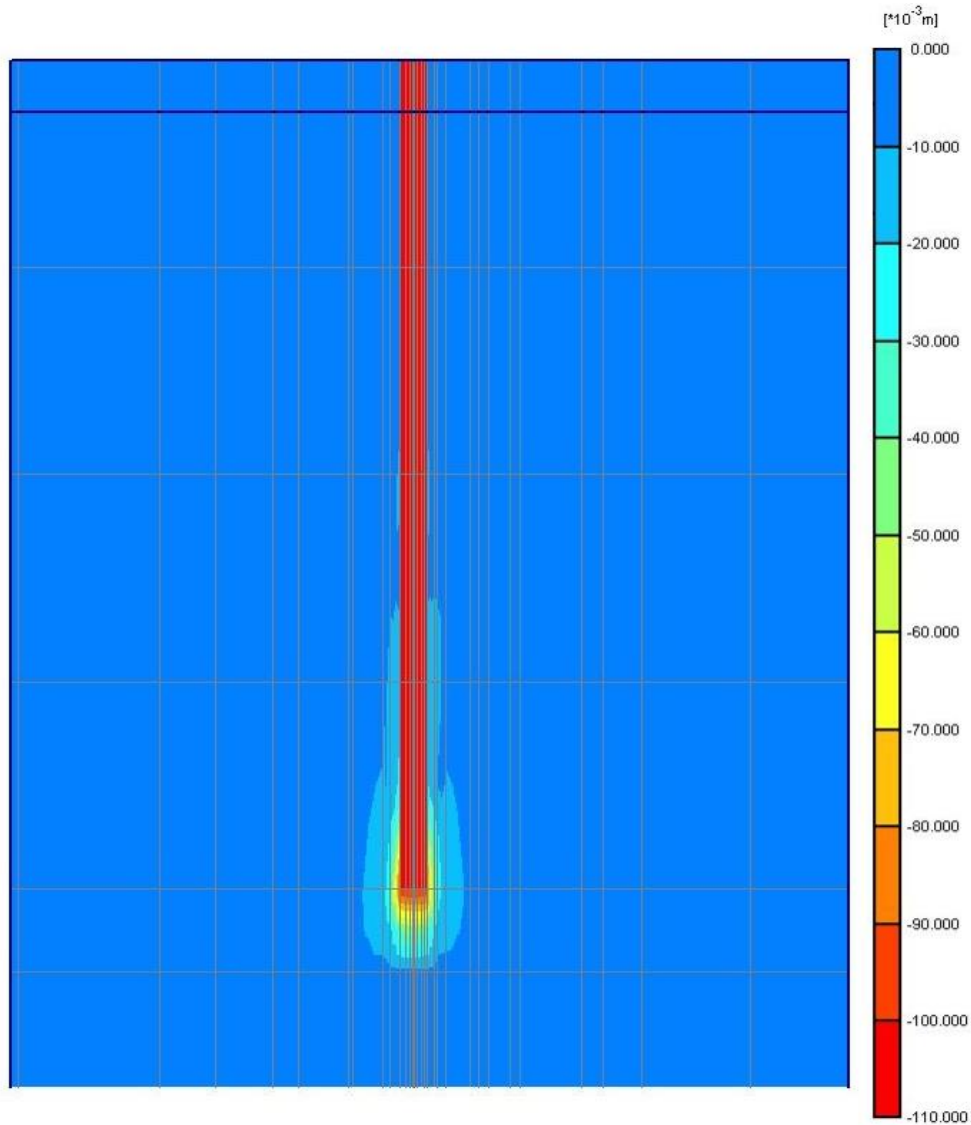


Рисунок 3 – Мозаїка вертикальних деформацій в масиві ґрунту при моделюванні роботи палі (0,3x0,3 м) після підсилення ґрунту трьома ін'єкторами. Підвищені показники ґрунту відповідають мінімальному значенню міцності ґрунтів на стиск $R=0.5$ МПа (навантаження на фундамент 1000 кН осідання 110 мм).

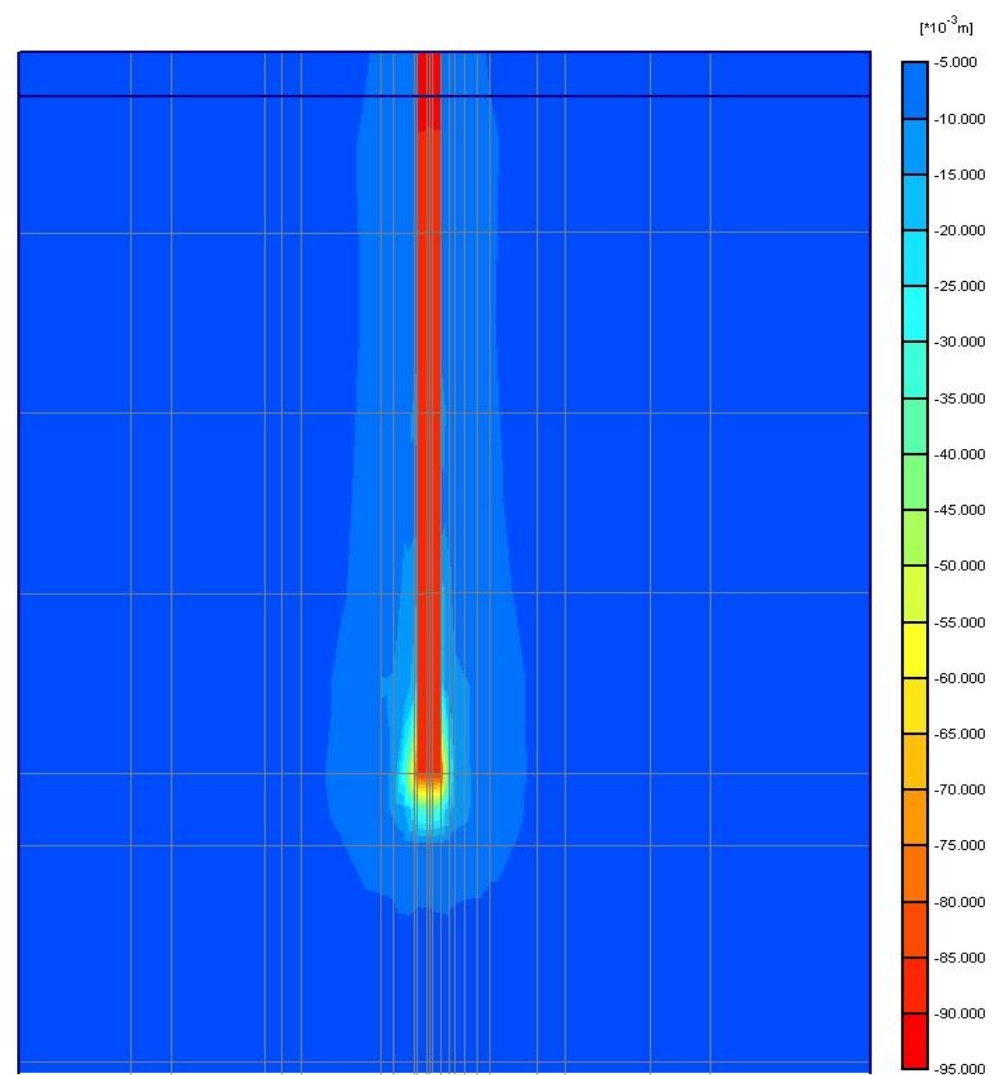


Рисунок 4 – Мозаїка вертикальних деформацій в масиві ґрунту при моделюванні роботи забивної палі з підсиленою циліндричною оболонкою діаметром 1,4 м. Підвищені показники ґрунту відповідають мінімальному значенню міцності ґрунтів на стиск $R=0.5$ МПа (навантаження на фундамент 1000 кН осідання 95 мм).

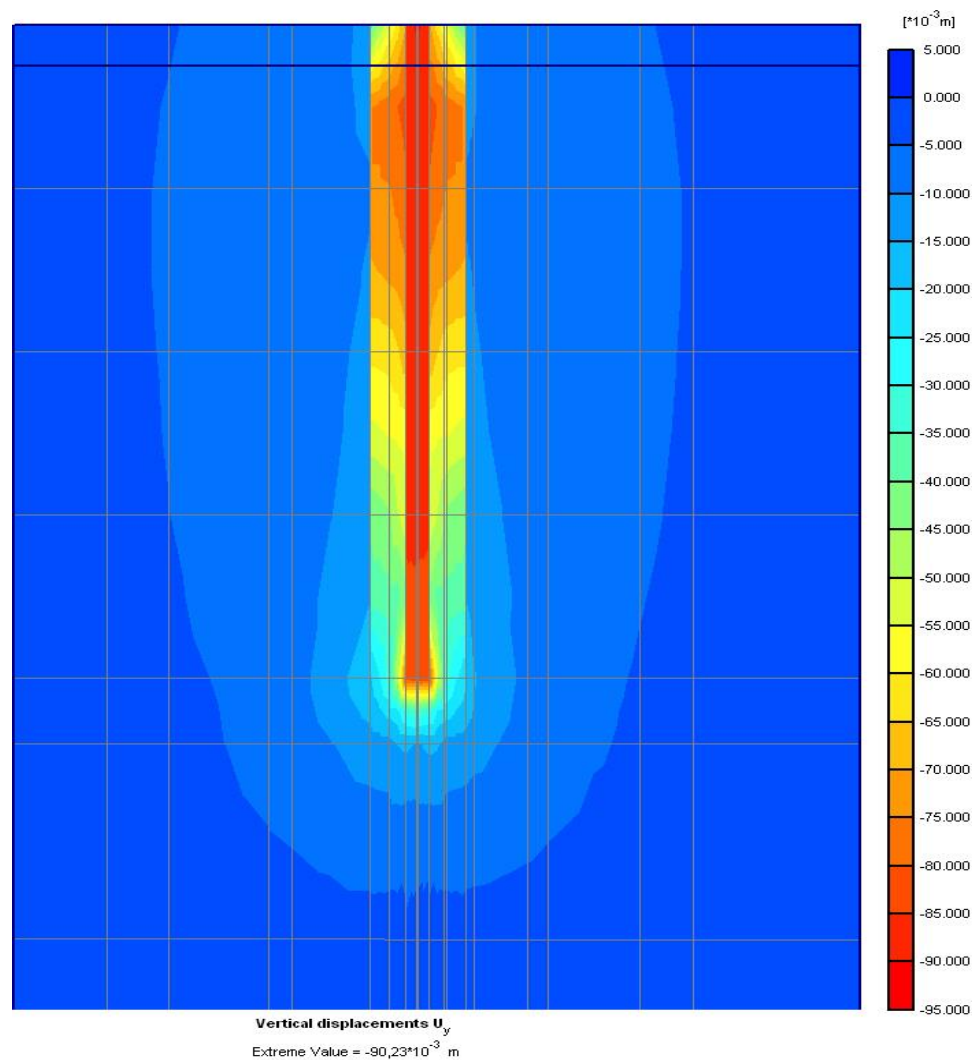


Рисунок 5 – Мозаїка вертикальних деформацій в масиві ґрунту при моделюванні роботи палі (0,3x0,3 м) після підсилення ґрунту трьома ін'єкторами. Підвищені показники ґрунту відповідають максимальному значенні міцності ґрунтів на стиск $R=1.5$ МПа (навантаження на фундамент 2000 кН осідання 75,38 мм).

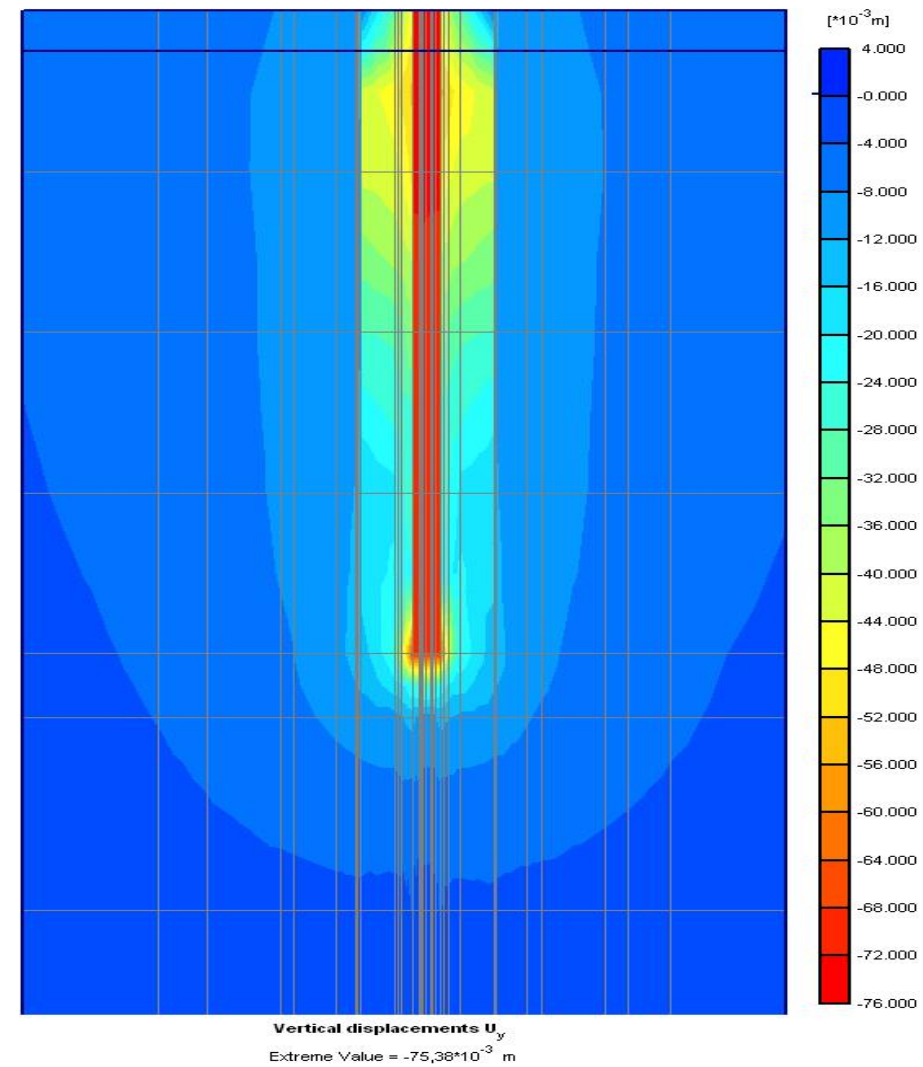
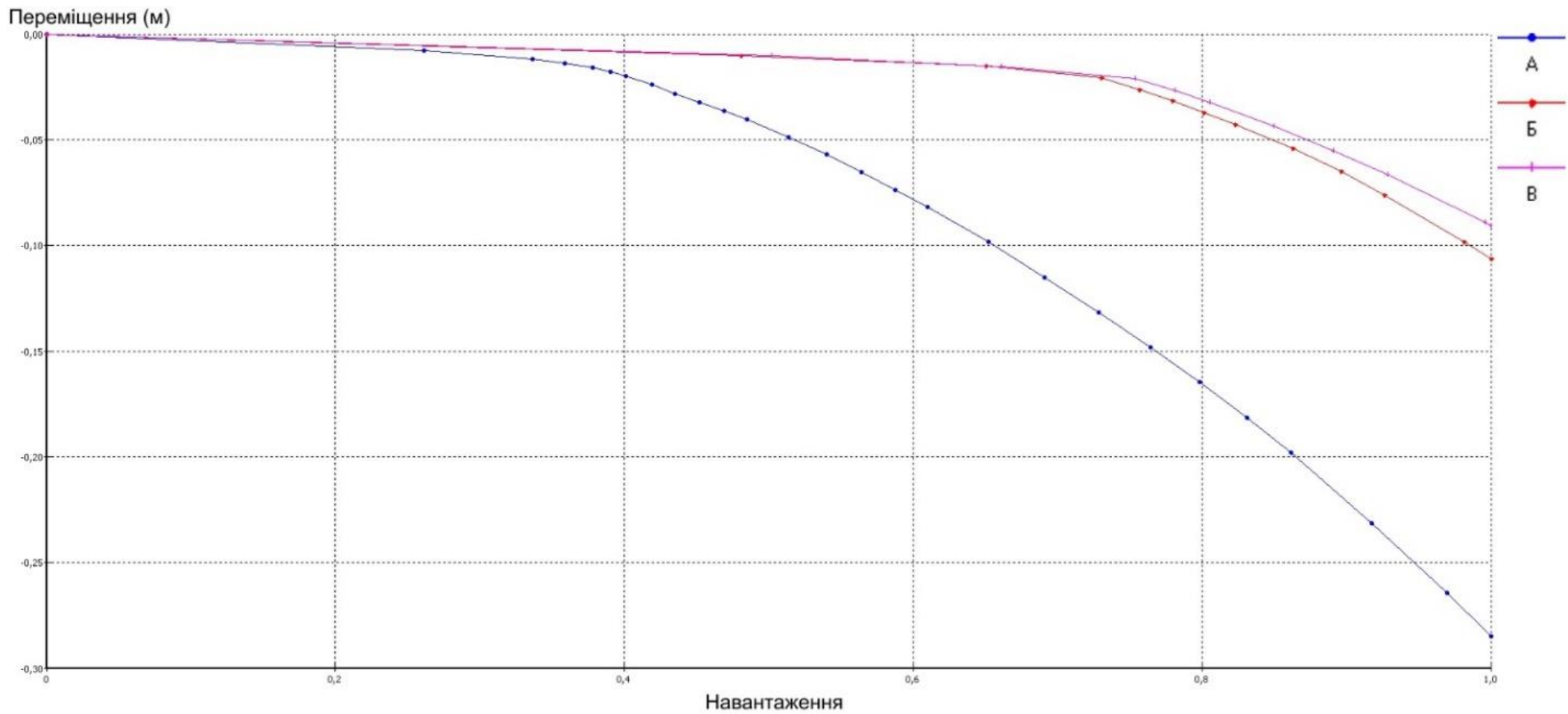


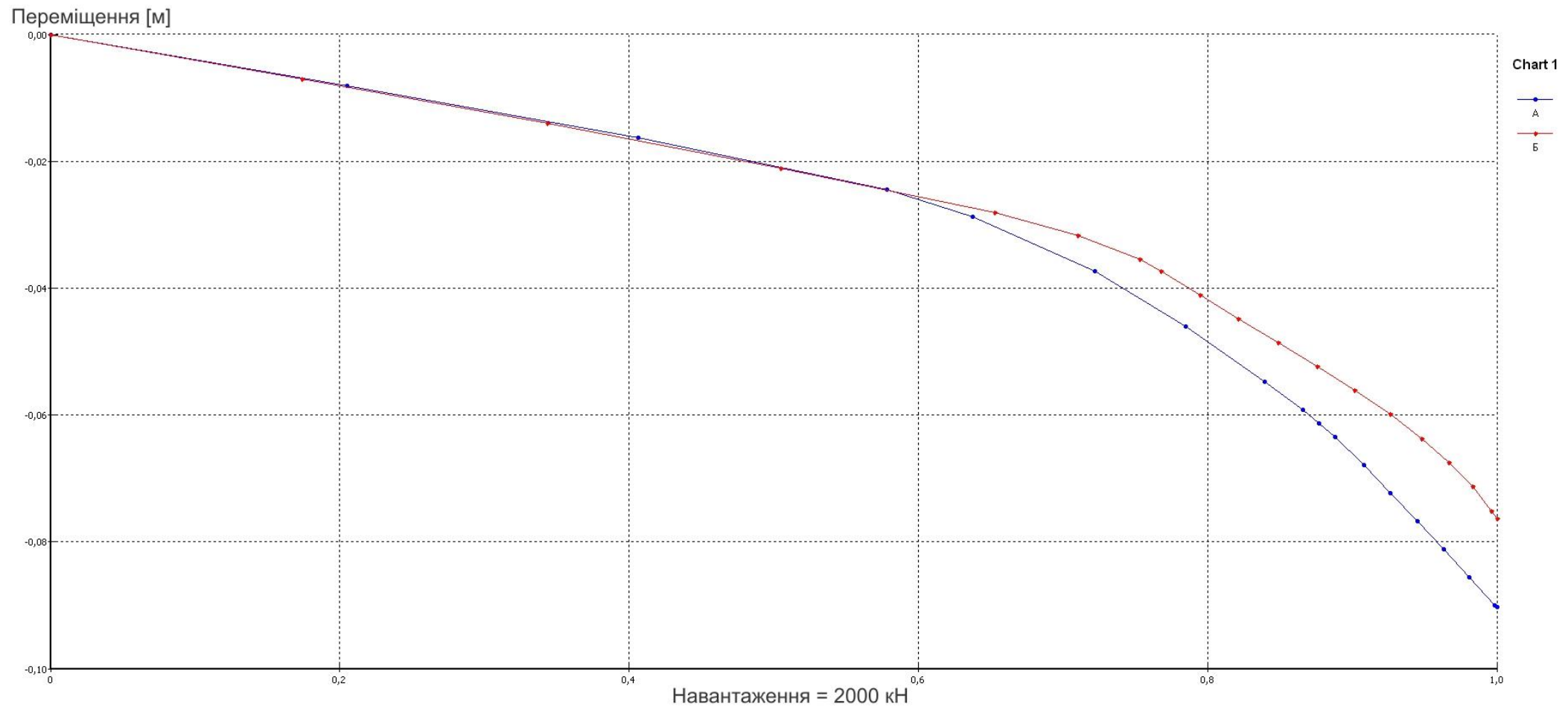
Рисунок 6 – Мозаїка вертикальних деформацій в масиві ґрунту при моделюванні роботи забивної палі з підсиленою циліндричною оболонкою діаметром 1,4 м. Підвищені показники ґрунту відповідають максимальному значенні міцності ґрунтів на стиск $R=1.5$ МПа (навантаження на фундамент 2000 кН осідання 90,23 мм).



а) паля в звичайних ґрунтових умовах; б) три ін'єктори навколо палі;

в) паля в циліндричній оболонці діаметром 1,4 м.

Рисунок 7 – Графік осідання-навантаження. Підвищені показники ґрунту відповідають мінімальному значенні міцності ґрунтів на стиск $R = 0,5$ МПа (Навантаження 1000 кН).



а) три ін'єктори навколо палі; б) паля в циліндричній оболонці діаметром 1,4 м.

Рисунок 8 – Графік осідання-навантаження. Підвищені показники ґрунту відповідають максимальному значенні міцності ґрунтів на стиск $R = 1,5$ МПа. (Навантаження 2000 кН)

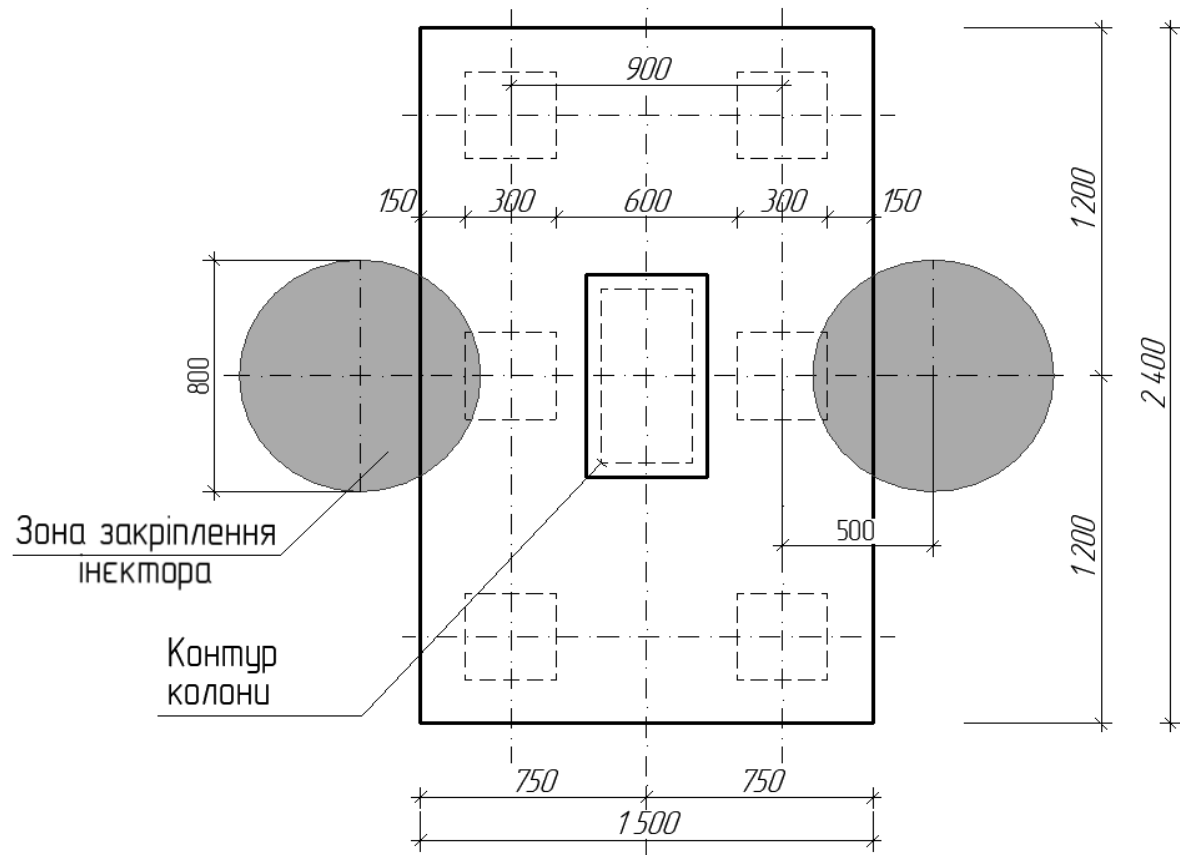


Рисунок 9 - Розрахункова схема підсилення пального фундаменту ін'єкування розчину силікату натрію.

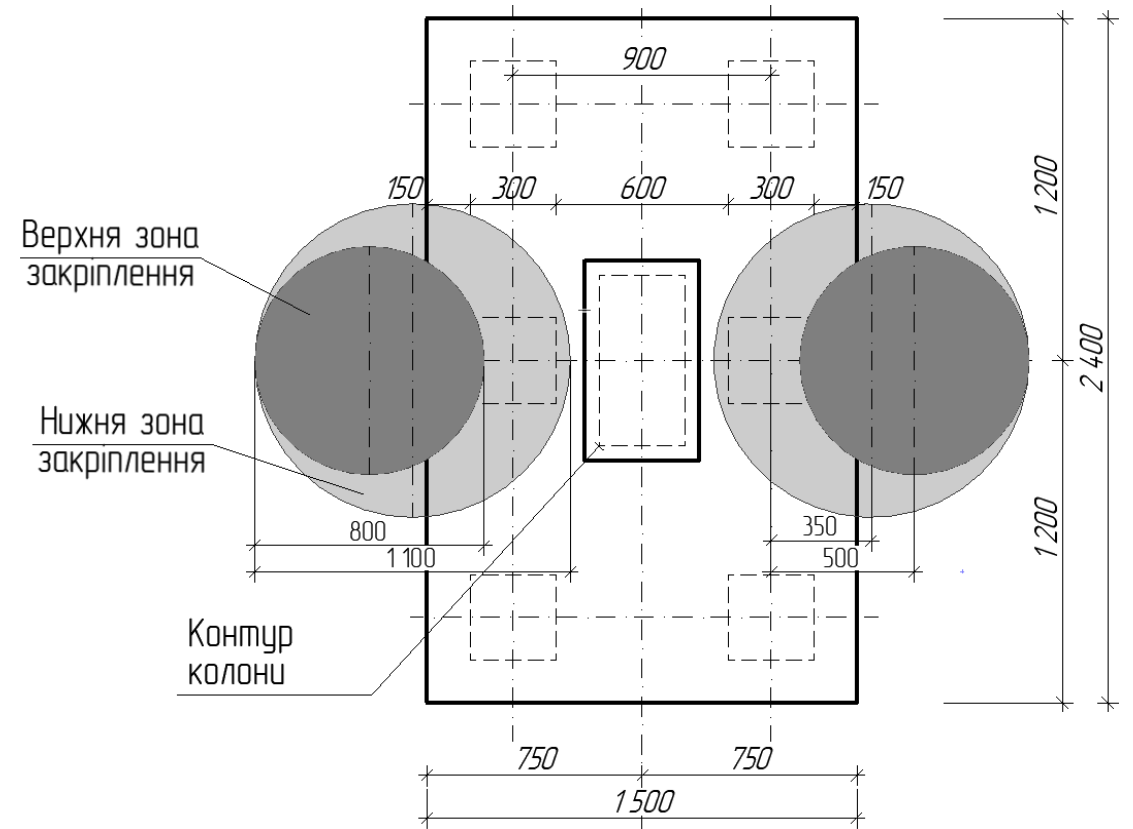


Рисунок 10 - Розрахункова схема підсилення пального фундаменту ін'єкування розчину силікату натрію під кутом

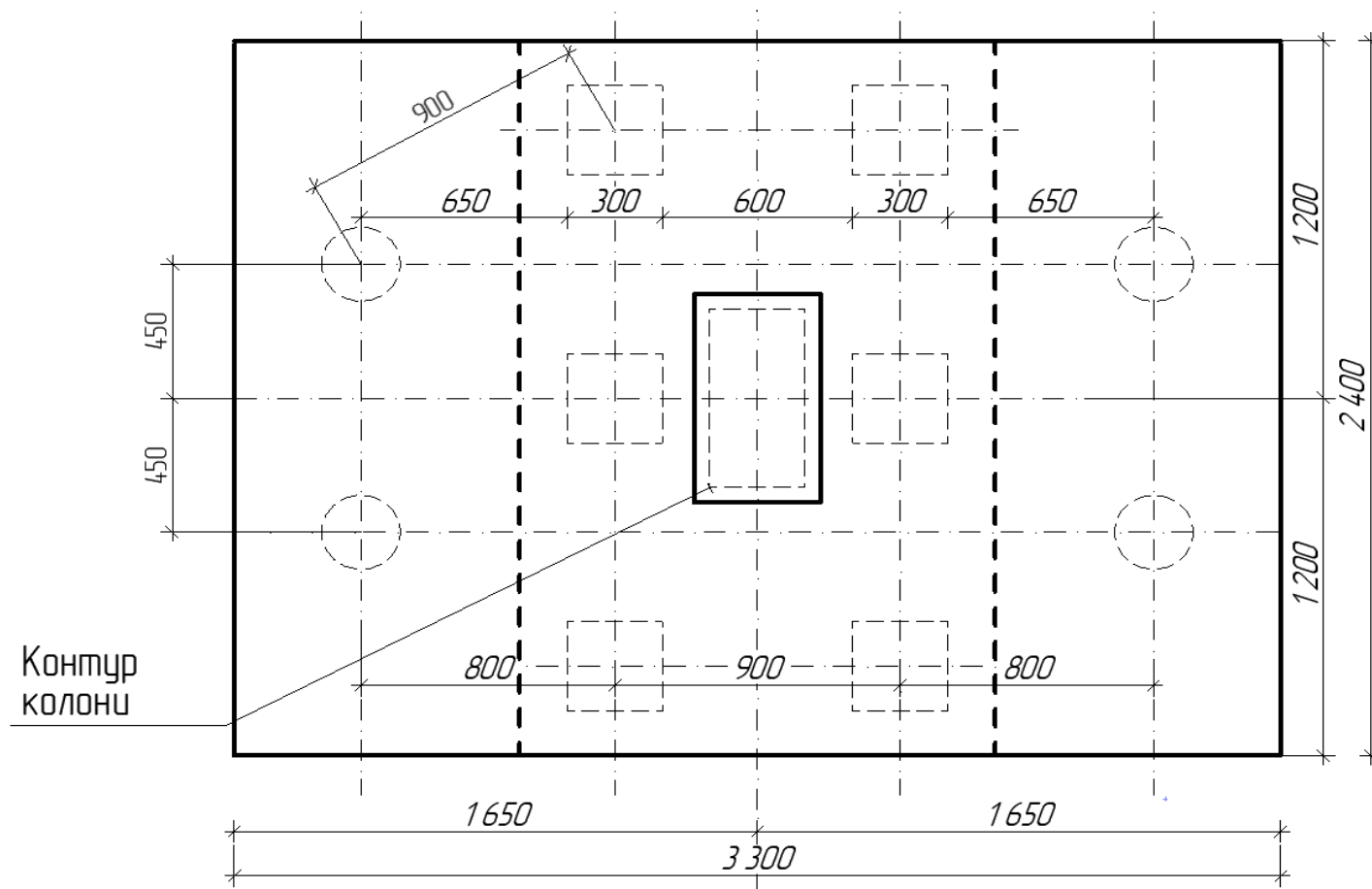


Рисунок 11 - Розрахункова схема підсилення пального фундаменту влаштування бурін'єкційних паль.

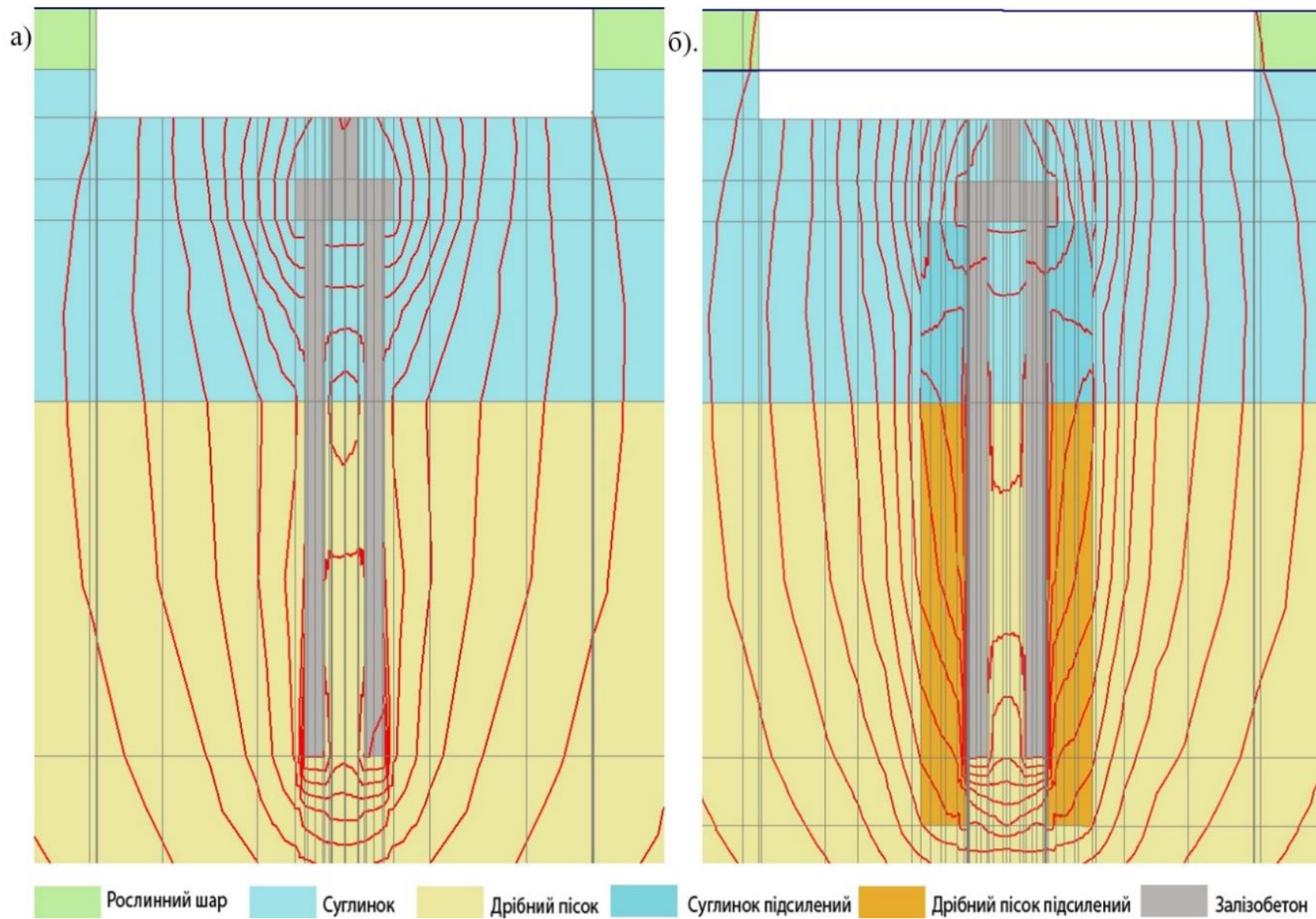


Рисунок 12 – Модель пального фундаменту: а) без підсилення в звичайних ґрунтових умовах; б) після ін'єктування розчину силікату натрію.

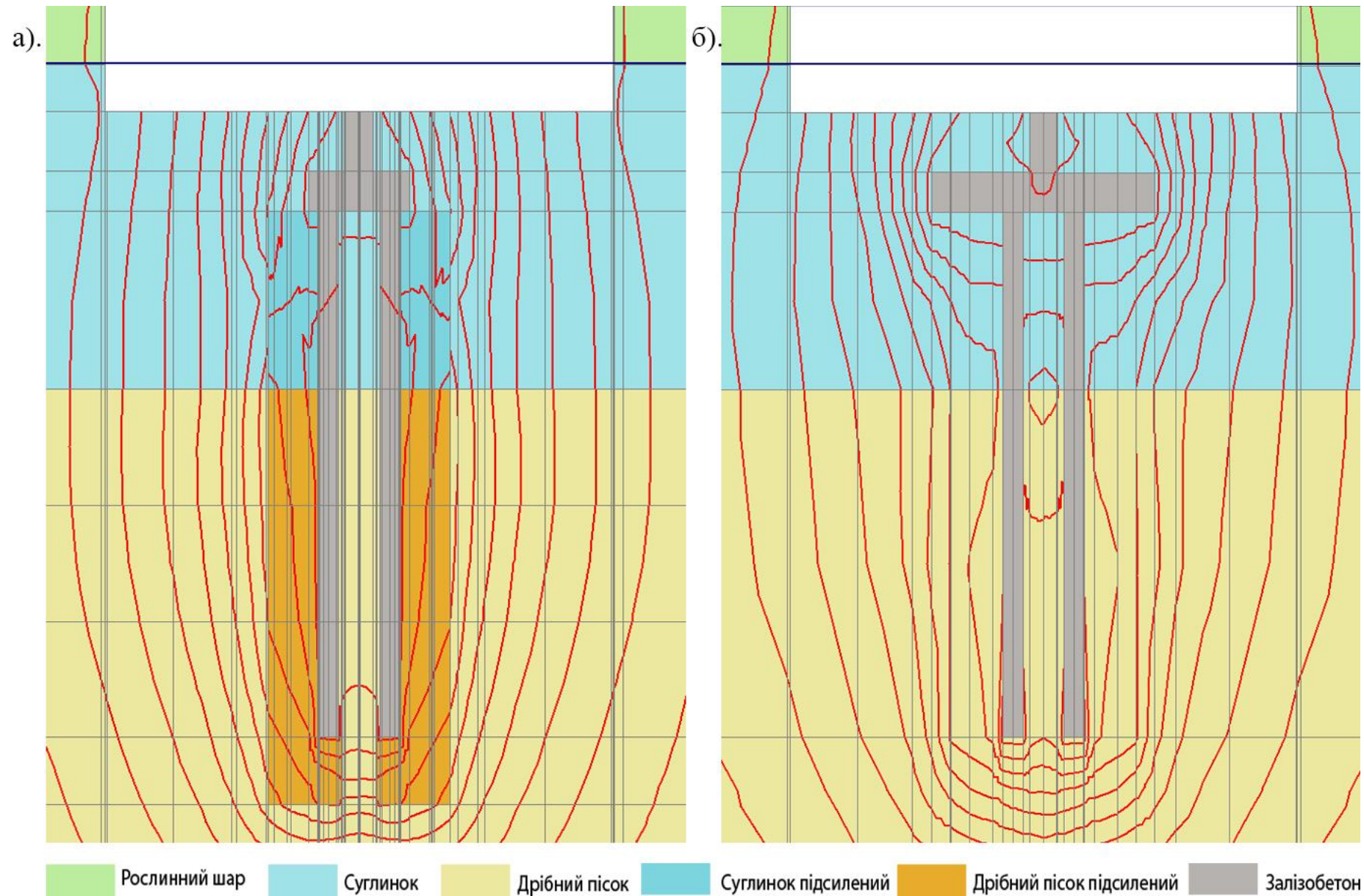
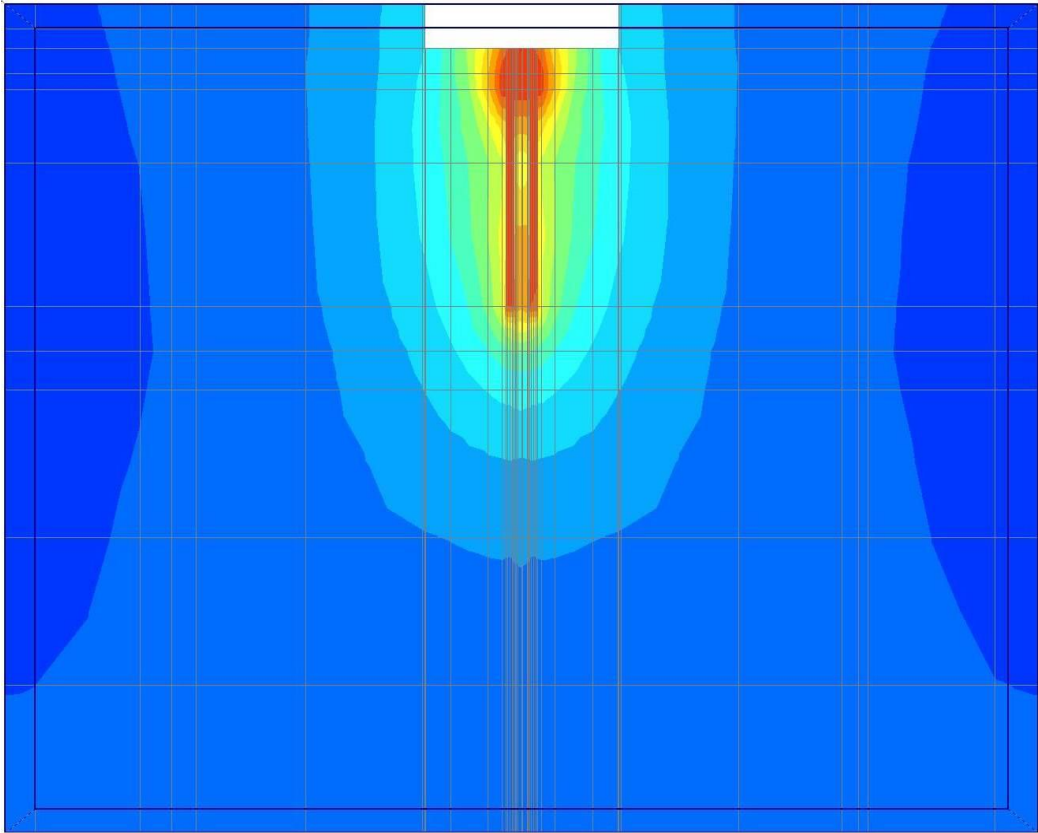
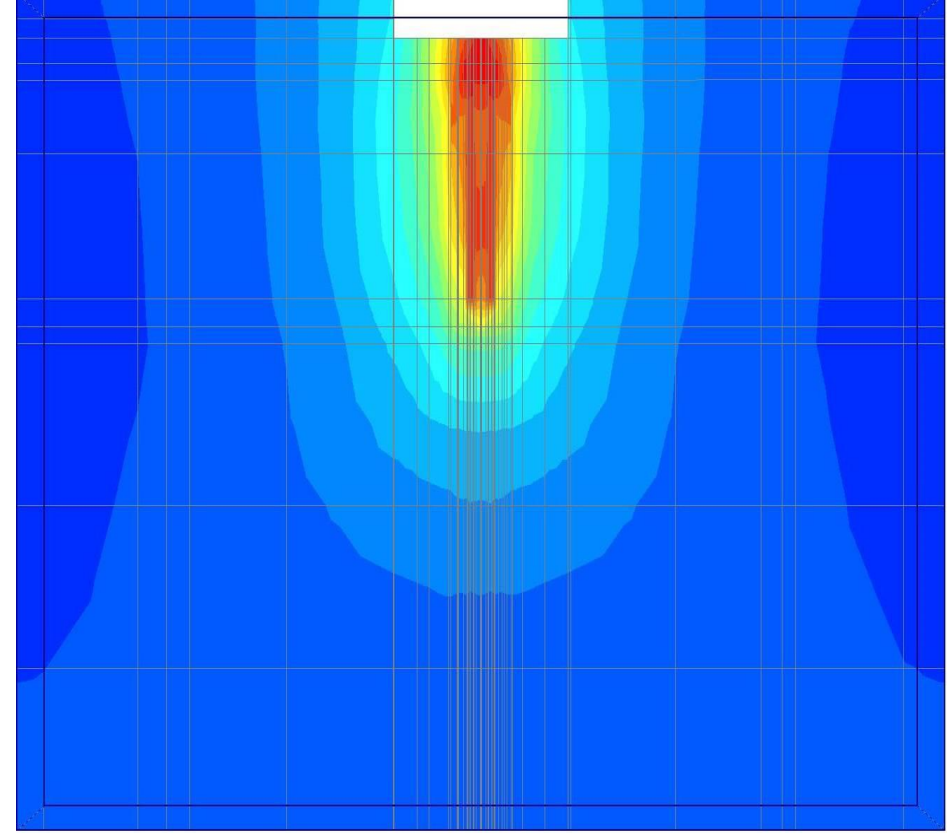
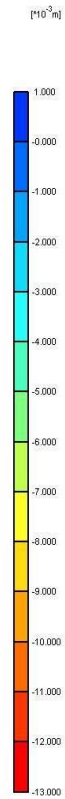


Рисунок 13 – Модель пального фундаменту: а) після ін'єктування розчину силікату натрію під кутом; б) підсилення бурін'єкційними палями.



Vertical phase displacements U_y
 Extreme Value = $-12,09 \cdot 10^{-3}$ m

Рисунок 14 – Мозаїка вертикальних деформацій в масиві ґрунту при моделюванні пального фундаменту без підсилення (навантаження на фундамент 1721 кН осідання 120,9 мм).



Vertical phase displacements U_y
 Extreme Value = $-3,16 \cdot 10^{-3}$ m

Рисунок 15 – Мозаїка вертикальних деформацій в масиві ґрунту при моделюванні пального фундаменту з підсилення розчином силікату натрію (навантаження на фундамент 1721 кН осідання 31,8 мм).



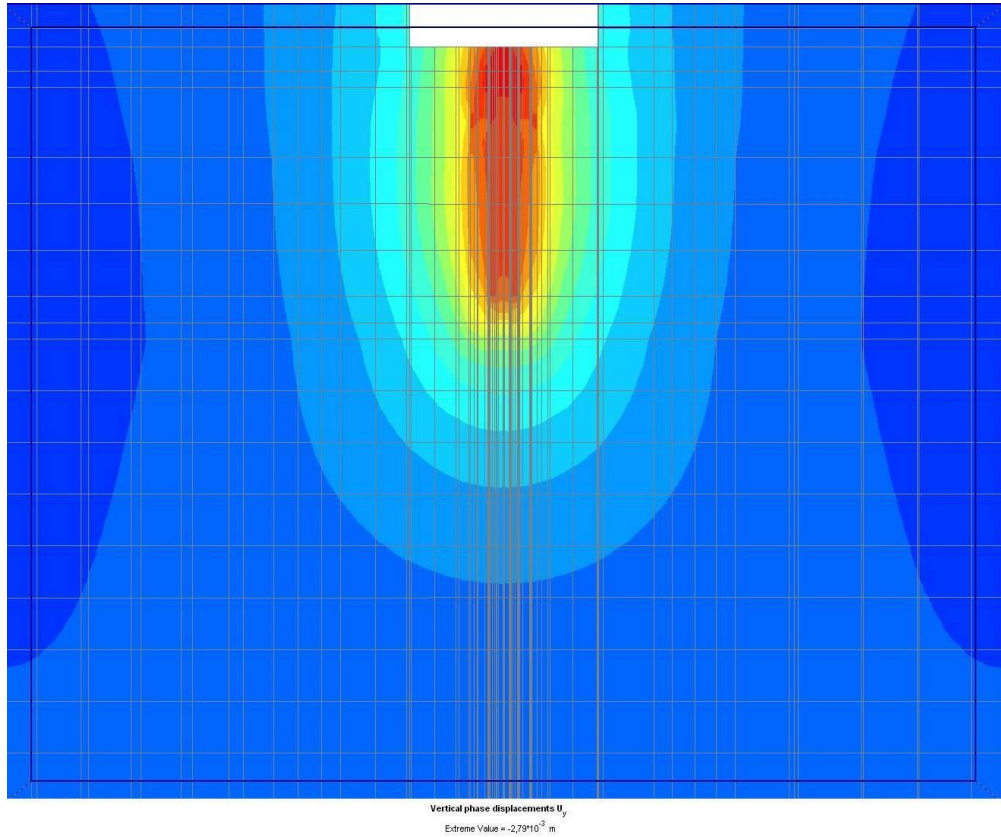


Рисунок 16 – Мозаїка вертикальних деформацій в масиві ґрунту при моделюванні пального фундаменту з ін'єктування розчином силікату натрію під кутом (навантаження на фундамент 1721 кН осідання 27,9 мм).

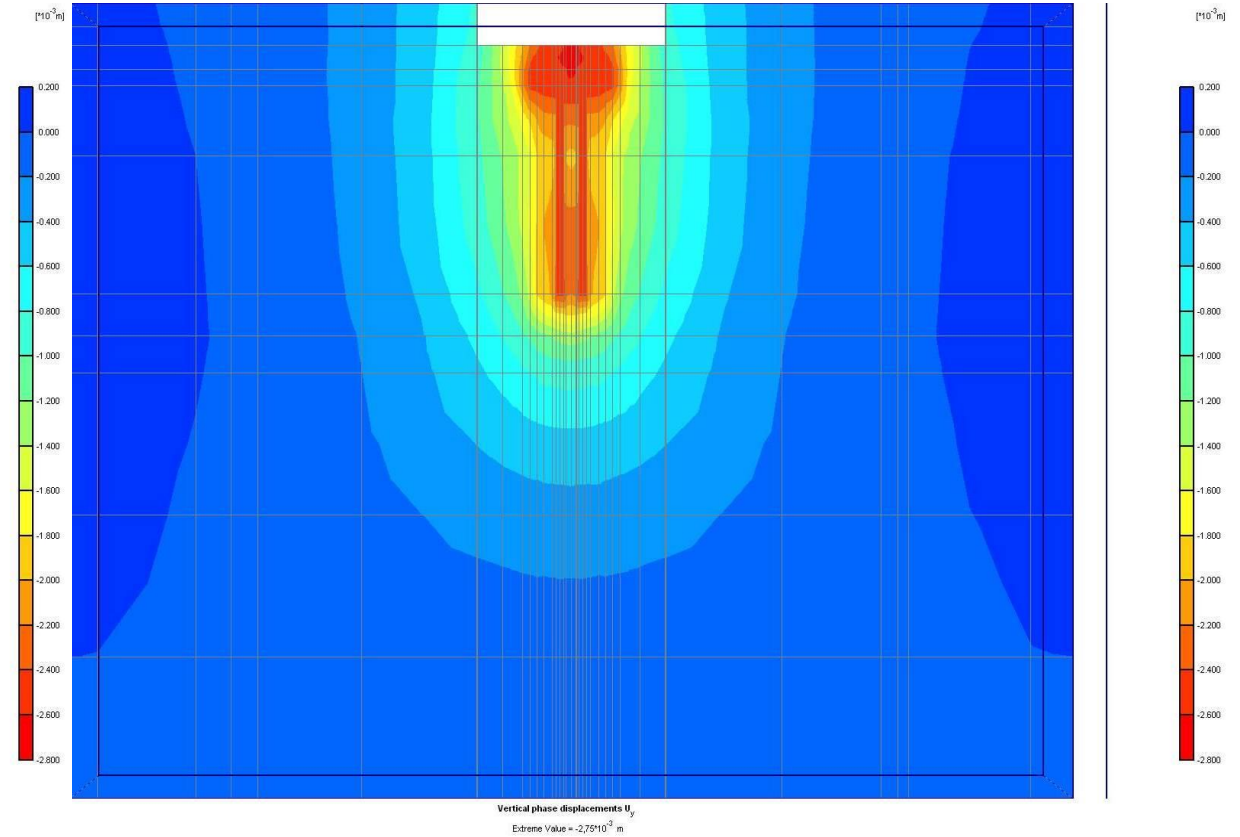


Рисунок 17– Мозаїка вертикальних деформацій в масиві ґрунту при моделюванні пального фундаменту з підсиленням буроін'єкційними палями (навантаження на фундамент 1721 кН осідання 27,5 мм)

Графік осідання-навантаження

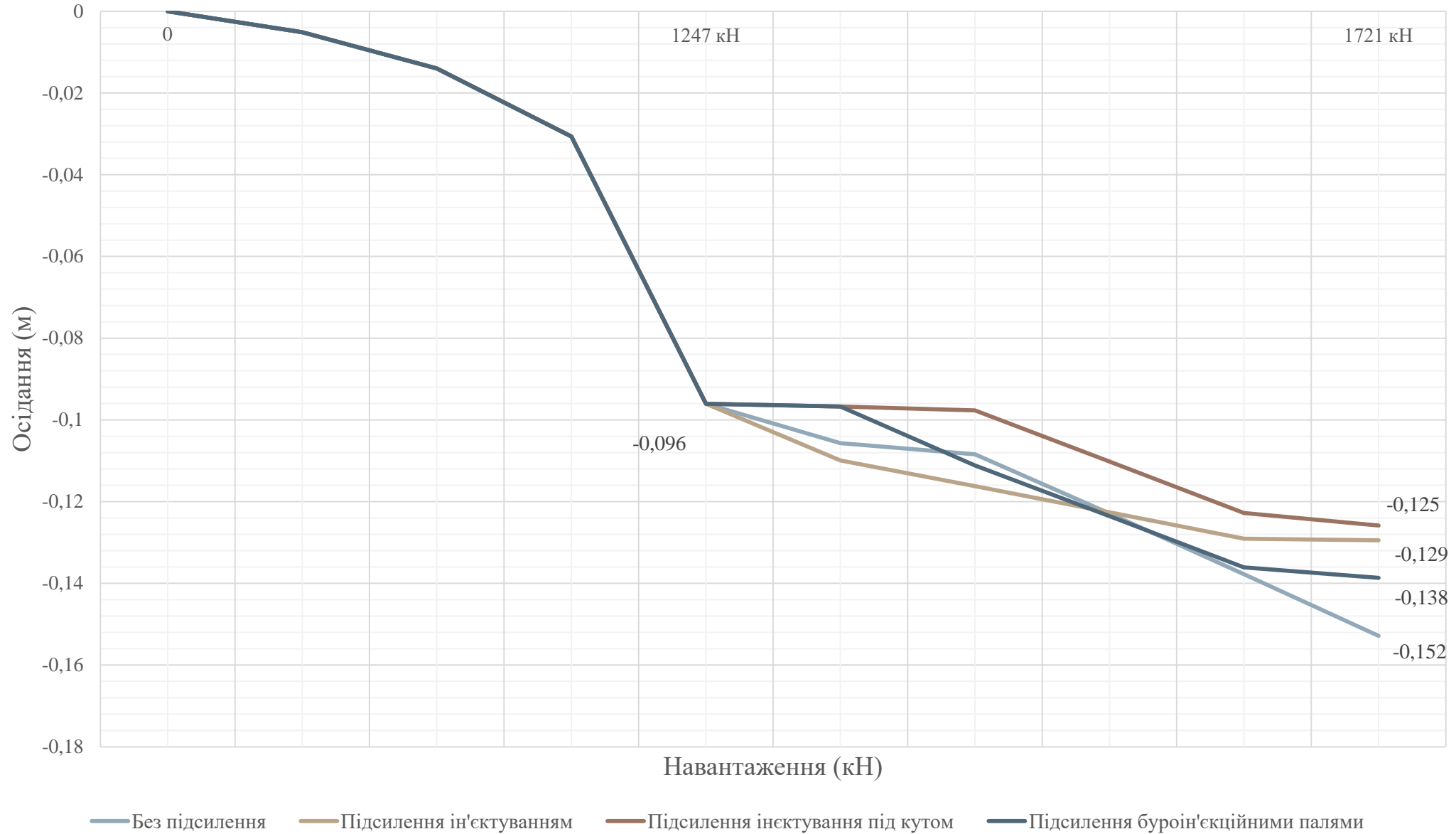


Рисунок 18 – Графік осідання-навантаження

Таблиця 1 – Порівняння результатів розрахунку підсилення 10 м палі розчином силікату натрія

Умови моделювання	Несуча здатність палі F_d кН	Порівняння результатів %
Паля в звичайних ґрунтових умовах.	338	100%
Паля підсилена трьома ін'єкторами розміщеними навколо. (R = 0,5 МПа N=1000 кН)	652	193%
Паля розміщується в циліндричній оболонці. (R = 0,5 МПа N=1000 кН)	675	199%
Паля підсилена трьома ін'єкторами розміщеними навколо. (R = 1,5 МПа N=2000 кН)	1160	344%
Паля розміщується в циліндричній оболонці. (R = 1,5 МПа N=2000 кН)	1306	387%

Таблиця 2 – Порівняння результатів розрахунку підсилення пального фундаменту розчином силікату натрія

Умови моделювання пального фундаменту	Осідання, мм.	Порівняння результатів %
Без підсилення	152 мм	0
Підсилення ін'єкуванням	129 мм	15,28%
Підсилення ін'єкуванням під кутом	125 мм	17,64%
Підсилення буроін'єкційними палями	138 мм	9,28%

ВИСНОВКИ

Результат теоретичних розрахунків виявив мінімально можливе збільшення несучої здатності палі в 1,5-2 рази. При цьому не враховуючи, що закріплення ґрунту може бути виконане і під нижнім вістрям палі, що також вплине на її несучу здатність.

Математичне моделювання в програмному комплексі PLAXIS дало змогу врахувати зміцнення ґрунту палі, як по боковій поверхні так і під вістрям, тому результат від закріплення значно більший. Мінімально можливе збільшення несучої здатності в 2-3,5 рази .

При порівнянні теоретичних розрахунків і математичного моделювання виявлено частку, яка припадає на збільшення несучої здатності палі під її нижнім кінцем, вона становить ~ 45%.

Математичне моделювання пальового фундаменту, підсиленого закріпленням ґрунту основи навколо палі, дало змогу переконатись в доцільності даного методу підсилення, на основі порівняння з більш традиційним способом підведення додаткових буроін'єкційних паль. Мінімальна кількість з двох ін'єкторів з легкістю замінить чотири буроін'єкційні палі.

Метод силікатизації відрізняється простою технологією, виконується нескладним і не громістким устаткуванням. Отримані дані економічного порівняння свідчать про те, що влаштування фундаментів з використанням розчину силікату натрію має в 3 рази меншу кошторисну вартість, у порівнянні з традиційним варіантом будівництва – влаштуванням буроін'єкційних паль. Тобто, є найбільш економічним варіантом. За рахунок цього, даний метод є досить доцільним при реконструкції з підсиленням ґрунту основи навколо пальового фундаменту.



Дякую за увагу 😊