

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота

_____ другий (магістерський) рівень _____

(рівень вищої освіти)

на тему: _____ «Аналіз технології влаштування паль тертя з уширенням» _____

Виконав: студент _____ 2 курсу, групи 8.1920-пцб _____

спеціальності _____ 192 «Будівництво та цивільна інженерія» _____

(код і назва спеціальності)

освітньої програми _____ «Промислове та цивільне будівництво» _____

(код і назва освітньої програми)

_____ Кокошуєв О.П. _____

(ініціали та прізвище)

Керівник _____ доц., к.т.н. Самченко Р.В. _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент _____ доц., к.т.н. Данкевич Н.О. _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя – 2021 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий магістрський рівень
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
" _____ " 20 _____ року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Кокошусь Олексій Павлович
(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Аналіз технології влаштування паль тертя з уширенням

керівник роботи Самченко Р.В., доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від " 30 " 06 2021 року № 975 - с



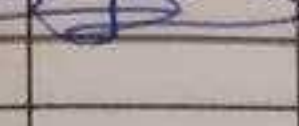
2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи результати інженерно-геологічного вишукування,
науково-технічна, навчальна, нормативна та періодична література,

інтернет сайти будівельних компаній, дані проекту влаштування паль, робоча програма
випробування паль для проекту

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
вступ, аналіз констуктивних особливостей паль та методів влаштування паль з уширенням,
розрахунок паль за допомогою програмних комплексів та техніко-економічне порівняння
різних типів фундаменту, розгляд технології у наш час та обстеження будівель що
будувались на палях з уширенням

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
вступ, оцінка ґрунтових умов України, методи і механізми влаштування паль з уширенням,
порівняння різних типів фундаменту, розгляд проекту існуючого об'єкту,
аналіз обстеження будівель м. Запоріжжя на палях з уширенням.

6. Консультанти розділів роботи		Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта		
Розділ 1	Самченко Р.В., к.т.н., доц.		Конс-
Розділ 2	Самченко Р.В., к.т.н., доц.		Конс-
Розділ 3	Самченко Р.В., к.т.н., доц.		Конс-


30 червня 2021 р.

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Теоретико-методологічні аспекти роботи палль тертя з уширенням	30.09.2021	
2.	Розрахунково-теоретичне дослідження роботи палль	11.11.2021	
3.	Технологія палль з уширенням у наш час	30.11.2021	
4.	Оформлення та підготовка до захисту	02.12.2021	

Студент


(підпис)

Кокосуєв О.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту


(підпис)

Самченко Р.В.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено


(підпис)

Данкевич Н.О.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Кокошуєв О.П.. Аналіз технології влаштування паль тертя з уширенням.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Науковий керівник доц., к.т.н. Р.В. Самченко, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету. Кафедра промислового та цивільного будівництва, 2021 р.

Здійснено аналіз палових фундаментів, паль з уширенням п'ятою, та методів влаштування розширення в умовах ґрунтів України та по за її меж. Проведено розрахунково-теоретичне дослідження роботи паль з уширенням та без нього в інженерно-геологічних умовах міста Запоріжжя. Проведено аналіз даних, наданих від будівельної компанії що займаються влаштуванням та випробуванням паль, про застосування паль з уширенням та без нього в останньому об'єкті з яким вони працювали в умовах нашого регіону. Проведено обстеження будівель міста Запоріжжя, що будувались на палях з уширеною п'ятою, з фіксуванням наявних дефектів. Зібрані дані викладені у повному обсязі в текстовому та графічному вигляді згідно діючих нормативних документів. Зроблені висновки за результатами розрахунково-теоретичного дослідження роботи паль, та проведеного обстеження будівель міста Запоріжжя на палях з уширенням.

Ключові слова: ґрунт, складні ґрунтові умови, розширена п'ята, уширення, променеве розширення, камуфлетна п'ята, вібронабивні палі, буронабивні палі, просідаючі ґрунти, обводнення, тримальна здатність, деформована схема.

Список публікацій магістра:

1. Кокошуєв О.П., Самченко Р.В. Аналіз технології влаштування паль тертя з уширенням: Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку України : зб. тез доп. І всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 19-21 жовтня 2021 р. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ 2021. С.380-381

Abstract

Kokoshuyev Alexey. Analysis of the technology of friction piles with widening.

Qualifying final work for a master's degree in 192 "Construction and Civil Engineering". Supervisor Assoc. Prof., Ph.D. R.V. Samchenko, Engineering Educational and Scientific Institute named after Y.M. Potebny Zaporizhia National University. Department of Industrial and Civil Engineering, 2021

An analysis of pile foundations, piles with a widened heel, and methods of arranging expansion in the soil of Ukraine and abroad. A computational and theoretical study of piles with and without widening in the engineering and geological conditions of the city of Zaporozhye. The analysis of data provided by the construction company engaged in the arrangement and testing of piles on the use of piles with and without widening in the last facility with which they worked in our region. An inspection of the buildings of the city of Zaporozhye, which were built on piles with a widened heel, with a record of existing defects. The collected data are presented in full in text and graphics in accordance with applicable regulations. Conclusions are made based on the results of the calculation-theoretical study of piles, and the survey of buildings in the city of Zaporozhye on piles with widening.

Key words: soil, difficult soil conditions, extended heel, widening, radial expansion, camouflage heel, vibratory piles, bored piles, subsidence, flooding, holding capacity, deformed scheme.

List of master's publications:

1. Kokoshuyev O. P., Samchenko R. V. Analysis of the technology of friction piles with widening: Current issues of sustainable scientific and technical and socio-economic development of Ukraine: Coll. thesis add. I all-Ukrainian. scientific-practical conf., Zaporozhye, October 19-21, 2021 Zaporozhye: INNI ZNU 2021. P.380-381

Зміст

		стр
	Вступ	6
РОЗДІЛ 1	Теоретико-методологічні аспекти роботи паль з уширенням	8
1.1	Характерні ґрунтові умови України	8
1.2	Конструктивні особливості паль, та аналіз методів і механізмів улаштування паль з уширенням	12
1.3	Методи та програмне забезпечення для розрахунку основ	34
РОЗДІЛ 2	Розрахунково-теоретичне дослідження роботи паль	37
2.1	Вхідні дані для розрахунків за допомогою програми Plaxis	37
2.2	Розрахунки за допомогою Plaxis	39
2.3	Аналіз результатів розрахунків	59
2.4	Техніко-економічне порівняння різних типів фундаментів	60
РОЗДІЛ 3	Технологія паль з уширенням у наш час	68
3.1	Застосування паль з уширенням на практиці	68
3.2	Натурні випробування паль	71
3.3	Аналіз стану будівель міста Запоріжжя, що будувались на палях з уширенням	75
	Висновок	88
	Бібліографічний опис	90

ВСТУП

Проблематика. На території України зустрічається багато ґрунтів зі складними умовами. Складність в даному контексті - це комплексна характеристика геологічного середовища та її основних складових (ґрунтів, підземних вод, рельєфу, інженерно-геологічних процесів і явищ) для будівництва. Навіть найвища категорія складності не означає неможливості будівництва, але збільшення її ступеня тягне за собою збільшення обсягів і складу інженерно-геологічних вишукувань, застосування більш витратних інженерно-архітектурних рішень, включення в проект додаткових заходів щодо інженерного захисту, ін.

Актуальність. Подолання складних інженерно-геологічних умов є у нашому регіоні вічним завданням. Фундамент повинен бути надійний, стійкий та ефективний. Є технології, що можуть іноді бути більш привабливими ніж інші.

Мета. Виконати аналіз технології улаштування паль тертя з уширенням, та порівняти з немодифікованим варіантом.

Об'єкт дослідження. Технологія улаштування палі тертя з уширенням.

Предмет дослідження. Процеси роботи паль тертя з уширенням у складних ґрунтових умовах.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні завдання:

- 1) Аналіз літературних та наукових джерел для виявлення підґрунтя в розрізі об'єкта дослідження роботи паль тертя з уширенням.
- 2) Обґрунтування необхідності дослідження роботи паль тертя з уширенням.
- 3) Дослідження роботи паль тертя з уширенням.
- 4) Аналіз отриманих результатів.
- 5) Аналіз паль тертя з уширенням у наш час, та поведінки будівель на них збудованих.

Методи дослідження. Робота з літературними та науковими джерелами; програмний комплекс PLAXIS, програмний комплекс SMathStudio, обстеження.

Наукова новизна. Досліджено технологію роботи паль з уширенням в ґрунтових умовах м. Запоріжжя.

Практична цінність. Дослідження цього питання допоможе при виборі технології фундаментів під час будівництва у складних ґрунтових умовах, визначиться доцільність паль та різницю між палями з розширенням, та без нього.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення роботи докладалися в 2021 році на I Всеукраїнській навчально-наукового інституту ЗНУ «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», (Запоріжжя, 2021р) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

Структура і об'єм магістерської роботи: Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, виводів, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 92 стр. тексту, у тому числі, 77 рисунків, 3 таблиць. Список використаних джерел містить 26 найменувань.

1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОБОТИ ПАЛЬ ТЕРТЯ З УШИРЕННЯМ

1.1 Характерні ґрунтові умови України

Складні ґрунтові умови є великою проблемою будівництва. Через них при зведенні споруд необхідно витратити значні кошти на зведення надійного фундаменту, або на покращення характеристик ґрунту на який буде спиратись фундамент.

Згідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-39:2016 [1] до ґрунтів з особливими властивостями відносяться:

- просідаючі ґрунти;
- набрякливі ґрунти;
- водонасичені біогенні ґрунти і мули;
- елювіальні ґрунти;
- засолені ґрунти;
- насипні і намивні ґрунти;
- здимальні ґрунти;
- водонасичені пухкі ґрунти.

Ґрунти з особливими властивостями характеризуються можливістю виникнення додаткових деформацій основи при виникненні умов прояви їх особливостей. Для компенсації таких додаткових деформацій при проектуванні, будівництві, експлуатації і реконструкції споруд влаштовуються фундаменти, конструкція яких забезпечує зменшення впливу цих деформацій, та (або) виконуються заходи з інженерної підготовки основи.

Просідаючі ґрунти. До просідаючих ґрунтів відносять лесовидні зв'язні (глинисті) ґрунти, деякі види покривних зв'язних відкладень, а також в окремих випадках дрібні та пилюваті піски з підвищеною структурною

міцністю, насипні глинисті ґрунти, деякі види промислових відходів (колосниковий порошок, попел та ін.), попелові відкладення тощо [2].

Під дією зовнішнього навантаження та власної ваги або тільки власної ваги при замочуванні водою або іншою водною речовиною такі ґрунти зазнають вертикальної деформації просідання $e_{sl} \geq 0,01$ (загальна деформація $\geq 1\%$) за рахунок різких змін структури ґрунту.

При проектуванні основ, які складені просідаючими ґрунтами, рекомендується враховувати можливість підвищення їх вологості за рахунок:

- замочування ґрунтів зверху – з зовнішніх джерел та (або) знизу при підйомі рівня підземних вод;

- поступового накопичування вологи в ґрунті внаслідок інфільтрації поверхневих вод та екранування поверхні.

Просідаючі ґрунти характеризуються :

- відносною просадочністю ε_{sl} - відносним стиском ґрунтів при заданому тиску після їх замочування;

- початковим тиском просідання p_{sl} – мінімальним тиском, при якому виявляються просадочні властивості ґрунту при його повному водонасиченні;

- початковою вологістю просідання ω_{sl} - мінімальною вологістю, при якій виявляються властивості просідання ґрунту.

Ґрунтові умови майданчиків, що складені просідаючими ґрунтами, в залежності від можливості прояву просідання від власної ваги, розподіляються на:

- ґрунтові умови, в яких, головним чином, можливе просідання лише від зовнішнього навантаження в верхній зоні $h_{sl.p}$, а просідання від власної ваги практично відсутнє;

- ґрунтові умови, в яких окрім просідання від зовнішнього навантаження виникає також просідання від власної ваги ґрунту в нижній зоні основи $h_{sl.g}$. Можливі випадки, коли зовнішнє навантаження на основу не

викликає просідання в верхній зоні $h_{sl,p}$, а має місце лише просідання в нижній зоні $h_{sl,g}$.

Набрякливі ґрунти. До набрякливих відносяться переважно зв'язні ґрунти, що при замочуванні водою або хімічними речовинами (розчинами) зростають в об'ємі.

Біогенні ґрунти і мули. До біогенних відносяться ґрунти, які містять органічні сполуки, що входять до складу ґрунту у вигляді рештків рослинних та тваринних організмів, які не розклалися, а також продуктів їх розкладання та перетворення в кількості не більше 10% (за масою).

До мулів відносяться водонасичені сучасні осади переважно морських акваторій, які містять органічну речовину у вигляді рослинних залишків та гумусу.

До цієї групи ґрунтів відносяться заторфовані ґрунти та торфи (озерні, болотні, озерно-болотні), піщані та пилувато-глинисті ґрунти з відносним вмістом органічних речовин від 0,1 до 0,5, що зазвичай містяться у заплавах річок та на заплавних терасах. Якщо відносний вміст органічних речовин перевищує 0,5, то такий ґрунт вважається торфом.

До біогенних ґрунтів відносяться сапропелі – гелеподібні органо-мінеральні осади, що утворюються на дні прісноводних озер за рахунок залишків планктону, бентосу і мінеральних компонентів.

Елювіальні ґрунти. Елювіальні ґрунти являють собою продукти розпаду скельних магматичних, метаморфічних та осадових зцементованих скельних порід, що залишилися на місці свого утворення і які зберегли в деякій мірі структуру і текстуру вихідних порід, а також зберегли стародавню (поховану) або сучасну кору вивітрювання.

Засолені ґрунти. До засолених відносяться пилувато-глинисті ґрунти, зокрема глини і суглинки, іноді загіпсовані піски, що мають зовнішні ознаки у вигляді білуватого нальоту на поверхні ґрунту, кристали та друзи солей на зрізах породи, а також солонуватий або гіркуватий смак ґрунтової води. Менш поширені засолені супіски.

Насипні ґрунти. До насипних ґрунтів відносяться переміщені або відсипані ґрунти природного походження (техногенні) з порушеною структурою, що виникли в результаті засипання ярів та балок, котлованів, кар'єрів, місцевих понижень при плануванні територій ґрунтами, що отримані при розробці котлованів, траншей, планування території зрізанням, вскришних роботах, при відкритій розробці корисних копалин, а також промислові звалища, будівельні та побутові відходи (антропогенні утворення). Характеризуються значною неоднорідністю складу, нерівномірною стисливістю, здатністю до самоущільнення на протязі часу, також ущільненням від вібраційних навантажень, замочування і розкладання органічних речовин, що містяться у насипу.

Намивні ґрунти. До намивних відносяться ґрунти природного походження, переміщення та укладання яких здійснюється з використанням засобів гідромеханізації в заплавах річок, на надзаплавних терасах та в інших низинних місцях. Для намиву, як правило, рекомендується використовувати піщані ґрунти.

Ґрунти, здатні до морозного здимання. До ґрунтів, здатних до морозного здимання, відносяться дрібнодисперсні пілуватоглинисті ґрунти, піски пілуваті та мілкі, а також крупноуламкові ґрунти з пілуватоглинистим заповнювачем, які до початку промерзання мають вологість вище певного рівня і при переході з талого стану в мерзлий збільшуються в об'ємі (здимаються) внаслідок переходу води у лід і виникнення льодових лінз, прошарків та кристалів льоду не менше, чим на 1%.

Територія України характеризується складними інженерно-геологічними умовами: слабкими, структурно-нестійкими ґрунтами, лесовими просадковими суглинками і супісками, в щільній міській забудові часто доводиться стикатись із пливунами, схилами [2].

До лесових ґрунтів I типу належить 204,73 тис.км², приблизно 33,9% території України; до лесових ґрунтів II типу належить 62,4 тис.км²,

приблизно 10,3% території України. Також поширені непросадкові лесові ґрунти, приблизно 33,9% території України. (рис.1.1)

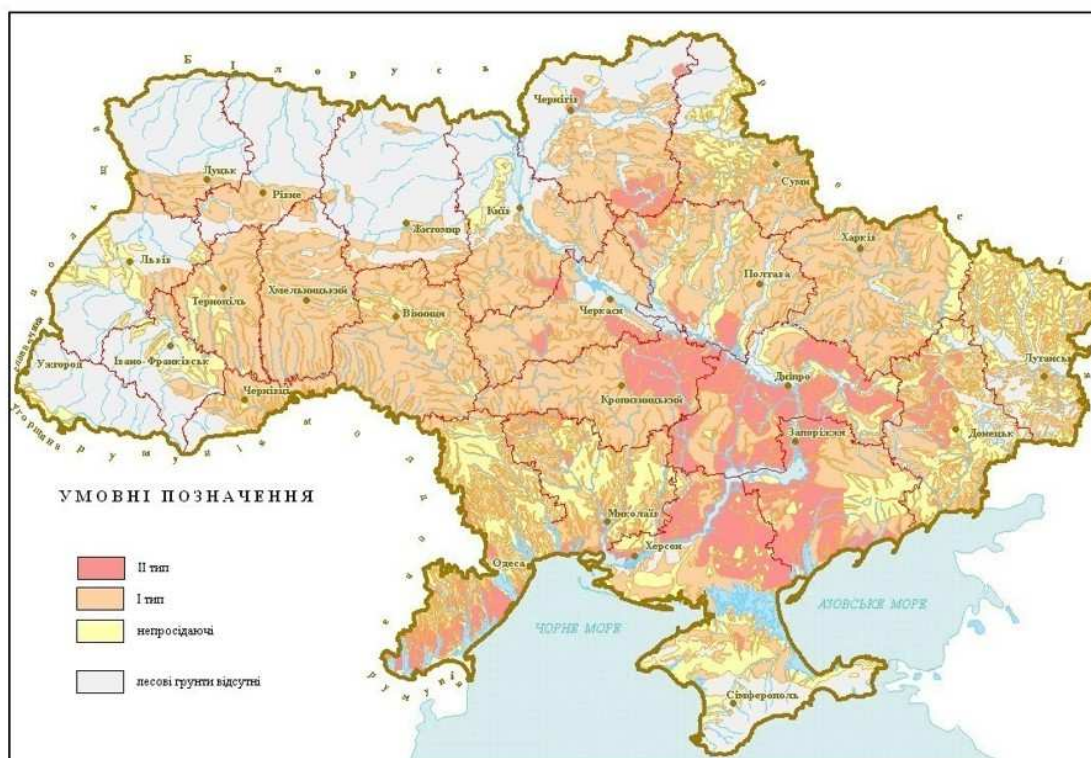


Рисунок 1.1 – Лесові ґрунти України

1.2 Конструктивні особливості паль, та аналіз методів і механізмів улаштування паль з уширенням

Зачасту найбільш надійний варіант основ – пальовий фундамент. Бувають палі стійки, що передають навантаження через нижній кінець на міцний ґрунт, та палі тертя, передають навантаження на ґрунт через тертя боковою поверхнею та площею опори на ґрунт. По способу виготовлення розрізняють забивні та набивні палі [3].

Практичний досвід, проведення випробувань навантаженням, збільшення діаметру паль збільшує їх тримальну здатність. На відміну від

сьогодення, раніше частіше спирались на куці паль. Сьогодні частіше використовують одиночні палі [4].

На території колишнього СРСР отримали застосування палі Страуса, чистотрамбовані, вібронабивні, трамбовані палі Франки, буронабивні, камуфлетні, т.ін. Вони були найбільш економічними та технічно доцільними. Марку бетону приймають не нижче М200, у наш час В15, або С12/15 [5].

Забивні палі виготовляють у заводських умовах або полігонах, а потім вдавлюються молотами та вібровдавлювальними агрегатами. А буронабивні палі виготовляють у заздальгідь підготовлених свердловинах, прямо на будівельному майданчику [6, 7, 8].

Забивати палі у місті заборонено, погрузати вібрацією – небезпечно. Виконані на заводі палі можна тільки вдавлювати. Вдавлювати палі потрібно обережно, обмежуючись лише двома-чотирма штуками на добу [8].

Бурові палі не є відповіддю та усі біди. Жодна технологія не може бути абсолютно безпечною. Є технології, що дозволяють виготовляти 10-12 бурових паль за зміну, та безпечніше для будівель виготовляти 2-4 палі на добу [8].

Забивні палі зачасту мають типовий варіант, а набивні палі виконують по індивідуальним проектам, відповідно до існуючих нормативних документів.

Доволі часто обирають палі тертя. Вони добре себе показують у будівництві не висотних споруд.

Порівняємо різні типи пальових фундаментів. Відстаючою від інших є технологія забивки паль. Близько до існуючих будівель їх використовувати заборонено (ближче за 20м). Краще за все, використовувати у чистому полі. При забивці палі можуть руйнуватися, а також можуть видавлюватися палі, які забивалися раніше, що різко знижує їх тримальну здатність [8].

Позитивними якостями технології є стійкість майже у всіх умовах, зручна стиковка з залізобетоном, а негативним є чутливість до транспортування та забивок, важко укорочувати та подовжувати, багато

шуму від забивки, чутливість до поперечних сил, сильні удари які роблять технологію небезпечною для сусідніх будівель [4, 8].

Інколи пальове поле може перетворитися на пальовий ліс, це буває через помилки геологів, проектувальників, або підрядчиків.



Рисунок 1.2 - Пальовий ліс

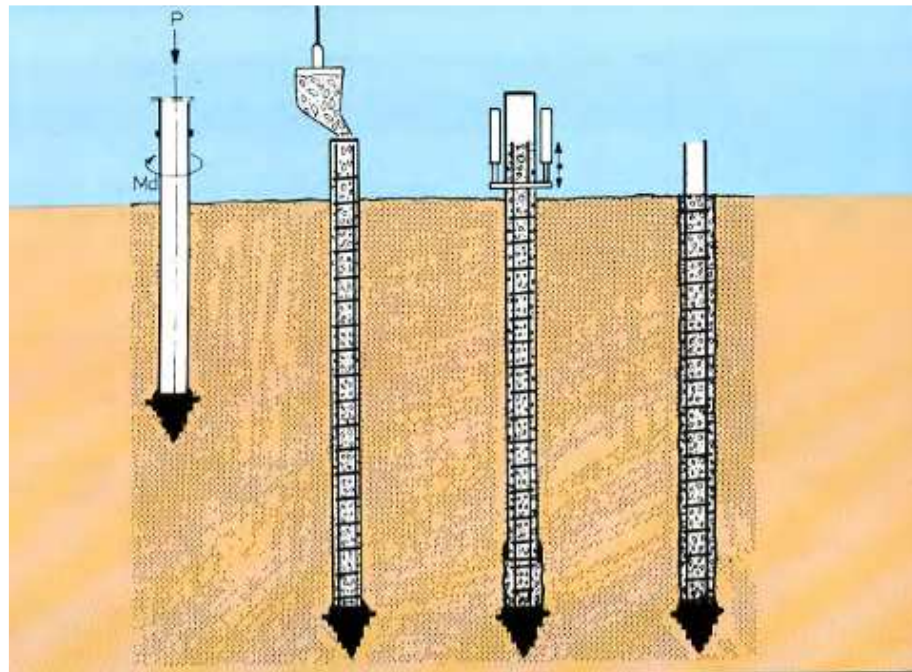
Віброданурювальні палі не сильно безпечніші за забивні палі, та менш технологічні ніж забивка [8].

Вдавлювання паль – вважалося панацеєю у вісімдесятих роках минулого віку для безпечного будівництва у місті. Вважалося, що при вдавлюванні паль відбувається корисне ущільнення ґрунту, хоча пізніше помітили, що у глинистих ґрунтах, замість ущільнення відбувається перем’яття з витісненням у різні сторони. Недоліком можна вважати осад через дію важкої техніки що занурювала палі, та підйом сусідніх будівель. Безпеку сусідніх будівель можна забезпечити зануренням 2-4 паль у сутки у місці примикання [8].

Бурові палі без вибурування ґрунту – схожа на вдавлювання. Відбувається витіснення ґрунту, з тими самими наслідками. Тіло палі формується закручуванням гладкої труби, з різьбовим втрачаємим

наконечником, у ґрунт. У трубу вставляється арматурний каркас, свердловина заповнюється бетоном, а труба витягується [8].

У книзі «Гид по геотехнике» [8] описується випадок, коли на 19 днів підрядник занурив 153 палі по технології «Fundex», фронт робіт рухався на важкий п'ятиповерховий будинок, та гнав на нього хвилю випору, через що його підняло на 40 мм. Сусідні будівлі у наступні 3 роки осіли на 10 см, а нова будівля отримала значну нерівномірну осадку, не типову для будівель на пальному фундаменті. Причиною був ефект випору палі. Бурову палю неможливо дозанурити після випору. Потрібен спеціальний контроль за виконанням даних робіт.



Послідовно – закручення пуансона у вигляді труби з врачаємим наконечником, розміщення каркасу та бетонування, вивільнення пуансона.

Рисунок 1.3 – Улаштування палі по технології «Fundex»

Потрібно контролювати відмітки голів палі, а кожну підняту палю перевіряти на суцільність, (чи не «порвалася» вона).

Для безпеки сусідніх будівель потрібно слідкувати, щоб виготовляли не більше 2-4 палі у десятиметровій зоні біля них, а виготовлення нової палі поряд з готовою потрібно виконувати не раніше 3-х діб. Завдяки таким

рекомендаціям, ця технологія стане відносно щадящою для сусідніх будівель. Однак зникає її швидкість, якою може пишатися підрядник, з обіцянками виготовлення 10-12 палів за добу.

Слід зазначити, що в умовах лесових ґрунтів, замість випору ґрунту буде відбуватись зазначене ущільнення. Хвилі випору ґрунту не буде, але все одно рекомендація про виконання сусідніх палів за технологією «Fundex» з перервою у 3 доби є актуальною.

Буронабивні палі. Свєрдловина улаштовуються вилученням ґрунту, ефекти вдавлювання або ущільнення усуваються. Питання утримання стінок свєрдловини вирішується двома способами:

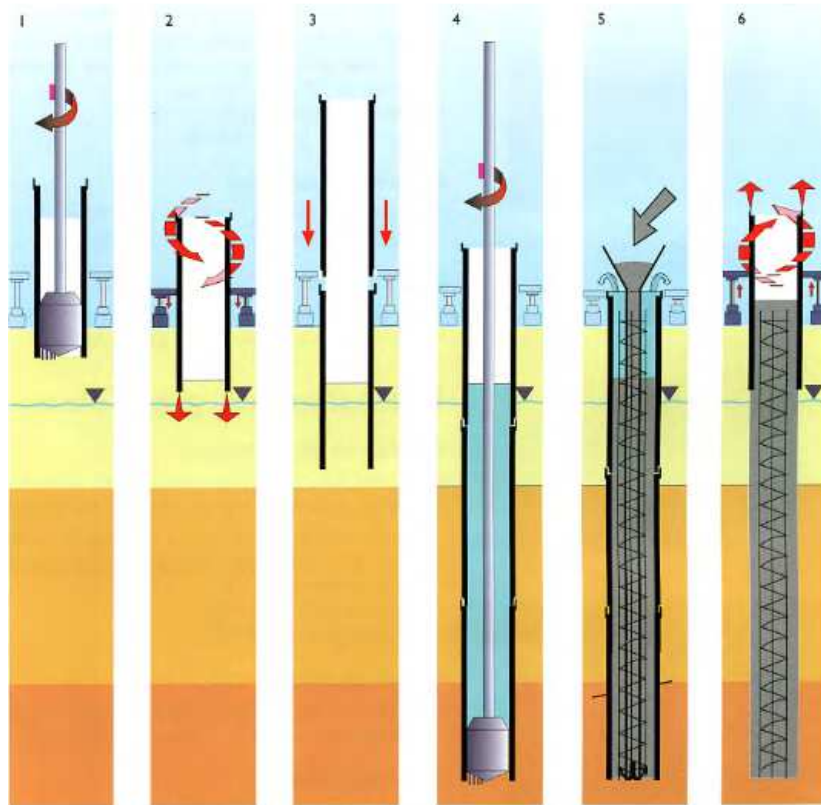
- 1) бентонітовий розчин;
- 2) обсадна труба.

Бентоніт – це глина, яка здатна дуже швидко утворювати кисіль (гель), навіть при невеликих концентраціях у воді. Він важче води, але не віддає воду у ґрунт та здатен на деякий час утримувати стінки свєрдловини у слабких ґрунтах.

Обсадна труба – друга технологія утримування стінок свєрдловини. Вона акуратно погружається вдавлюванням зі знакозмінним обертом. З труби вилучається ґрунт, та слідкують за залишенням ґрунтової пробки внизу труби, а труба поверх заповнюється водою. Потім встановлюється арматурний каркас, та бетонують за допомогою вертикального переміщення труби. Потім обсадна труба вилучається [8].

Ці технології не швидкі, вони дозволяють утворювати не більше 2-3 палів на добу. Але при ретельному дотриманні технологічних режимів вони дають найкращі результати по забезпеченню безпеки сусідніх будівель.

Якщо намагатись економити на технології, може статись біда. Якщо не пропустити етап заповнення водою, відбудеться неконтрольований перебір ґрунту, який призведе до подальшого осаду будівлі, та сусідніх будинків. Також іноді виконавці робіт штукатурять оголовок палі, через що потрібно перевірити палю на суцільність [8, 9].



1, 2 – занурення першої ланки обсадної труби; 3 – приєднання наступної ланки обсадної труби; 4 – проходка ґрунту до проектної відмітки (для запобігання перебору ґрунту зберігають «ґрунтову пробку» та заповнюють водою обсадну трубу); 5 – улаштування арматурного каркасу та бетонування; 6 – вилучення обсадної труби.

Рисунок 1.4 – Улаштування палі під захистом обсадної труби

Зробимо відступ від буронабивної технології та повернімося до неї пізніше. Розглянемо технології закордонних представників. Буроін'єкційні палі CFA або «прохідний шнек» [10].

CFA виконують за допомогою безперервного на всю довжину шнеку, який забурюється на всю глибину палі. Суть методу полягає в конструкції спеціального шнеку і технології процесу виконання. В центральній частині шнеку знаходиться трубопровід, закритий під час занурення і відкритий під час підйому шнеку. Таке рішення дає можливість безперервного влаштування палі. Одночасно в процесі підйому відбувається підйом

грунту/шламу на поверхню ґрунту. Спеціально підібрана бетонна суміш, з відповідною консистенцією і заповнювачем, щільно заповнює простір під шнеком. Перекачування бетону відбувається з тиском 200-400кПа. Швидкість підйому шнеку, а також бетонна суміш під тиском забезпечують стійкість стінок свердловини під час влаштування колон. Найчастіше ця технологія використовується як пальові фундаменти, коли відразу після заповнення свердловини бетоном встановлюється армування у вигляді армокаркасу або сталевого профілю. Формування тіла палі відбувається з певним надлишком, який усувається разом з піднятим на шнеку шламом, найчастіше до монтажу армування. Параметри палі CFA, такі як довжина, витрати бетону, час виконання колони автоматично реєструються і підлягають постійному контролю оператора.

Застосовується палі CFA у різних ґрунтах. Технологія є успішною використовувалась в важких для буріння ґрунтових умовах: в незв'язних ґрунтах (щільних пісках) та зв'язних ґрунтах (напівтвердих глинах). Слід уникати використання цієї технології в слабких незв'язних ґрунтах, а також органічних ґрунтах з вологістю вище 100%. Високі будинки, що передають великі навантаження на основу, інженерні об'єкти, гідротехнічні та промислові споруди – це головні об'єкти використання цієї технології. Часом, з уваги на існуючі ґрунтові умови (складні для буріння шари), цю технологію використовують також під дорожніми насипами, а також об'єктами на великій площі.

В залежності від навантажень від конструкції підбираються:

- діаметри – використовують шнеки від 0.4м до 1.20м;
- довжина – від 10 до 30м;
- розстав – найчастіше від 1.2 до 3.5м, використовуючи прямокутне або трикутне розміщення колон/паль.

У технології є такі переваги:

1) Популярність – широке застосування цього методу призвело до розширення досвіду і обміну знаннями серед виконавців і проєктантів;

2) Збільшення несучої здатності – метод занурення шнеку CFA збільшує несучу здатність по боковій поверхні колони порівняльно з іншими технологіями бурових палей;

3) Нешкідливість навколишньому середовищу – технологія не створює шуму або вібрації, тому може використовуватись поблизу існуючих будівельних та інженерних об'єктів. Це також робить цей метод нешкідливим для навколишнього середовища;

4) Універсальність – можливість подолання великого опору в ґрунті (щебеневих або кам'янистих прошарків).

У книзі «Гид по геотехнике» [8] описуються випадки, коли в минулому західні підрядники хотіли застосувати цю технологію у слабких незв'язних ґрунтах, а також органічних ґрунтах з вологістю вище 100%. Інколи їх вдавалось умовити, іноді ні, що приводило до руйнацій будівель. За словам авторів їх дослідження цього питання були широко опубліковані, через що тепер всі знають, що у їхніх ґрунтових умовах її краще не використовувати. Та все одно деякі проектувальники у їхньому краї намагаються використовувати цю технологію.

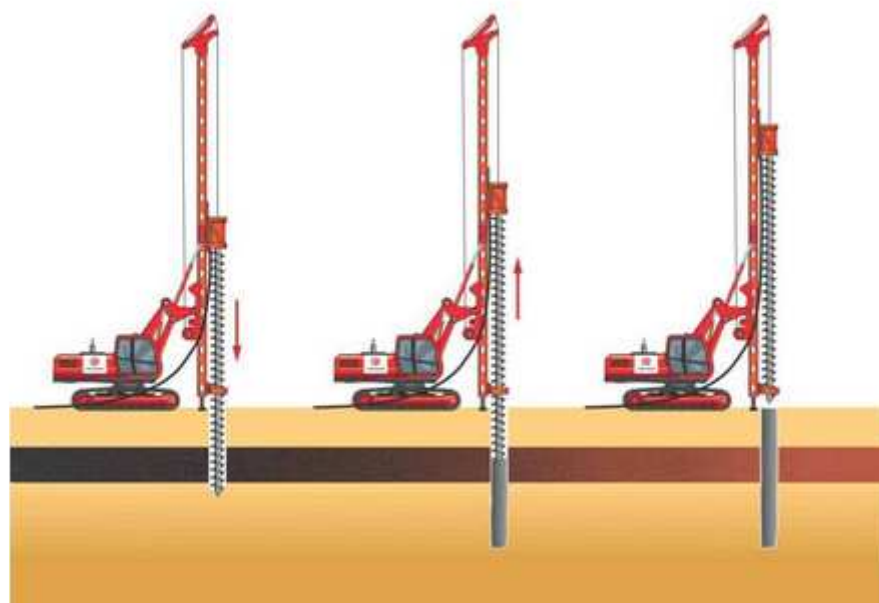


Рисунок 1.5 – Технологія CFA

Повернімося до розглядання буронабивних паль, бо буроін'єкційні не мають аналога з розширеною п'ятою.

Діаметр буронабивної палі назначають з умов міцності, але не менше 400 мм [6].

Буронабивні палі різних видів рекомендують використовувати у таких випадках: при великих зосереджених вертикальних та горизонтальних навантаженнях; при складних умовах будівництва, коли неможливо або складно використати забивні палі; коли необхідно прорізати палями насипі з твердими включеннями, які не дають застосувати забивні палі; у стиснених умовах будівельної ділянки, та у близькості до існуючих будівель [6, 11].

Рекомендована довжина буронабивної палі від 10 метрів. Менші палі рекомендують виконувати, при відсутності можливості використання забивних паль [6, 11].

На вічномерзлих ґрунтах та при наявності сильно агресивних підземних вод, не слід використовувати буронабивні палі. Також їх не слід виконувати при температурі повітрі менше ніж -10°C через вірогідність замерзання глинястого розчину.

Згодом технологія отримала розвиток, для збільшення тримальної здатності таких паль зовсім не обов'язково збільшувати їх поперечний переріз по всій довжині. Необхідно збільшити площу опори на ґрунт. Таким чином, створюється розширена опора або розширена п'ята.

Розширення основи палі збільшує тримальну здатність, а відносно невеликий діаметр тіла палі (426 мм і 600 мм) значно економить бетон [12]. Однак все залежить від ґрунтових умов, у ґрунтах які описуються у книзі «Гид по геотехнике», за словами автора, палі з уширенням мають ту ж саму тримальну здатність, що і звичайні палі. У книзі розглядаються ґрунтові умови Петербургу, глинисті ґрунти [8].

Для утворення розширення поперечного перерізу буронабивної палі використовують різні способи. До них відносяться розбурювання, вдавлення або розкочування ґрунту, обробка бетонної суміші електричними розрядами.

Розширення п'яти буронабивної палі може бути також створено в результаті вибуху заряду або трамбування жорсткої бетонної суміші в забої свердловини.

Буронабивні палі з уширенням не слід використовувати, коли уширення за ґрунтовими умовами розташовано у піску, а також для будівель з великою кількістю паль у фундаменті [12, 13].

У буронабивних палях уширену п'яту не армують, тому відношення діаметра уширення (D) до діаметру тіла палі (d) повинно задовольняти умову 1.1:

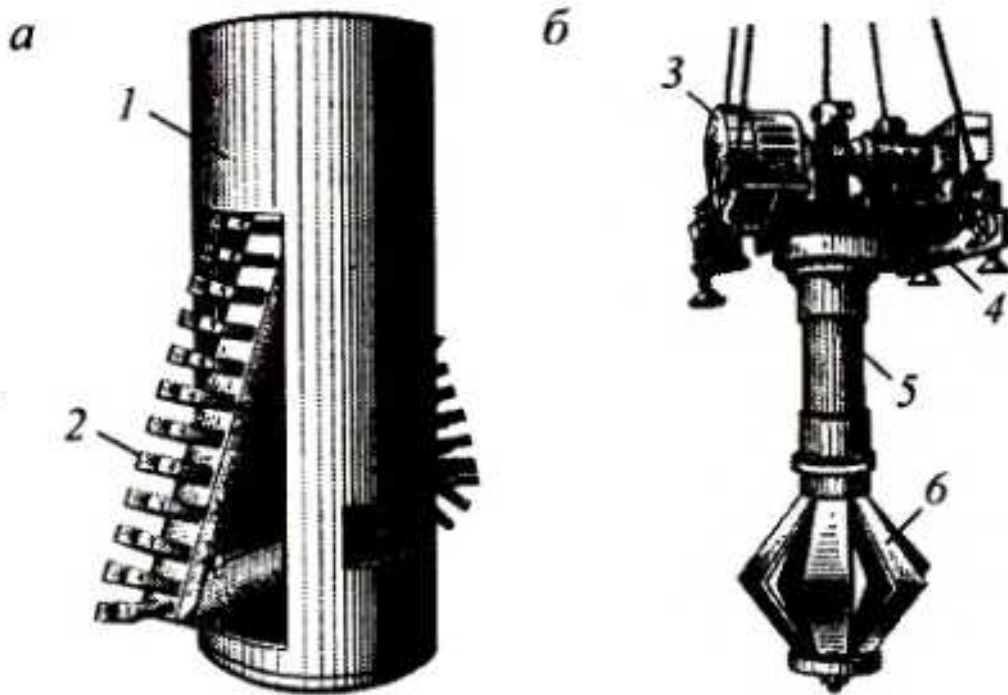
$$2 \leq \frac{D}{d} \leq 3,5 \quad (1.1)$$

Діаметри уширення розбурюваннях механічним уширювачем рекомендується назначати у межах 1000-1800мм з шагом у 200мм [6, 11].

Розбурювання передбачає утворення розширення в свердловині за рахунок зрізання ґрунту спеціальним снарядом - розширювача. Розширювач має ножі, які при його обертанні зрізають ґрунт. Зрізається ґрунт потрапляє в ґрунтозбірник розширювача і витягується з свердловини на поверхню.

На рис. 1.6, а зображено бур-розширювач, який являє собою циліндр з висувними лопатами. Діаметр циліндра відповідає діаметру свердловини під палю. Дві ріжучі лопаті змонтовані всередині циліндра і з'єднані між собою системою важелів. Після того як свердловина для палі готова, в неї опускають бур-розширювач, закріплений на кінці бурової штанги. Під час занурення ріжучі лопаті знаходяться всередині циліндра. Як тільки циліндр спирається на дно свердловини, до бурової штанзі прикладають вдавлюють зусилля. Бурова штанга тисне на систему важелів і ріжучі лопаті розходяться в сторони, виходячи за межі циліндра. Потім до бурової штанзі прикладають крутний момент, під дією якого починається обертання бура. При обертанні ґрунт зрізається і потрапляє в циліндр. Після заповнення циліндра його витягують на поверхню і розвантажують [14].

Вдавлюванні розширення створюють за рахунок впресування ґрунту в стінки свердловини плитами-штампами розширювача (рис. 1.6, б). Також використовують оболонки, які при нагнітанні в них цементного розчину під тиском розширюються в обсязі.

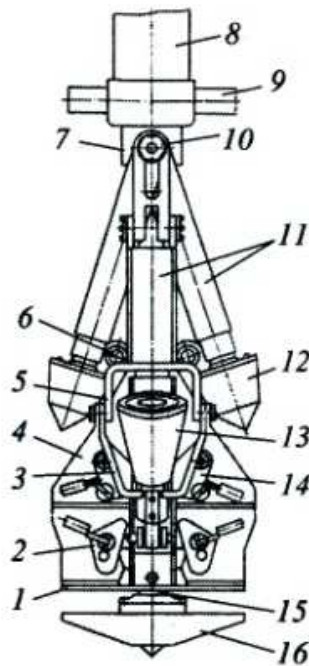


1 - циліндр бура-розширювача; 2 - лопать; 3 - електричний мотор установки променевидного розширення свердловин; 4 - опорна рама; 5 - шток; 6 - плити-штампи

Рисунок 1.6 - Пристосування для розширення свердловин розбурювання (а) і статичним вдавненням (б) ґрунту

При утворенні розширення розкачування навантаження на ґрунт передають перекочується ролики спеціальних снарядів. Ці снаряди використовують як змінні робочі органи установок обертального буріння. На рис. 1.7 представлений віддають перевагу катанню поширювачів свердловин УРС-1М. Він дозволяє виконувати розширення діаметром 1200 мм на будь-якій глибині свердловини діаметром 600 мм. Розширювачі УРС-1М включає квадратну штангу, що проходить крізь отвір в буровому ставі, і шарнірну систему з двома парами роликів - розгортають і накочують. Шарнірна

система має також опорні катки, що переміщуються по напрямних обойми, крізь яку проходить штанга. Для переміщення прикочуючих роликів застосовані шарнірно зв'язані важелі, що розкриваються при переміщенні бурового обладнання вниз під дією осьового зусилля. Обойма має дві пари сухарів, які фіксують її на штанзі під час роботи розширювача і фіксують штангу в буровому ставі при добуванні розширювача з свердловини. Ось шарнірної системи спільно з втулкою може поздовжньо переміщатися щодо обойми і штанги. Втулка за допомогою затвора з'єднана з буровим ставом.



1 - диск; 2 - сухарі штанги; 3 - важіль шарніра; 4 - обойма; 5 - коромисла шарніра; 6 - опорний каток; 7 - втулка; 8 - буровий ставши; 9 - затвор; 10 - вісь; 11 - шарнірна система; 12 - віддають перевагу катанню ролики; 13 - прикатуєчі ролики; 14 - сухарі обойми; 15- штанга; 16- центруюча опора.

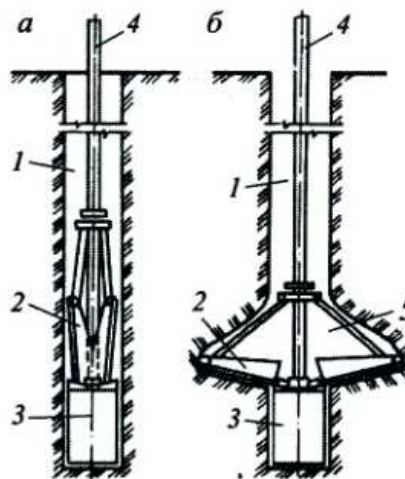
Рисунок 1.7 - Конструкція снаряду для розширення свердловин розкачуванням

Палі з променевидним розширенням [14]. Променевидні розширення буронабивних палей можуть бути отримані розбурювання або вдавненням ґрунту. Для розбурювання використовують бури-розширювачі (див. Рис. 1.6, а) або розширювачі пантографного типу. Вдавлювання ґрунту в стінки

свердловини виконують спеціальними снарядами, забезпеченими плитами-штампами (див. рис. 1.6, б).

Пантографний розширювач (рис. 1.8) складається з ріжучого механізму і ґрунтозбірника. Ріжучий механізм являє собою систему з шарнірно-з'єднаними лопатями, закріплену на кінці бурової штанги. Після занурення розширювача в забій свердловини до бурової штанзі прикладають вдавлюють зусилля, під дією якого ріжучі лопаті наконечника розсуваються. Потім, обертаючи штангу, починають різання ґрунту. Для відбору зрізаного ґрунту під ріжучим механізмом монтується циліндрична баддя. Днище бадді має зачисні ножі.

Недоліком бурів-розширювачів і пантографного поширювачів є циклічність процесу, при якому до 30% часу займають спускопідйомні роботи.



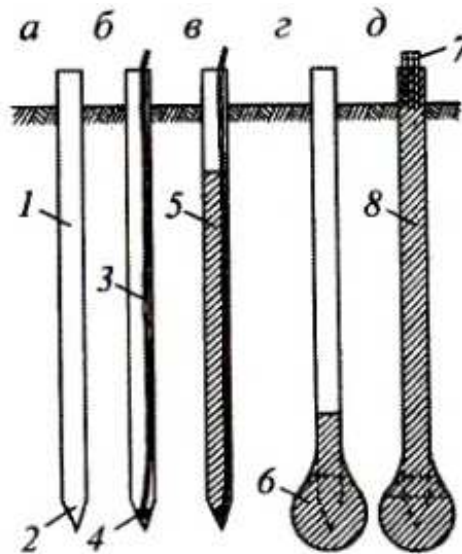
а - положення розширювача в свердловині до розбуривання ґрунту; б - те ж після розбуривання; 1 - свердловина; 2 - ріжучі ножі розширювача; 3 - ґрунтозбірник; 4 - штанга; 5 – розширення

Рисунок 1.8 - Розбуривання ґрунту поширювачем пантографного типу

Палі з камуфлетною п'ятою [14]. При вибуховому способі розширення порожнини в свердловині утворюється в результаті камуфлетного вибуху. Розміри порожнини залежать від властивостей ґрунту, кількості та виду вибухової речовини.

Розширення основ палей камуфлетним вибухом вперше було здійснено Вильгельми в 1901 р Свердловини для палей Вильгельми проходили під захистом обсадної труби. Після вилучення з труби ґрунту в забій свердловини опускали заряд вибухової речовини і свердловину заповнювали бетонною сумішшю. Обсадна труба виконувала роль набійки. В результаті вибуху утворювалася розширена порожнину. Потім закінчували бетонування палей і витягували обсадних труб.

Щоб виключити трудомістку операцію по видаленню ґрунту з обсадної труби, А. А. Луга в 1941 році запропонував інший спосіб виготовлення палей з камуфлетного розширенням. Згідно із запропонованою технології в ґрунт занурювали металеву оболонку з закритим кінцем, а заряд поміщали в центр конічного наконечника оболонки (рис. 1.9). При розрахунку заряду А. А. Луга додатково враховував необхідність вибуху наконечника оболонки. Вибух проводився після заповнення оболонки бетонною сумішшю.



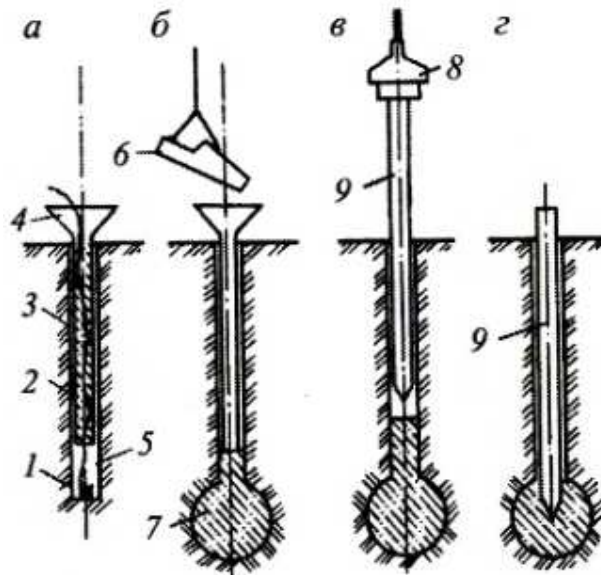
1 - порожниста оболонка; 2 - конічний наконечник; 3 - вибухова сітка; 4 - заряд вибухової речовини; 5 - бетонна суміш; 6 - камуфлетного розширення; 7 - арматурний каркас; 8 - палей

Рисунок 1.9 - Технологічна схема А. А. Луги для виготовлення палей з камуфлетною п'ятою

Далі в свердловину занурювали каркас і заповнювали решту свердловини бетонною сумішшю. Ці палі застосовувалися в нашій країні в середині ХХ в. при спорудженні опор мостів як палі глибокого закладення.

Згодом технологія зазнала деяких змін в залежності від здатності ґрунту тримати стінку свердловини, глибини залягання, матеріалів і устаткування палі, проте принципова послідовність виконання робіт залишилася колишньою.

Буроопускні палі з камуфлетной п'ятою [14]. Для підвищення надійності бурової палі в свердловину, частково заповнену бетонною сумішшю, після вибуху занурюють палю заводського виготовлення. Послідовність робіт з виготовлення таких палей показана на рис. 1.10.



1 - заряд; 2 - провід до підривної машині; 3 - обсадна труба; 4 - воронка; 5 - бетонна суміш; 6 - баддя; 7 - камуфлетне розширення; 8 - віброзанурювач; 9 - залізобетонна паля

Рисунок 1.10 - Технологічна схема виготовлення буроопускних палей з камуфлетним розширенням

Камуфлетне розширення рекомендується виконувати, коли нижня частина палі знаходиться в стійкому зв'язковому ґрунті. У незв'язних і малозв'язних ґрунтах обов'язкове обсадка свердловин інвентарними трубами. Обсадні труби слід опускати не на всю глибину свердловини, а на 0,8 ... 1,2 м

вище забою щоб уникнути деформації кінця труби під час вибуху. Камуфлетне розширення неможливо в водонасичених пилюватих пісках, текучих та текуче пластичних глинистих ґрунтах, а також в великоуламкових і скельних ґрунтах.

Перевагою технології є підвищення тримальної здатності палі за рахунок камуфлетного розширення, що збільшує площу спирання палі на ґрунт.

Технологія має ряд недоліків, які значно знижують область застосування палі камуфлетним розширенням. Так, наприклад, їх не можна використовувати в умовах обмеженої забудови і поблизу вибухонебезпечних виробництв. Для зберігання вибухових речовин на будівельному майданчику необхідно створення складу. Технологія не дозволяє здійснити надійний контроль якості виготовлення камуфлетного розширення. Після вибуху можливе обвалення верхніх склепінь розширення і розшарування бетонної суміші. Для виготовлення палі з камуфлетним розширенням необхідний дозвіл на підривні роботи, які повинна виконувати спеціалізована організація.

Палі, що виготовляються з використанням разрядно-імпульсної технології.

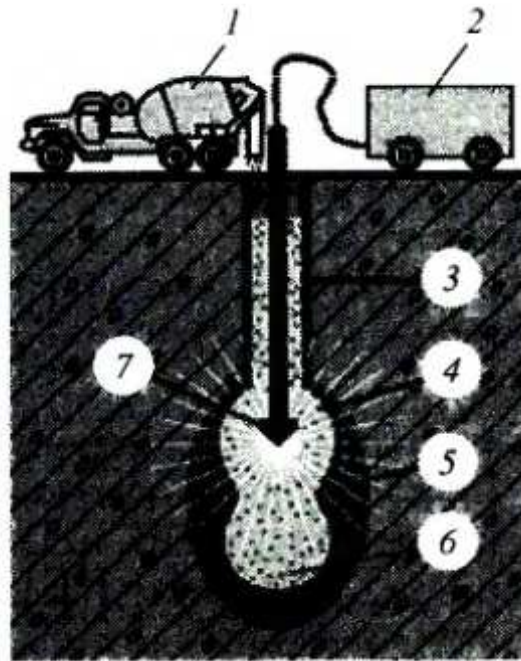
Застосування способу електроразрядної технології в геотехніці для ущільнення водонасичених пісків, супісків і лесовидних суглинків запропонував Г. М. Ломізе. Великий внесок у вирішення проблеми ущільнення водонасичених пісків миттєвим динамічним впливом вніс П. Л. Іванов. Основи технології виготовлення палі з використанням електрогідралічного ефекту були розроблені в Ленінградському інженерно-будівельному інституті в 1978-1981 рр.

Сутність разрядно-імпульсної технології полягає в тому, що свердловину, заповнену дрібнозернистим бетоном або цементним розчином, обробляють серією високовольтних електричних розрядів. При цьому виникає електрогідралічний ефект, в результаті якого формуються стовбур

палі або корінь анкера, цементується і ущільнюється навколишній ґрунт. Початковий діаметр свердловини (130 ... 300 мм) в результаті обробки розрахункової серією розрядів може бути збільшений більш ніж в 2 рази, в залежності від енергії, яка подається в свердловину, і гідрогеологічних умов майданчика. Навколишні ґрунти ущільнюються, а пористість в зоні впливу ударного імпульсу знижується. Для обробки бетонної суміші або цементного розчину електричними розрядами використовують генератор імпульсних струмів (ДІП), що включає трансформатор, випрямляч, накопичувач енергії, комутатор і блок управління. Генератор з'єднують з випромінювачем енергії, встановленим в свердловині, заповненої бетонною сумішшю (рис. 1.11). Розряд створюють в такий спосіб. Електрична енергія постійного струму напругою 220 ... 380 В підвищується до 10 кВ. Електрична енергія постійного струму і високої напруги накопичується в накопичувачі енергії, який представляє собою блок конденсаторних батарей. Цю енергію направляють до випромінювача, зануреному в бетонну суміш або цементно-піщаний розчин. При подачі електроенергії на електроди випромінювача в міжелектродному проміжку створюється висока щільність енергії і відбувається пробій з утворенням плазмового каналу розряду, де за 10^4 ... 10^5 з підвищується температура до 10^4 ... 10^5 ° С і тиск до 10^8 ... 10^{13} Па. При цьому в навколишньому середовищі утворюються і поширюються хвилі стиску. На цій стадії відбувається перетворення запасеної електричної енергії в енергію електродинамічних збурень, що призводить до розширення каналу розряду в парогазову порожнину. Коли тиск в порожнині стане менше гідростатичного тиску бетонної суміші, починається схлопування порожнини. Після розряду оцінюють ступінь ущільнення ґрунту за осадкою бетонної суміші щодо гирла свердловини.

Для виготовлення паль і ущільнення ґрунту використовують енергію електричного розряду 20 ... 60 кДж на імпульс, а частоту розрядів 3 ... 20 імпульсів в хвилину. При цементації контактної зони «фундамент - основа» енергію електричного розряду призначають від 5 до 15 кДж.

При використанні енергії розрядних імпульсів до 60 кДж динамічні впливи, що виникають за межами зони обробки, незначні і не роблять шкідливого впливу на конструкції, що підсилюються і стоять поруч будівлі. Разрядно-імпульсна технологія екологічно нешкідлива; дозволяє виконувати палі і анкера різної форми, з розширенням в одному або декількох рівнях.



1 - машина для подачі бетонної суміші; 2 - генератор імпульсних струмів; 3 - свердловина до обробки; 4 - зона цементації ґрунту; 5 - зона ущільнення ґрунту; 6 - камуфлетного розширення в основі палі; 7 - випромінювач

Рисунок 1.11 - Формування розширення палі з використанням разрядно-імпульсної технології

Виготовлені за цією технологією палі отримали скорочене найменування «палі РІТ». Інструкція з використання разрядно-імпульсної технології при виготовленні палей розроблена НИИОСП ім. Герсеванова в 1993 р У 1997 р випущені «Рекомендації щодо застосування палей», в яких регламентовані технологія пристрою і методика розрахунку даних палей.

Технологія виготовлення палей РІТ включає наступні операції:

- 1) Буріння свердловини.
- 2) Заповнення свердловини бетонною сумішшю або цементним розчином.
- 3) Обробка бетонної суміші або цементного розчину з використанням електророзрядних технологій на необхідних глибинах.
- 4) Занурення арматурного каркаса в свердловину.

Переваги разрядно-імпульсної технології:

- застосування легких малогабаритних установок дозволяє вести роботи з підвалу (заввишки не менше 2,4 м), цокольного або першого поверхів, не створюючи незручностей мешканцям верхніх поверхів і навколишніх будівель;
- можлива проходка без обсадних труб в нестійких ґрунтах при опливанні стінок свердловини.

Тримальна здатність палі РІТ в 1,5 ... 2,5 рази вище, ніж у бурових палі, виготовлених з використанням традиційних технологій.

Висока тримальна здатність палі РІТ обумовлена розширенням стовбура палі; ущільненням ґрунту навколо стовбура і під п'ятою палі; часткової цементацією піщаних ґрунтів навколо стовбура.

Опір ґрунту під п'ятою палі збільшується в 1,3 ... 2,0 рази, а по боковій поверхні - в 1,2 ... 1,5 рази.

Одна з різновидів електророзрядної технології - магнітно-імпульсна обробка бетонної суміші, яка дозволяє істотно підвищити міцність і однорідність дрібнозернистого бетону, якість і надійність палі.

Палі РІТ з успіхом застосовуються при реконструкції існуючих і будівництва нових будівель і споруд. Рекомендований нахил палі до вертикалі не більше 20 °.

Область застосування палі РІТ

- 1) Зведення палевих фундаментів при новому будівництві в обмежених умовах в безпосередній близькості від існуючих будівель.

2) Зведення огорожувальних конструкцій, аналогічних стінок з дотичних паль і стін в ґрунті.

Використання паль РІТ в захисних конструкціях дозволяє при мінімальному вилученні ґрунту при бурінні отримати конструкцію що, по жорсткості і проникності практично не поступається стіні в ґрунті і здатну, крім того, нести досить велику вертикальну навантаження. Завдяки тому, що ґрунт навколо паль ущільнюється, а піски до того ж і цементуються, з'являється можливість влаштування паль на відносно великій відстані один від одного.

3) Посилення існуючих фундаментів шляхом передачі на палі всієї або частини навантаження від споруди при зміні архітектурно-планувальних і конструктивних рішень існуючих будівель (надбудові, збільшенні прольотів і навантажень, збільшення висоти підвального поверху).

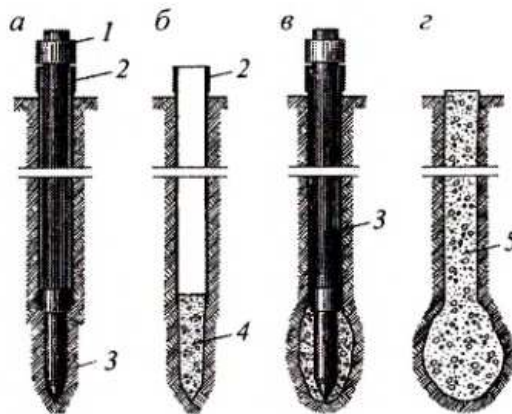
У разі необхідності разрядно-імпульсна технологія може бути використана для цементації цегляної і бутового мурування фундаментів, при цьому енергію електричного розряду призначають в діапазоні від 0,3 до 1,5 кДж, а частоту розрядів - від 10 до 150 в хвилину.

При посиленні існуючих, фундаментів конструктивні рішення аналогічні тим, що використовуються для паль. Конструктивні рішення пристрою паль РІТ при новому будівництві особливостей не мають. Відмінною рисою застосування паль РІТ в новому будівництві і при посиленні існуючих фундаментів є можливість отримання високої несучої здатності палі при мінімальних буровому діаметрі і довжині. Несуча здатність паль з буровим діаметром 150 ... 250 мм не менше, ніж у забивних паль перетином 300x300 мм тієї ж довжини.

Палі «Харлей Еббот». В обсадну товстостінну трубу діаметром 40см вставляють сердечник, виступаючий вниз за трубу на 1,25-1,5 м. Розширена голова сердечника опирається на обсадну трубу. Енергія удару через розширений оголовок передається на обсадку.

Технологія включає:

- 1) Забивку у ґрунт сердечника (рис 1.12, а).
- 2) Вилучення сердечнику; подачу в трубу порції бетонної суміші; припідймання труби (рис 1.12, б).
- 3) Формування розширення ударами сердечника по бетонній суміші (рис. 1.12, в).
- 4) Закінчення бетонування; вилучення обсадної труби; формування оголовку палі (рис. 1.12, г)



1 – оголовок сердечнику; 2 – обсадна труба; 3 – сердечник; 4 – бетонна суміш; 5 – палля.

Рисунок 1.12 – Технологічна схема виготовлення палі «Харлей Еббот»

Палі «Макартура» без оболонки. Виготовляють забивкою сталевих труб діаметром 35 см разом з наконечником. Бетонування ведуть з одноразовим вилученням труби. Сердечник з молотом, опущений на бетонну суміш, забезпечує щільність укладки та необхідний контакт бетону з оточуючим ґрунтом. Розширення основи досягається трамбуванням бетонної суміші. Такі палі виконують довжиною до 18м.

Вібронабивні палі [15].

Технологія:

- 1) Обсадна труба з наконечником що втрачається занурюється в ґрунт за рахунок вібраційного впливу, створюваного віброзанурювачем, жорстко закріпленим на верхньому торці обсадної труби-поршня.

2) Візуальна перевірка герметичності порожнини труби на відсутність в ній ґрунтових вод і установка арматурного каркаса-циліндра в трубу.

3) Заповнення обсадної труби бетоном через верхній торець за допомогою бадді, бетононасоса або з використанням при необхідності бетонолітної труби.

4) Створення необхідної величини розширення відбувається за рахунок переміщення вгору-вниз обсадної труби-поршня вздовж арматурного каркаса-циліндра. Процес відбувається до появи відмови що контролюється показаннями бортового комп'ютера. При ущільненні бетону долив в свердловину здійснюється через мірну ємність, влаштовану в верхній частині обсадної труби, для створення необхідного обсягу розширення.

5) Вібраційний витяг обсадної труби-поршня з одночасним ущільненням бетонної суміші в стовбурі палі. Формування оголовка палі. При формуванні розширення відбувається додаткове ущільнення ґрунту за рахунок впливу пари поршень-циліндр, зі збільшенням площі обпирання палі на ґрунт (діаметр палі збільшується в 1,8 - 3 рази) і, отже, збільшенням лобового опору, що в підсумку призводить до значного підвищення несучої здатності буронабивної палі.

Позитивні якості технології [16]:

1) Зменшена матеріалоємність – порівняно з іншими методами палі (без уширення) за рахунок більшої тримальної здатності одного пального куба. Через значне ущільнення ґрунту навколо палі під час вдавлювання зростає тримальна здатність, а разом з цим зменшується ціна фундаменту.

2) Через те що паля вдавлюється у ґрунт, відсутня виїмка ґрунта. Фінансові затрати на вивіз ґрунту відсутні, це знижує вартість палі, та призводить до більшої екологічності процесу.

3) Паля може розміщуватись у більшості ґрунтів, крім скальних, хоча вони підходять в якості основи під нижнім кінцем палі.

4) У набивної палі з розширенням є можливість регулювання тримальної здатності, за рахунок збільшення об'єму втрамбованого щебню.

5) Екологічність – через відсутність шуму, динамічних коливань, викидів продуктів згорання. Це дозволяє використовувати технологію в умовах щільної забудови.

Негативні якості технології [16]:

1) Складність проведення статичних випробувань, через потребу передачі більшого навантаження для випробування. Через це зникає можливість з достатньою достовірністю визначити тримальну здатність.

2) Використання обсадної труби при виконанні паль з уширенням ускладнюються на крутих схилах, та при високому рівні підземних вод.

Палі з уширеною п'ятою багатократно використовувались у Запорізькому регіоні. Аналіз роботи будівель на палях з уширеною п'ятою у Запорізькому регіоні показав їх нормальну роботу. Існують окремі випадки осадження до 300 мм. Вони пояснюються улаштуванням п'яти вище щільного опорного шару. Також помічена складність улаштування п'яти у ґрунтах які мають підвищену вологість [13].

Технологія паль з уширенням є цікавою альтернативою палям без уширенняю, питання потребує подальшого дослідження.

1.3 Методи та програмне забезпечення для розрахунку основ

При розрахунку основ потрібно відповідально підходити до прогнозу поведінки ґрунтів. У інженерному ділі це може бути реалізовано за допомогою програмного комплексу PLAXIS, який орієнтовано на виконання комплексних геотехнічних розрахунків напружено-деформаційного стану системи «основа-споруда» у процесі її формування і подальшої експлуатації. Для своєї роботи програма використовує метод кінцевих елементів [13, 17, 18].

У програмі PLAXIS при створенні геометричної моделі ґрунтового масив розбивається на 15-вузлові трикутні ізопараметричні кінцеві елементи, в яких переміщення визначаються у всіх 15 вузлах, а напруги – у 12 точках. Для моделювання роботи ґрунту під навантаженням може бути використана пружнопластична модель Кулона-Мора, яка включає п'ять основних вихідних параметрів: модуль Юнга E ; коефіцієнт Пуассона ν ; кут внутрішнього тертя ϕ ; зчеплення; кут дилатансії ψ (кут збільшення об'єму ґрунту при зволоженні) [17].

Чисельне моделювання дозволяє виконувати розрахунки будь-яких видів фундаментів - дрібного закладення та пальових, а також їх комбінацій - пальово-плитний. Моделювання стадійності будівництва дає можливість оцінювати осідання та нахили на будь-який момент часу, у тому числі на термін експлуатації споруди. Розрахунки в PLAXIS дозволяють виконувати оптимізацію конструкції фундаменту, враховувати вплив ґрунтових подушок, армування та інших варіантів посилення основи та вирівнювання осадів.

Використовуючи PLAXIS, інженер має можливість оперативного зіставлення різних проектних варіантів з урахуванням різних факторів, що впливають на вибір оптимального рішення:

- геологічна будова неоднорідного ґрунтового підстави, властивості ґрунтів;
- будівництво в умовах обмеженого простору з близько розташованими будівлями і інженерними комунікаціями;
- технологія будівництва, штучне поліпшення ґрунтів;
- статичні і динамічні навантаження при будівництві та експлуатації споруди.

У програмний комплекс PLAXIS в даний час входить ряд прикладних обчислювальних програм для кінцево-елементних розрахунків складних комбінованих геотехнічних систем з різними за призначенням об'єктами, в тому числі транспортного будівництва (дорожні насипи, шляхопроводи, мости, тунелі) [17]:

- PLAXIS 2D призначена для статичних розрахунків напружено-деформованого стану, стійкості та фільтрації в умови плоскої задачі;
- Dynamics module є доповненням до програми PLAXIS 2D для динамічних розрахунків з циклічними (вібраційними), імпульсними (ударними) і сейсмічними навантаженнями;
- PlaxFlow module є доповненням до програми PLAXIS 2D для розрахунків складних режимів сталої і несталої фільтрації в насичених і ненасичених водою ґрунтових масивах;
- PLAXIS 3D призначена для тривимірних розрахунків деформацій і стійкості просторових будівельних об'єктів спільно з ґрунтовою основою.

У PLAXIS реалізована концепція простих у використанні програм для інженерів-розраховувачів, які не обов'язково повинні бути фахівцями в області чисельних методів розрахунку і сучасної нелінійної механіки ґрунтів.

Слід зазначити, що в PLAXIS ґрунт моделюється як багатокомпонентний матеріал (частинки, вода, газ), в якому може виникати тиск в поровій воді (гідростатичне і надлишкове), що знайшло своє відображення в спеціальних розрахунках (фільтрація, консолідація). Програма PLAXIS дозволяє моделювати поетапні процеси зведення споруди, виїмки і відсипання ґрунту, додатки різних за величиною і напрямками навантажень, створювати сценарії аварійних ситуацій і оцінювати їх наслідки в роботі споруди.

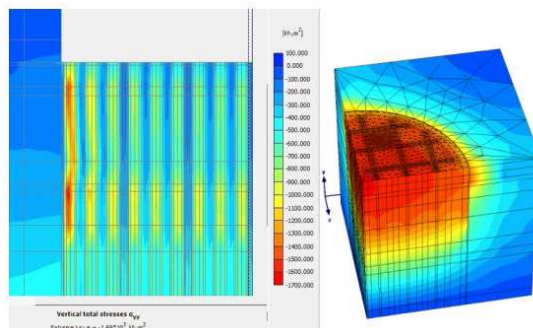


Рисунок 1.13 - Приклад результатів моделювання у PLAXIS

2 РОЗРАХУНКОВО-ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПАЛІ

2.1 Вхідні дані для розрахунків за допомогою програми Plaxis

Для розрахунку була використана геологія 2015 року запорізького хлібозаводу №5 за адресом м. Запоріжжя, вул. Новобудов 6, Хортицький район. Дана геологія являється типовою для Хортицького району, у даній роботі застосована з припущеннями.

Характеристики шарів.

Шар 1 – антропогенні утворення – асфальт, доменний шлак. (у роботі умовно визначено другим шаром).

Шар 2 - Суглинки коричневі, жовтувато-коричневі (шар 2) та поховані ґрунти – суглинки сірувато-коричневі (шар 2а), лесові, тверді, просадні. Щільність сухого ґрунту $13,3 \text{ кН/м}^3$; щільність водонасиченого ґрунту $18,1 \text{ кН/м}^3$; модуль деформації ґрунту у природному стані 6 МПа ; модуль деформації ґрунту у заданому стані $1,5 \text{ МПа}$; кут внутрішнього тертя у заданому стані 17 градусів; питоме зчеплення ґрунту у заданому стані 16 кН/м^2 .

Шар 3 – Супеси палево-жовті, лесові, тверді, просадні. Щільність сухого ґрунту $15,9 \text{ кН/м}^3$; щільність водонасиченого ґрунту $19,52 \text{ кН/м}^3$; модуль деформації ґрунту у природному стані $36,9 \text{ МПа}$; модуль деформації ґрунту у заданому стані 14 МПа ; кут внутрішнього тертя у заданому стані 22 градусів; питоме зчеплення ґрунту у заданому стані 14 кН/м^2 .

Шар 4 – Суглинки жовтувато-коричневі, коричневі (шар 4) і поховані ґрунти – суглинки сірувато-коричневі (шар 4а), лесові, твердо-напівтверді, просадні. Щільність сухого ґрунту $14,4 \text{ кН/м}^3$; щільність водонасиченого ґрунту $18,8 \text{ кН/м}^3$; модуль деформації ґрунту у природному стані 12 МПа ;

модуль деформації ґрунту у заданому стані 4 МПа; кут внутрішнього тертя у заданому стані 20 градусів; питоме зчеплення ґрунту у заданому стані 13 кН/м².

Шар 5 – Супеси палево-бурі, лесові, твердо-пластичні, просадні. Щільність сухого ґрунту 15,7 кН/м³; щільність водонасиченого ґрунту 19,4 кН/м³; модуль деформації ґрунту у природному стані 16,7 МПа; модуль деформації ґрунту у заданому стані 8,2 МПа; кут внутрішнього тертя у заданому стані 22 градусів; питоме зчеплення ґрунту у заданому стані 10 кН/м².

Шар 6 – Суглинки червонувато-коричневі, коричневі, лесові, тверді, просадні. Щільність сухого ґрунту 15,9 кН/м³; щільність водонасиченого ґрунту 19,4 кН/м³; модуль деформації ґрунту у природному стані 17,1 МПа; модуль деформації ґрунту у заданому стані 14,7 МПа; кут внутрішнього тертя у заданому стані 20 градусів; питоме зчеплення ґрунту у заданому стані 29 кН/м².

Шар 7 – Супеси палево-бурі, жовтувато-коричневі, лесові, твердо-пластичні, просадні. Щільність сухого ґрунту 15,6 кН/м³; щільність водонасиченого ґрунту 19,37 кН/м³; модуль деформації ґрунту у природному стані 27,6 МПа; модуль деформації ґрунту у заданому стані 13,4 МПа; кут внутрішнього тертя у заданому стані 20 градусів; питоме зчеплення ґрунту у заданому стані 13 кН/м².

Шар 8 – Суглинки червонувато-коричневі, коричневі, лесові, тверді, просадні. Щільність сухого ґрунту 16,33 кН/м³; щільність водонасиченого ґрунту 19,87 кН/м³; модуль деформації ґрунту у природному стані 16,8 МПа; модуль деформації ґрунту у заданому стані 12,4 МПа; кут внутрішнього тертя у заданому стані 18 градусів; питоме зчеплення ґрунту у заданому стані 20 кН/м².

Шар 9 – Супеси коричневі, лесові, твердо-пластичні, просадні. Щільність сухого ґрунту 17,16 кН/м³; щільність водонасиченого ґрунту 20,34 кН/м³; модуль деформації ґрунту у природному стані 27,7 МПа; модуль

деформації ґрунту у заданому стані 13,6 МПа; кут внутрішнього тертя у заданому стані 22 градусів; питоме зчеплення ґрунту у заданому стані 7 кН/м².

Шар 10 – Суглинки коричневі, лесові, твердо-тугопластичні, просадні. Щільність сухого ґрунту 16,5 кН/м³; щільність водонасиченого ґрунту 20,1 кН/м³; модуль деформації ґрунту у природному стані 14 МПа; модуль деформації ґрунту у заданому стані 4.5 МПа; кут внутрішнього тертя у заданому стані 21 градусів; питоме зчеплення ґрунту у заданому стані 26 кН/м².

Шар 11 – Супеси червонувато-коричневі, лесові, твердо-пластичні. Щільність сухого ґрунту 16,63 кН/м³; щільність водонасиченого ґрунту 20,02 кН/м³; модуль деформації ґрунту у природному стані 41,7 МПа; кут внутрішнього тертя у заданому стані 22 градусів; питоме зчеплення ґрунту у заданому стані 9 кН/м².

Шар 12 - Суглинки червонувато-коричневі, лесові, тверді. Щільність сухого ґрунту 16,20 кН/м³; щільність водонасиченого ґрунту 19,74 кН/м³; модуль деформації ґрунту у природному стані 29,4 МПа; кут внутрішнього тертя у заданому стані 20 градусів; питоме зчеплення ґрунту у заданому стані 20 кН/м².

2.2 Розрахунки за допомогою Plaxis

У даному підрозділі розглянемо серію задач, вході яких порівняємо палю з розширенням та без у звичайних умовах, та в умовах обводнення.

Задача 1 Розглянемо дві палі без розширення на відстані 1000 мм одні від одної, з'єднані ростверком. Заглиблення палі 29,5 м; діаметр палі 500 мм. Ростверк розмірами 1000x4500 мм, товщиною 1500 мм.

Моделюємо у програмі Plaxis 8.2 товщу ґрунт відповідно до прийнятих ґрунтових умов (підрозділ 2.1. Вхідні дані для розрахунків за допомогою програми Plaxis), та закріплюємо його у просторі.

Намічаємо місце під палі у товщі ґрунту за допомогою функції Geometry line, та моделюємо ростверк за допомогою функції Plate.

За допомогою програми SMath Studio визначаємо характеристики ростверку:

Товщина плити: $h = 1,5$ м

Ширина (погонний метр): $b = 1$ м

Модуль пружності: $E = 2000000$ т/м²

Площа: $A = h * b$ (2.1)

Момент інерції: $I = (h^3 * b)/12$ (2.2)

$EA = E * A = 2,94 * 10^7$ кН (2.3)

$EI = E * I = 5,52 * 10^6$ кН*м² (2.4)

Щільність бетону: $\rho = 2,5$ т/м³

Вага м² виробу: $w = 25$ кН*м²

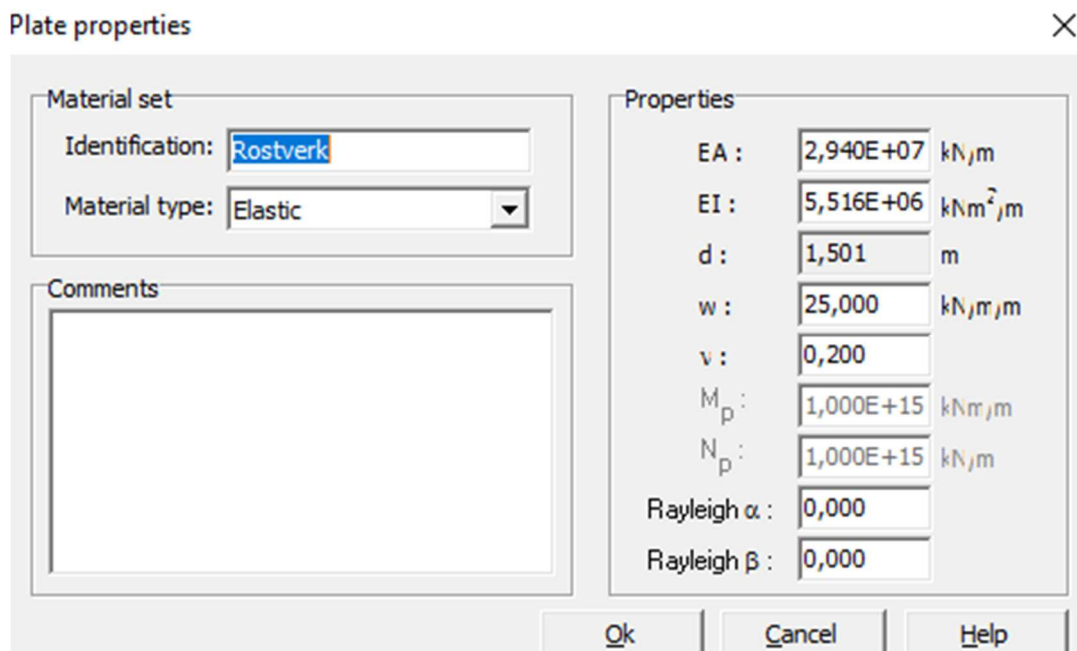


Рисунок 2.1 – Прийняті характеристики ростверку

За допомогою програми SMath Studio визначаємо характеристики палі:

Жорсткість палі: $E = 2 * 10^7$ кН/м²

Коефіцієнт приведення (потрібен через особливість програми Plaxis, вона вважає всі змодельовані об'єкти довжиною 1000мм, тому, щоб змодельовати об'єкти певних розмірів, потрібно змінити їх жорсткість):

$$n = ((0,5/2)^2 * \pi) / 1 = 0,1963 \quad (2.5)$$

$$E_{ref} = E * n = 4 * 10^6 \text{ кН/м}^2 \quad (2.6)$$

Задаємо точкове навантаження у цент ростверку у розмірі 180 т/с.

За допомогою функції Interfase моделюємо взаємодію тіла палі з ґрунтом. Задаємо Virtual thickness factor (віртуальна товщина) рівним 0,5.

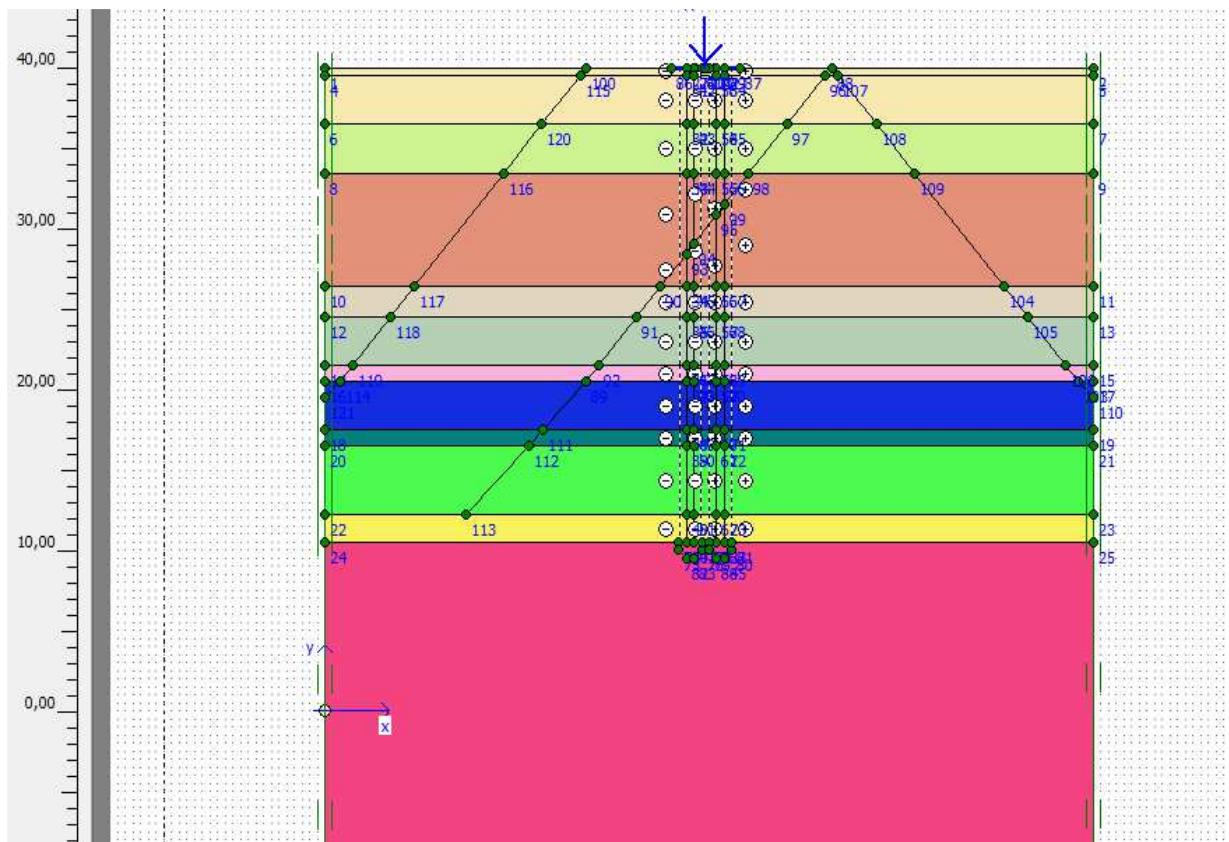


Рисунок 2.2 – Змодельовані початкові умови задачі

Генеруємо сітку та переходимо до розрахунку.

1) Складаємо фазу 1 (sv1), за початок обираємо фазу 0:

Місцям що заготовлені під палі присвоюємо характеристики палі.

Активуємо Interfase та ростверк.

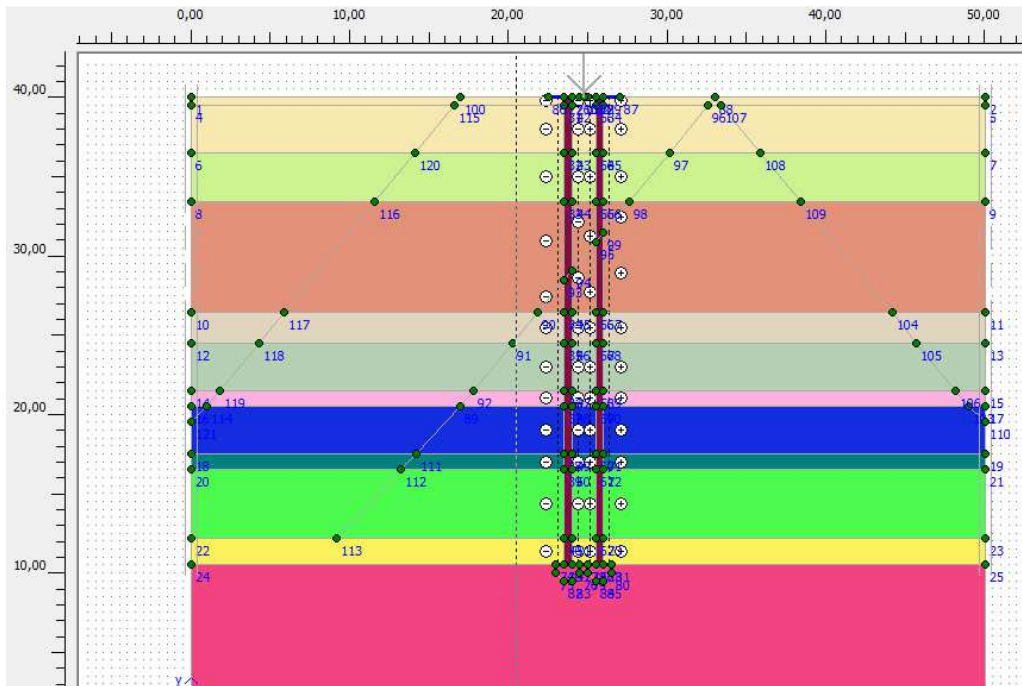


Рисунок 2.3 – Складання фази 1 (sv1)

2) Складаємо фазу 2 (sv1_nagr):

Починаємо фазу 2 з фази 1, та активуємо навантаження

3) Виконуємо розрахунок.

Plaxis 8.2 Calculations - Roz_1.plx

File Edit View Calculate Help

Input Output Curves

General Parameters Multipliers Preview

Phase
Number / ID.: 2 sv1_nagr
Start from phase: 1 - sv1

Calculation type
Plastic
Advanced

Log info
Prescribed ultimate state fully reached

Comments

Parameters

Next Insert Delete...

Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input	Time	Water	F
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0,00 ...	0	0
sv1	1	0	Plastic	Staged construction	0,00 ...	1	3
sv1_nagr	2	1	Plastic	Staged construction	0,00 ...	2	3
sv1_pr1	3	2	Plastic	Staged construction	0,00 ...	3	8
sv1_pr2	4	2	Plastic	Staged construction	0,00 ...	4	1
sv2	5	0	Plastic	Staged construction	0,00 ...	5	2
sv2_nagr	6	5	Plastic	Staged construction	0,00 ...	6	2
sv2_pr1	7	6	Plastic	Staged construction	0,00 ...	7	3
sv2_pr2	8	6	Plastic	Staged construction	0,00 ...	8	3
sv-not	9	0	Plastic	Staged construction	0,00 ...	9	4
sv-not_pr2	10	9	Plastic	Staged construction	0,00 ...	10	6

Рисунок 2.4 – Розрахунок усіх задач 1 – 8 (фази 0-10)

4) Результати

Фаза 1 (sv1) – просідання від власної ваги склало $12,14 \cdot 10^{-3}$ м, або 12,14 мм. Фаза 2 (sv1_nagr) – просідання від навантаження склало $59,96 \cdot 10^{-3}$ м, або 59,96 мм.

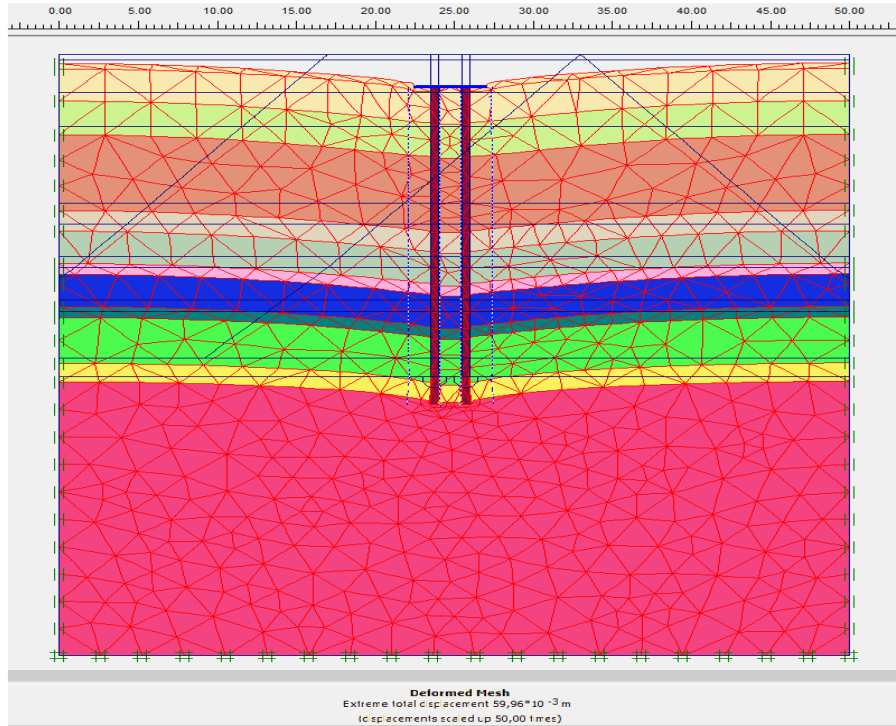


Рисунок 2.5 – Деформована схема фази 2 (sv1_nagr)

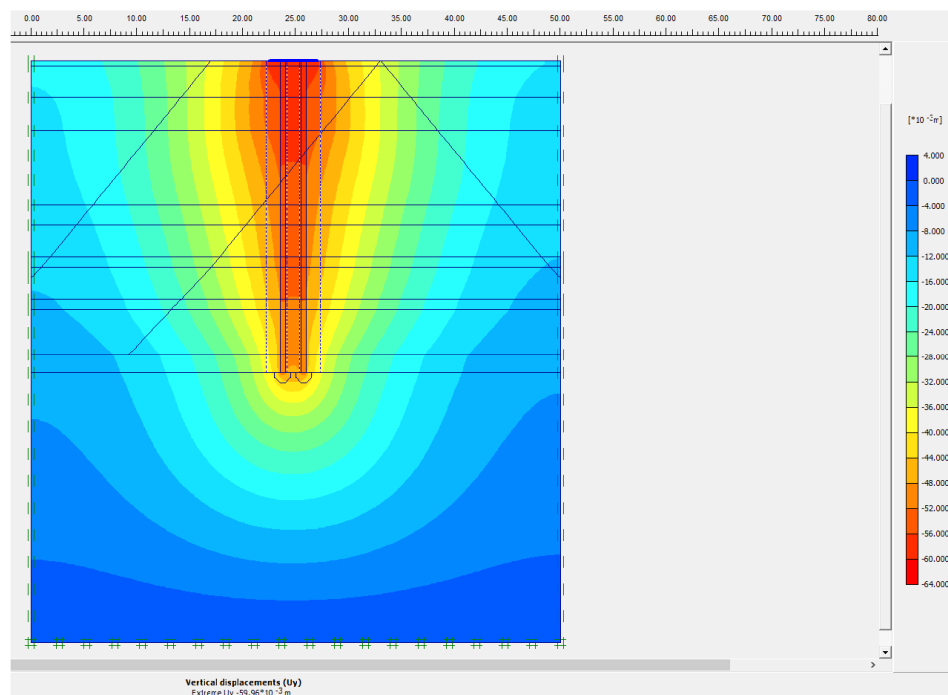


Рисунок 2.6 – Схема вертикального переміщення фази 2 (sv1_nagr)

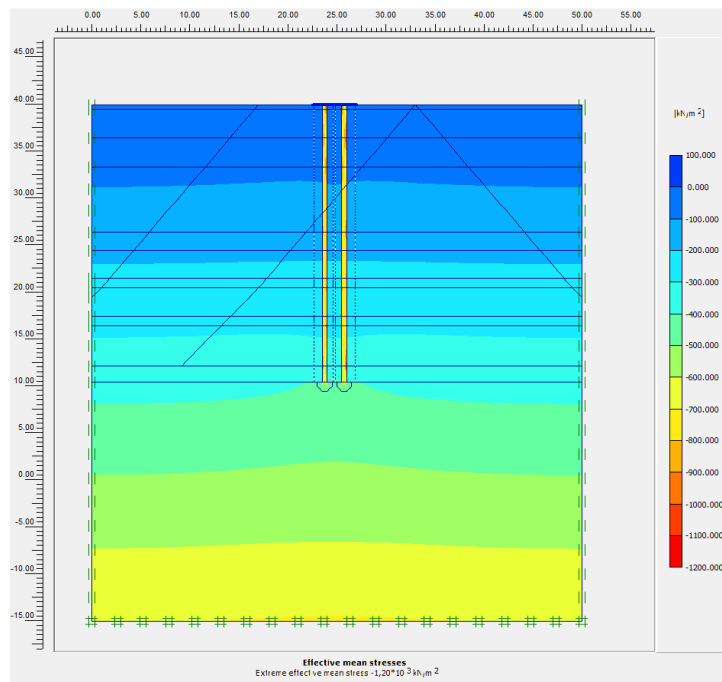


Рисунок 2.7 – Схема ефективних середніх напружень ($-1,20 \cdot 10^3 \text{кН} \cdot \text{м}^2$)

Задача 2 Розрахунок палі з розширенням. Діаметр розширення 1500 мм

1) Складаємо фазу 5 (sv2), за початок обираємо фазу 0:

Місцям що заготовлені під палі присвоюємо характеристики палі.

Активуємо Interfase та ростверк.

2) Складаємо фазу 6 (sv2_nagr):

Починаємо фазу 6 з фази 5, та активуємо навантаження.

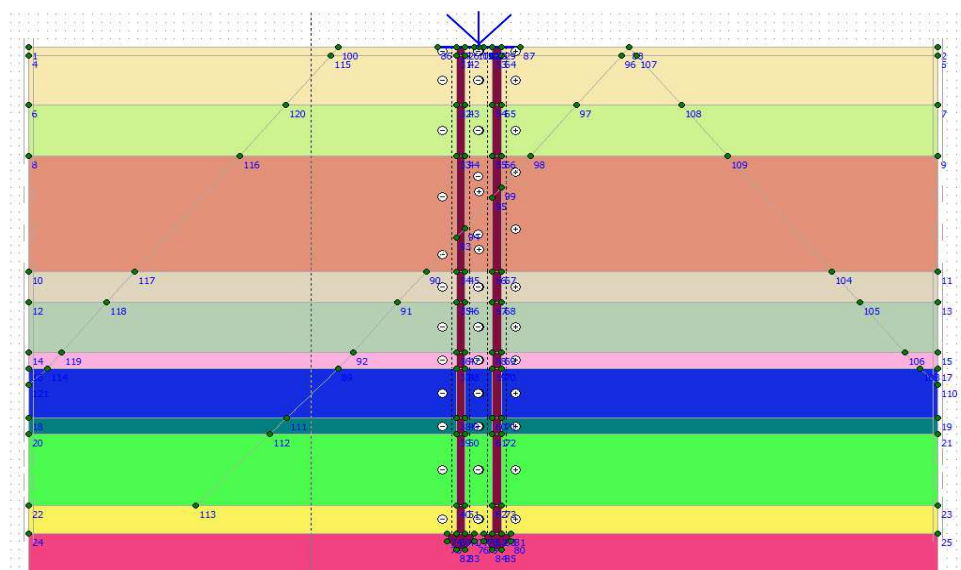


Рисунок 2.8 – Складання фази 6 (sv2_nagr)

3) Виконуємо розрахунок.

4) Результати.

Фаза sv2 – просідання від власної ваги склало $11,58 \cdot 10^{-3}$ м, або 11,58 мм. Фаза sv2_nagr – просідання від навантаження склало $55,80 \cdot 10^{-3}$ м, або 55,80 мм.

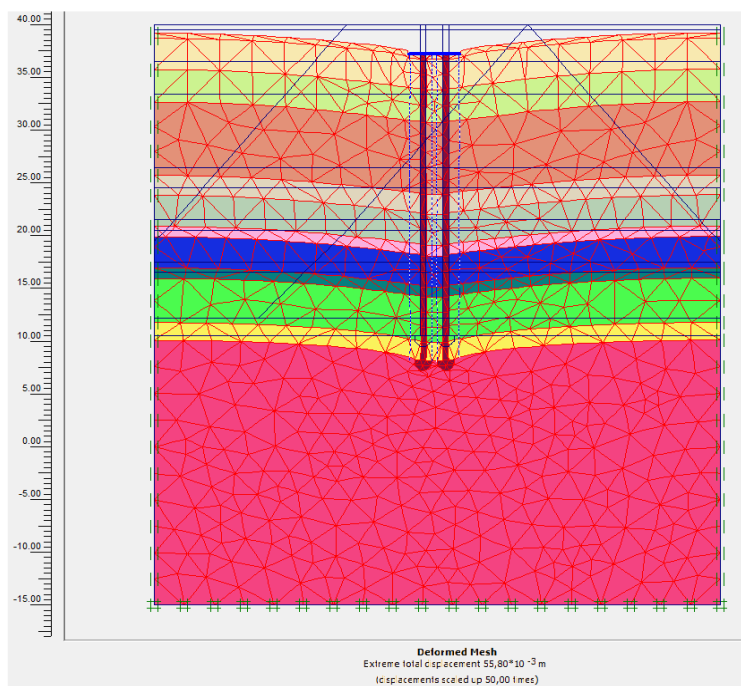


Рисунок 2.9 – Деформована схема фази 6 (sv2_nagr)

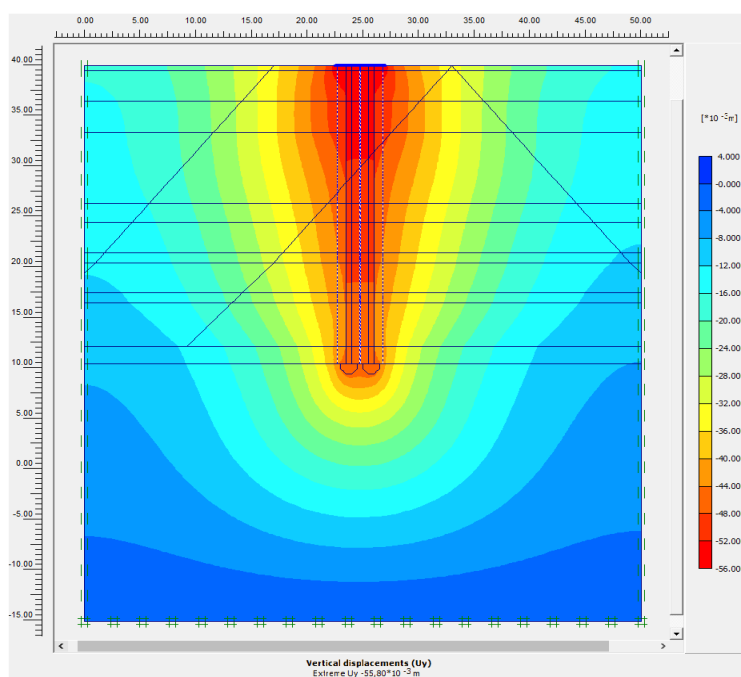


Рисунок 2.10 – Схема вертикального переміщення фази 6 (sv2_nagr).

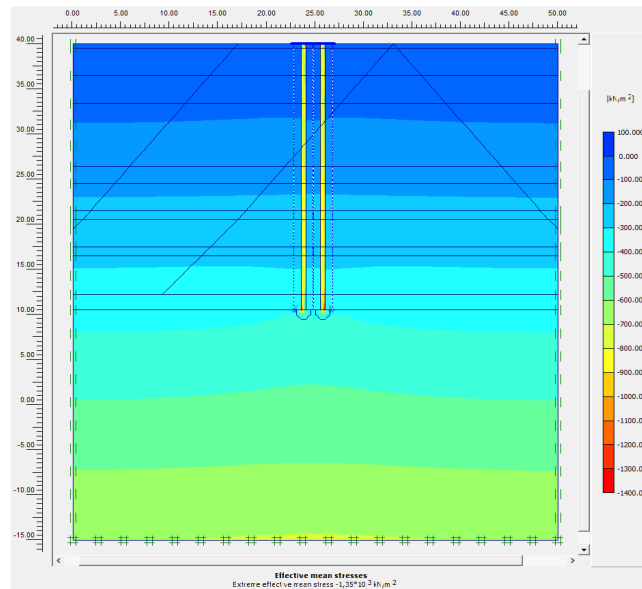


Рисунок 2.11 – Схема ефективних середніх напружень ($-1,35 \cdot 10^3 \text{кН} \cdot \text{м}^2$)

Задача 3. Виконаємо розрахунок плити у даних ґрунтових умовах.

1) Складаємо фазу 9 (sv-not), за початок обираємо фазу 0. У ній ми активуємо ростверк та точкове навантаження. Зменшуємо навантаження до 90 т/с для правдивості експерименту.

2) Виконуємо розрахунок.

3) Результати

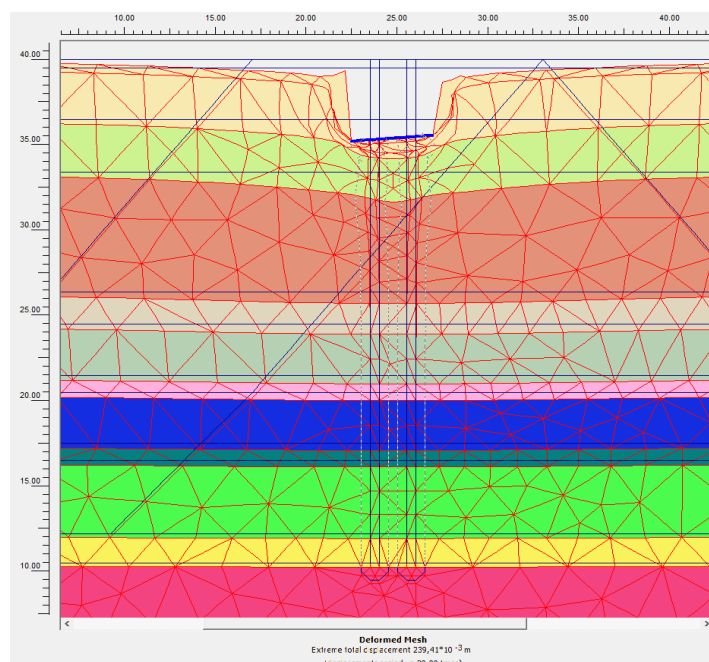


Рисунок 2.12 – Деформована схема фази 9 (sv-not) - деформації

$$239,39 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

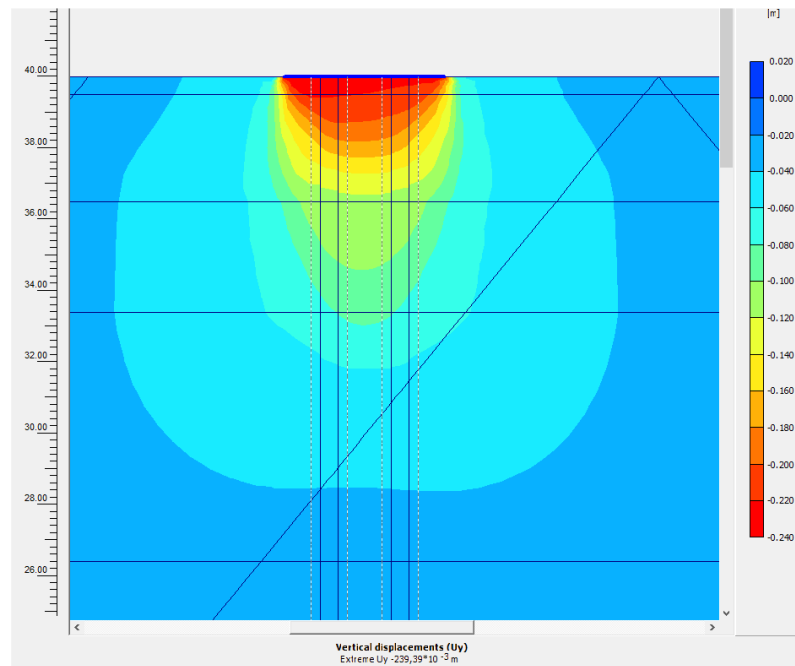


Рисунок 2.13 – Схема вертикального переміщення фази 9 (sv-not)

Задача 4. Розрахунок палі без розширення при обводненні 1.

1) Складаємо фазу 3 (sv1_pr1), за початок обираємо фазу 2 (sv1_nagr):

Міняємо характеристики ґрунту у зоні трикутника що обводнюється на знижені, згідно геології, та задаємо їм відносну просадність за допомогою функції (Volum strain). Вимірюється вона у відсотках, та обирається згідно геології в залежності від ваги ґрунту що спирається.

Щільність ґрунту ρ ; Висота середини шару ґрунту: h ;

Побутовий тиск: P ; Відносна просадність : ε (обирається відносно значення побутового тиску)

$$P = h * \rho \quad (2.7)$$

Таблиця 2.1 – Розрахунок відносної просадності

Шар	Глибина (м)	Побутовий тиск (МПа)	Відносна просадність (%)
2	2	0,0333	1,3
3	5	0,0834	2,2
4	10	0,1667	1,8
5	14,5	0,2417	1,3
6	17	0,2834	1,3
7	19	0,3168	0,9
8	21	0,3501	1,15
9	23	0,3834	1,2
10	26	0,4335	1,56

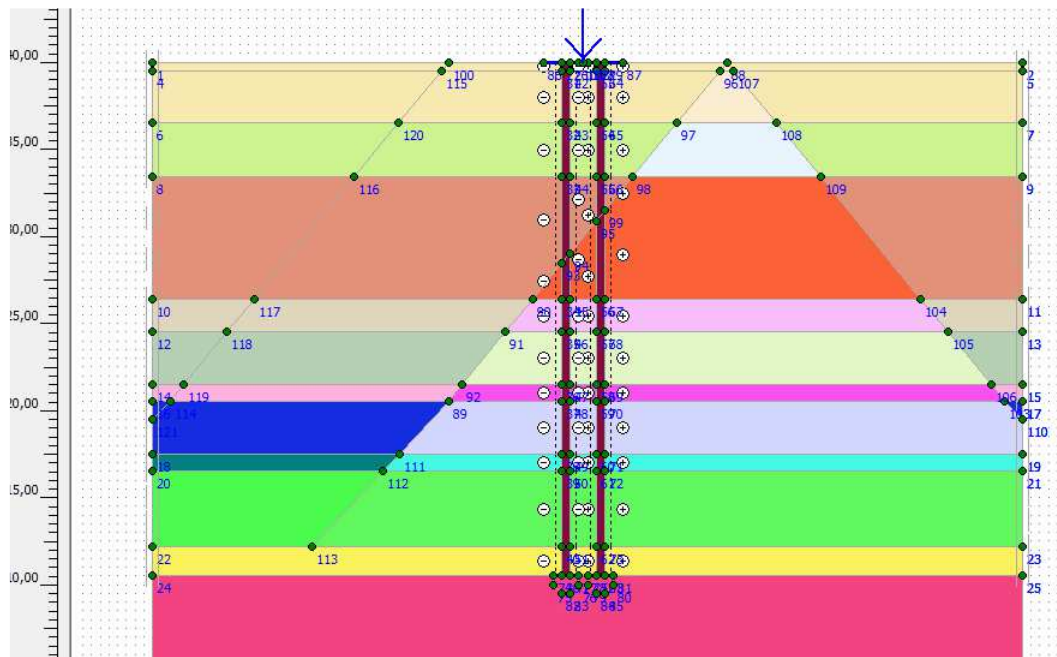


Рисунок 2.14 – Складання фази 3 (sv1_pr1)

2) Виконуємо розрахунок.

3) Результати.

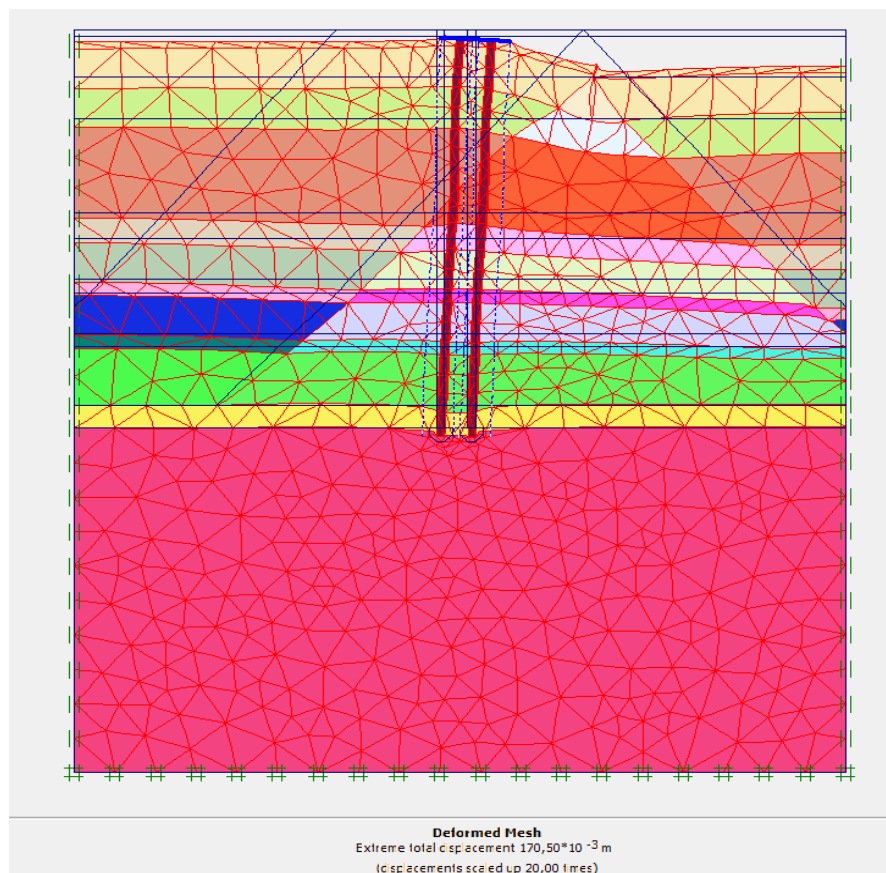


Рисунок 2.15 – Деформована схема фази 3 (sv1_pr1)

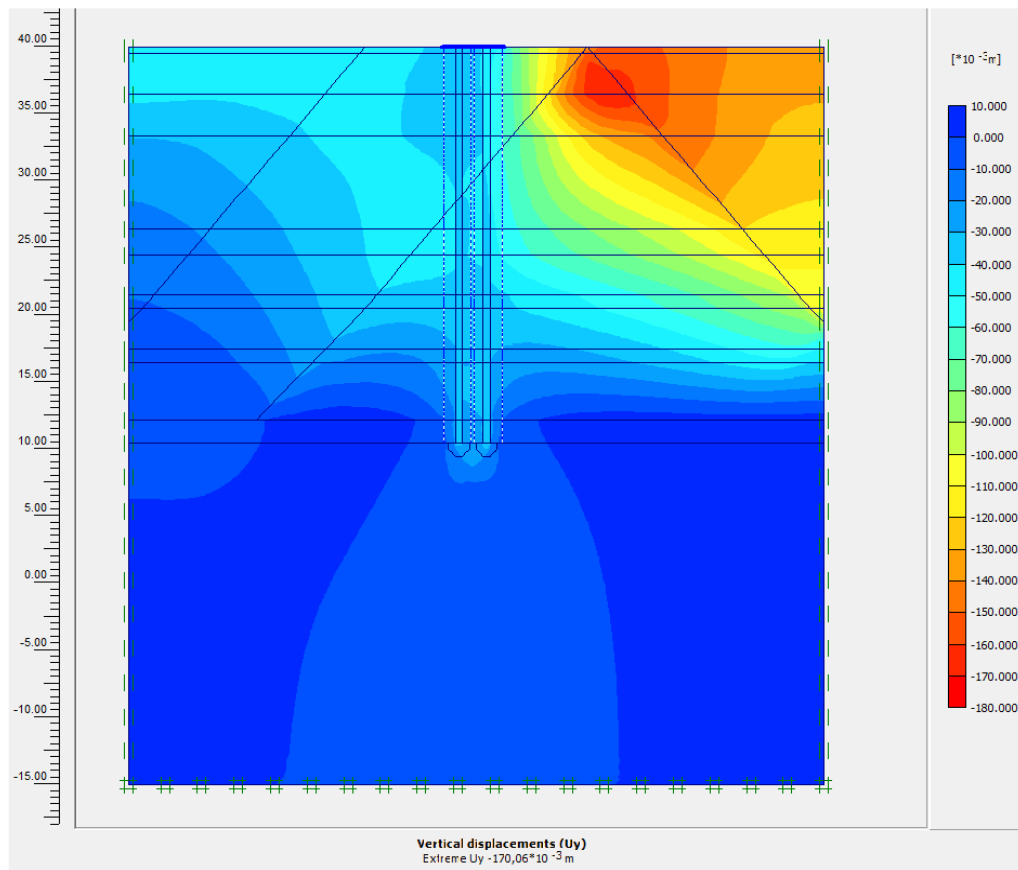


Рисунок 2.16 – Схема вертикального переміщення фази 3 (sv1_pr1)

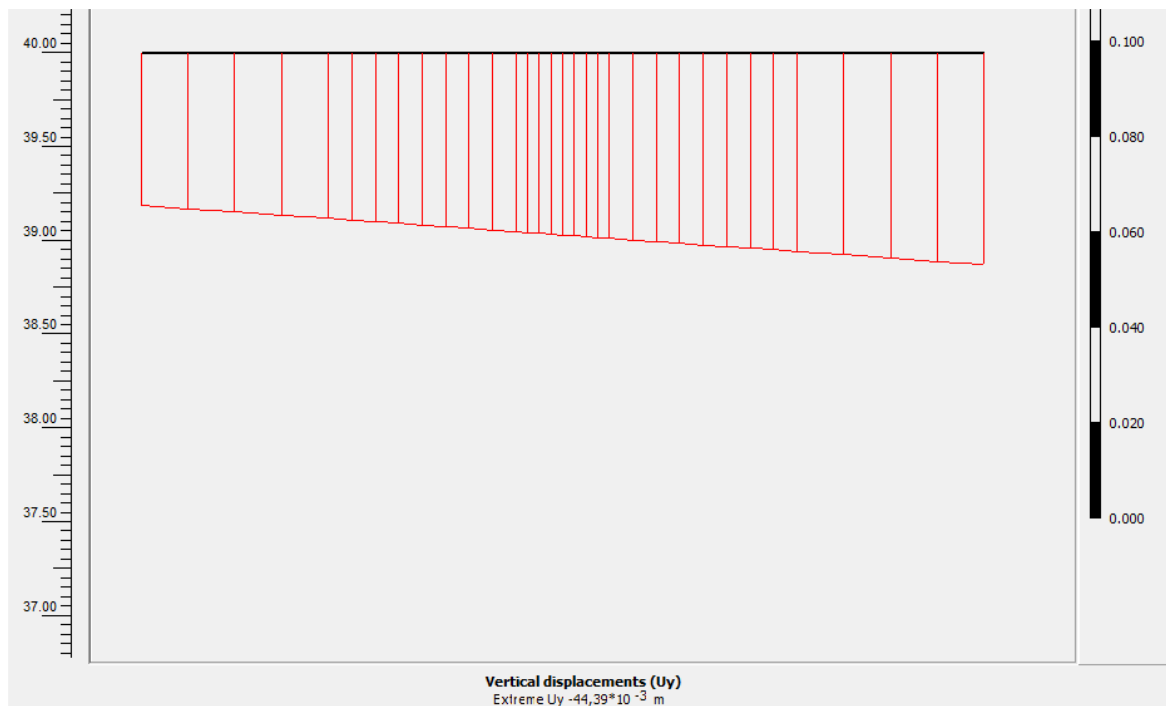


Рисунок 2.17 – Епюра вертикального переміщення ростверку за фази 3 (sv1_pr1)

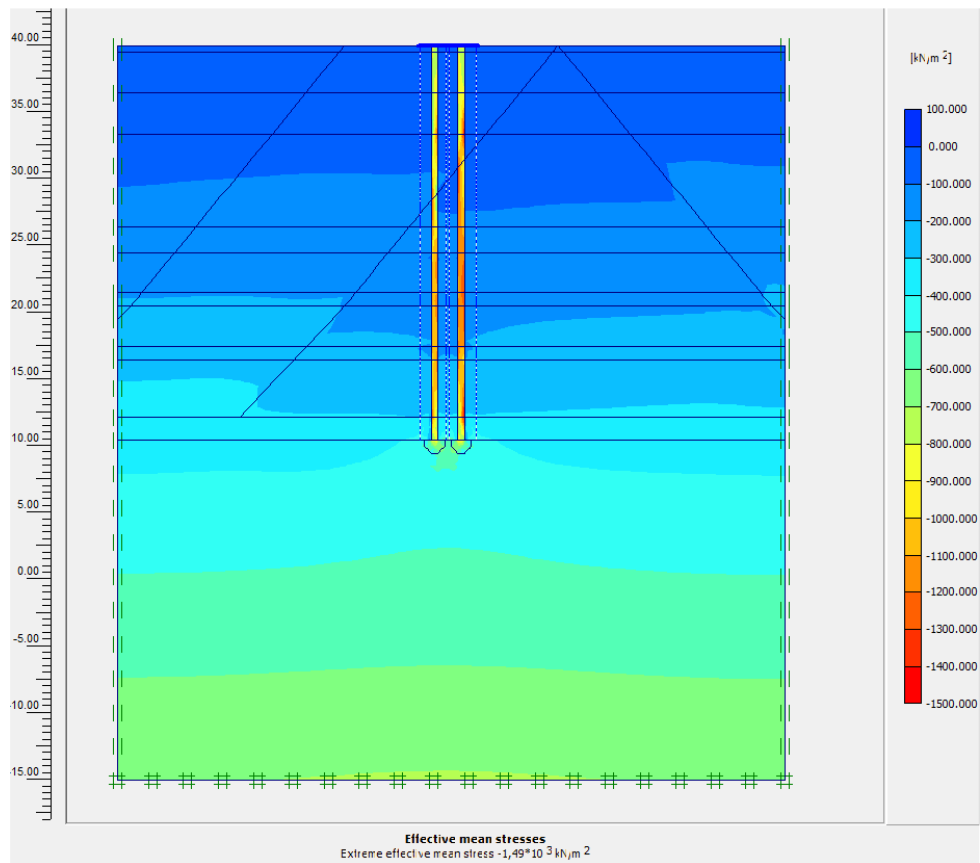


Рисунок 2.18 – Схема ефективних середніх напружень ($-1,49 \cdot 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$)

Задача 5. Розрахунок палі без розширення при обводненні 2.

1) Складаємо фазу 4 (sv1_pr2), за початок обираємо фазу 2 (sv1_nagr):

Міняємо характеристики ґрунту у зоні трапеції що обводнюється на знижені, згідно геології, та задаємо їм відносну просадність (див. таблицю 2.1).

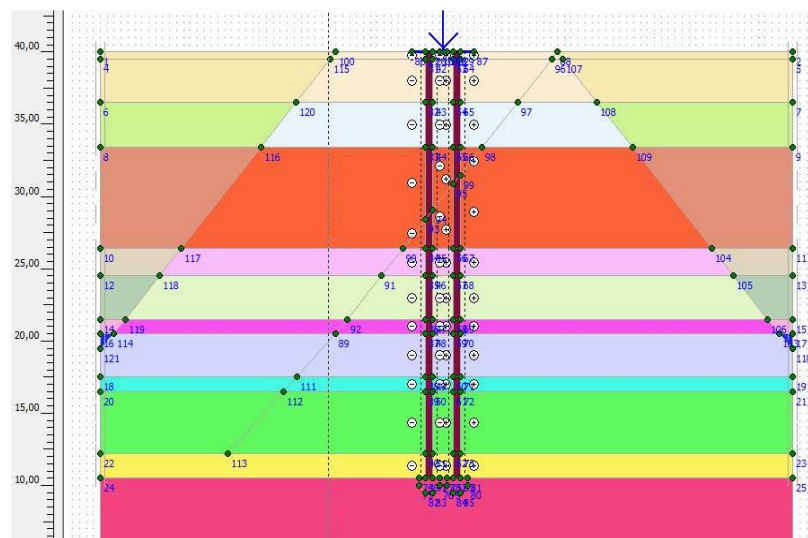


Рисунок 2.19 – Складання фази 4 (sv1_pr2)

2) Виконуємо розрахунок.

3) Результати.

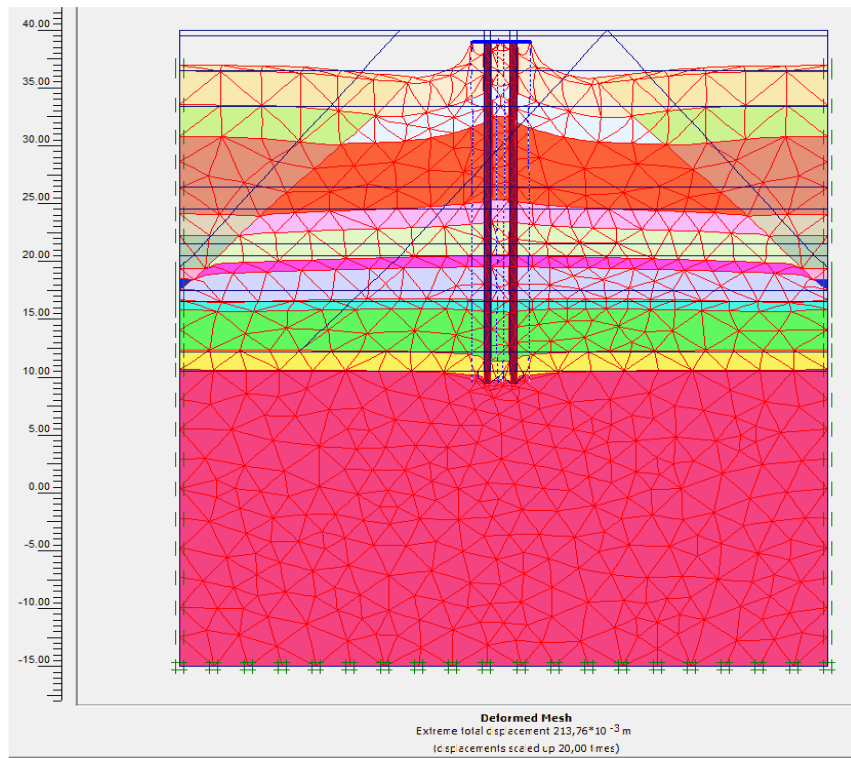


Рисунок 2.20 – Деформована схема фази 4 (sv1_pr2)

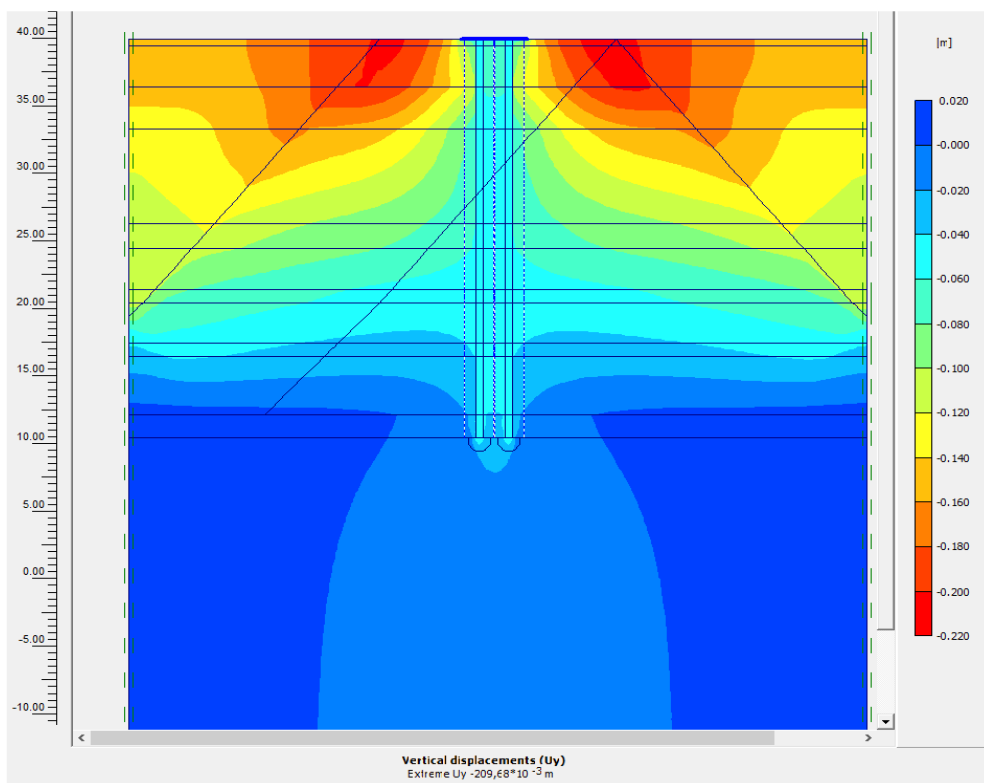


Рисунок 2.21 – Схема вертикального переміщення фази 4 (sv1_pr2)

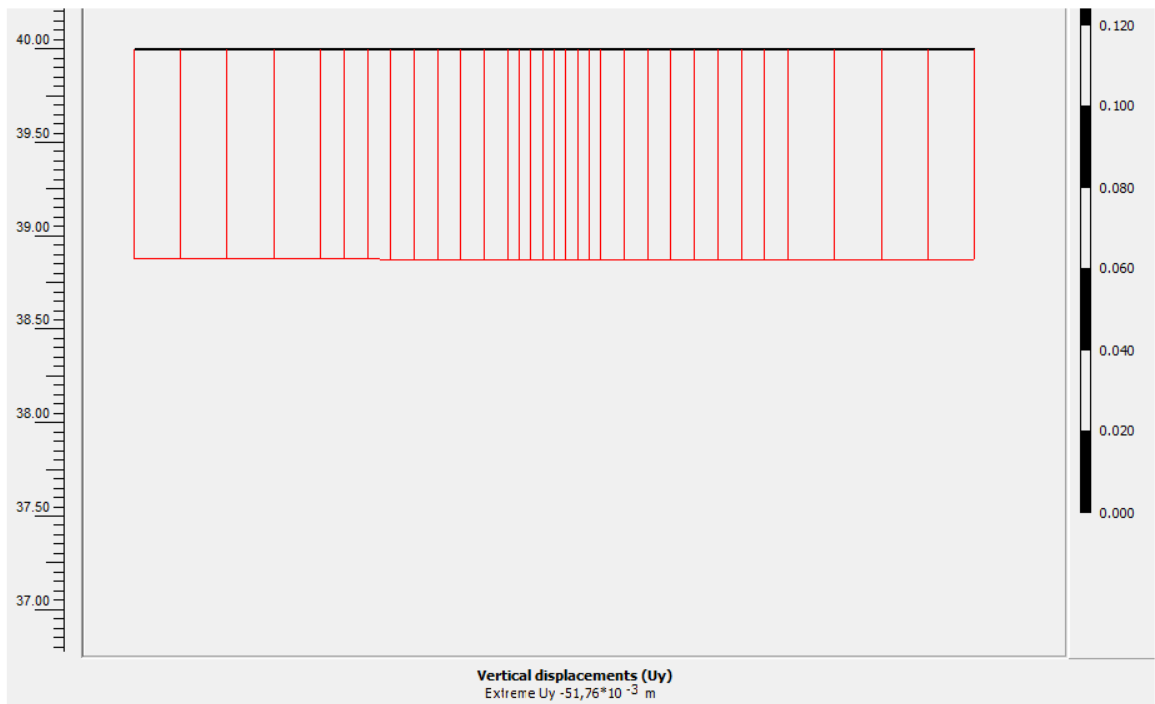


Рисунок 2.22 – Епюра вертикального переміщення ростверку за фазу 4 (sv1_pr2)

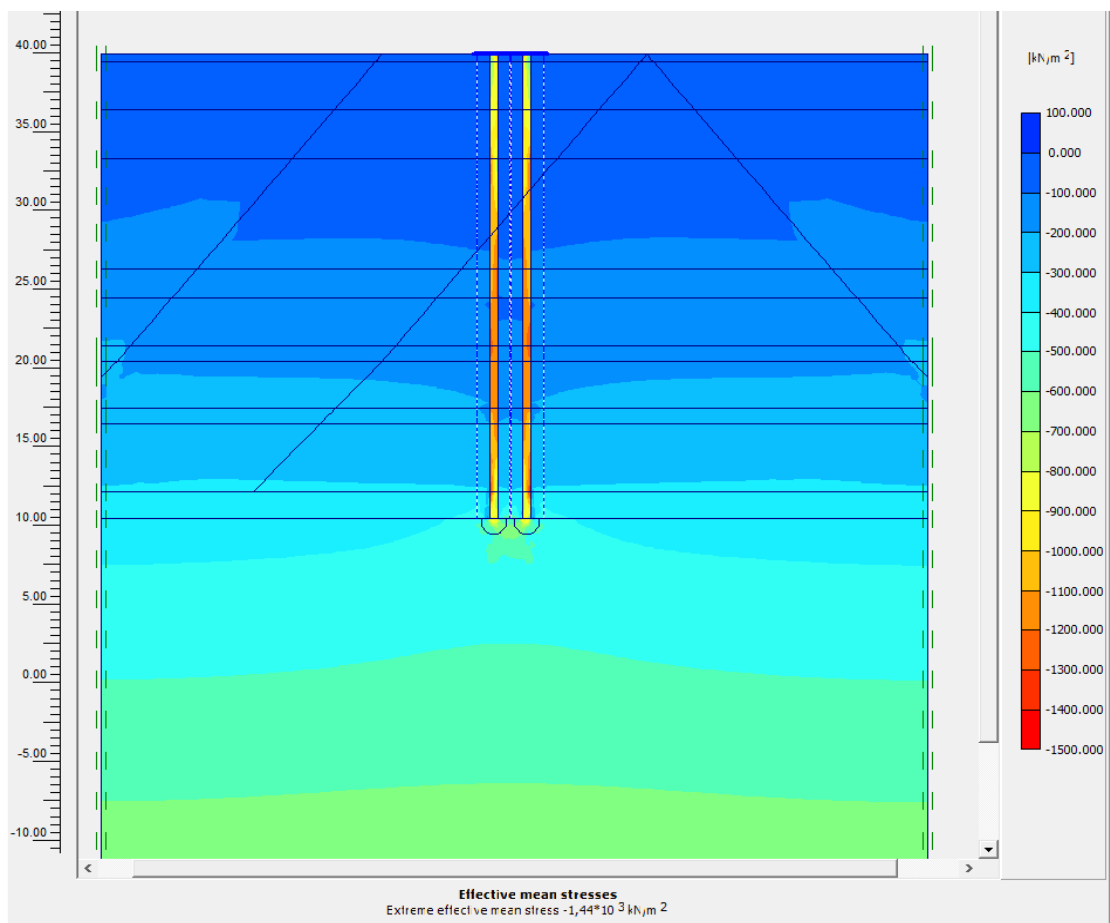


Рисунок 2.23 – Схема ефективних середніх напружень ($-1,44 \cdot 10^3$ кН*м²)

Задача 6. Розрахунок палі з розширенням при обводненні 1.

1) Складаємо фазу 7 (sv2_pr1), за початок обираємо фазу 6 (sv2_nagr):
Міняємо характеристики ґрунту у зоні трикутника що обводнюється на знижені, згідно геології, та задаємо їм відносну просадність (див. таблицю 2.1).

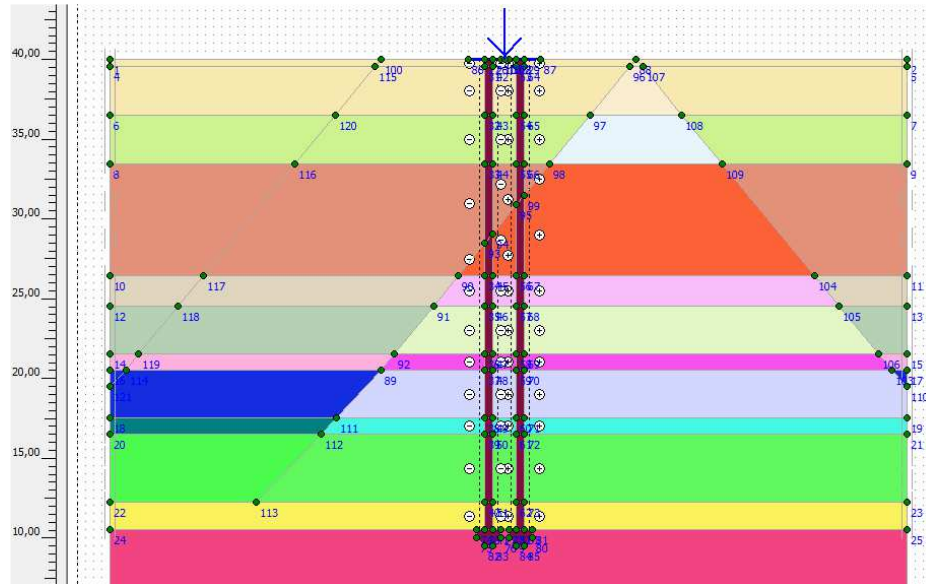


Рисунок 2.24 – Складання фази 7 (sv2_pr1)

2) Виконуємо розрахунок.

3) Результати.

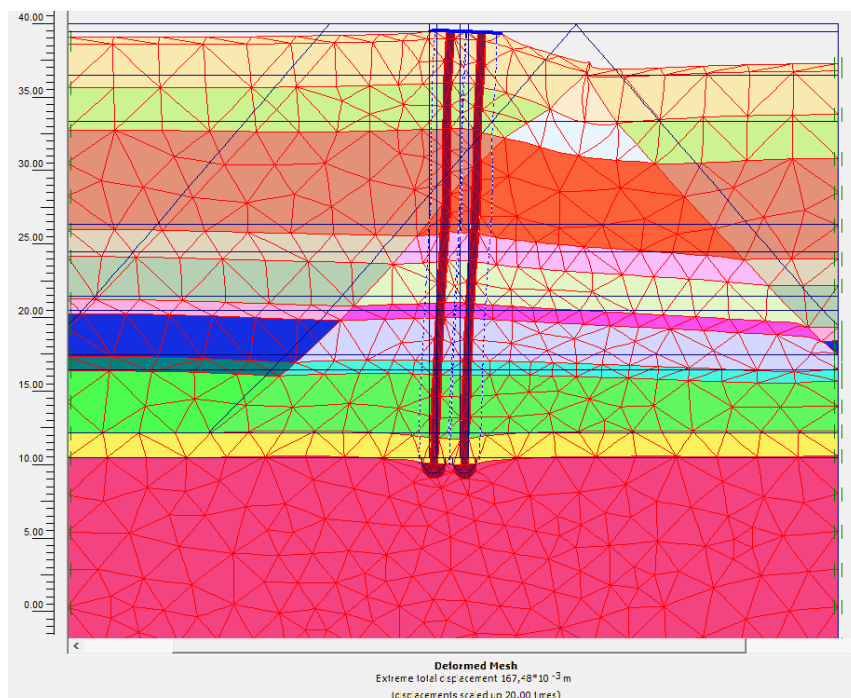


Рисунок 2.25 – Деформована схема фази 7 (sv2_pr1)

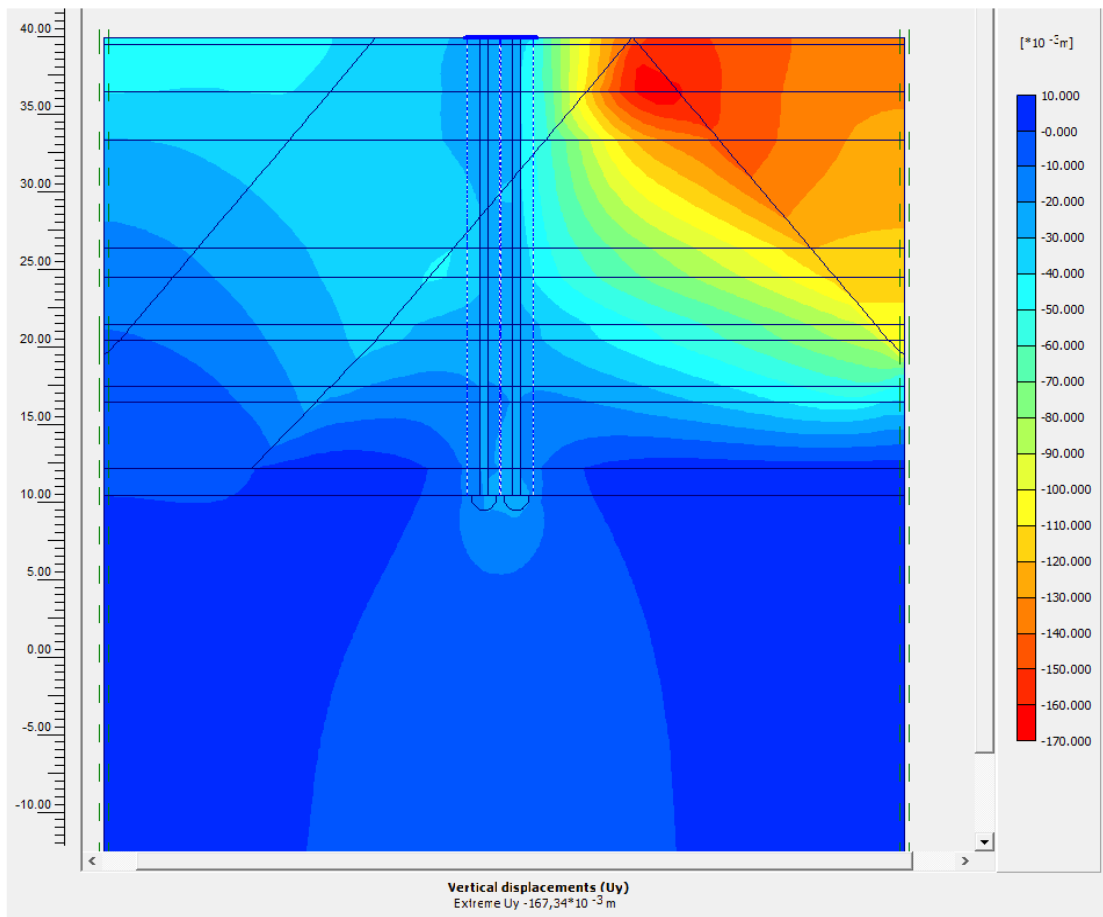


Рисунок 2.26 – Схема вертикального переміщення фази 7 (sv2_pr1)

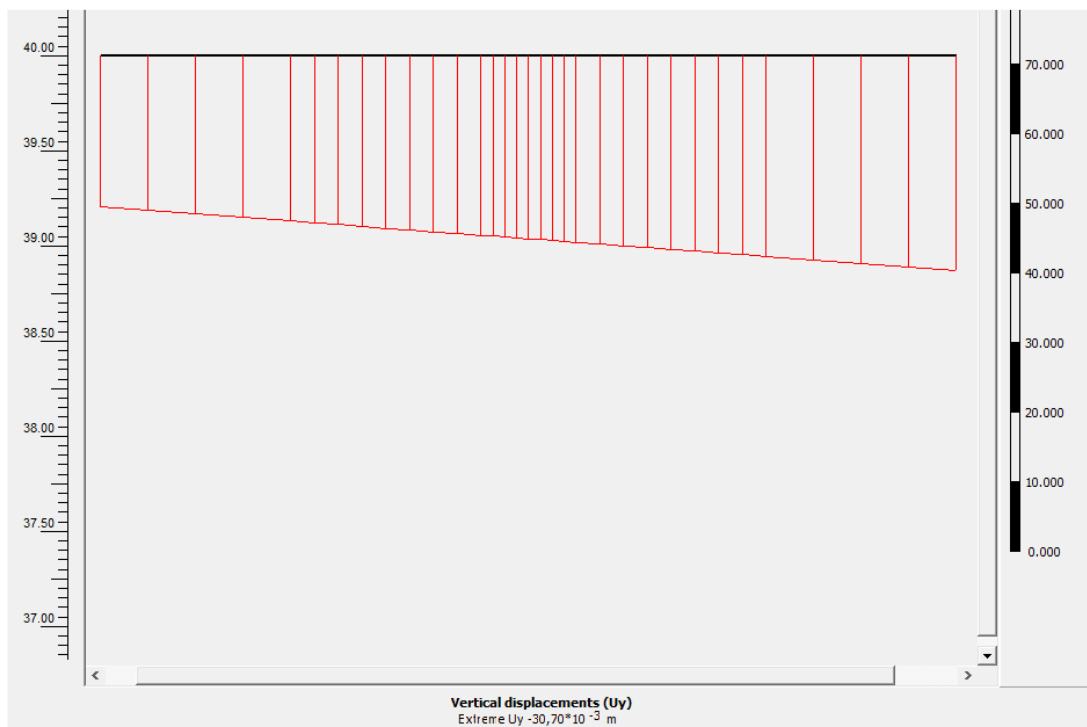


Рисунок 2.27 – Епюра вертикального переміщення ростверку за фази 7 (sv2_pr1)

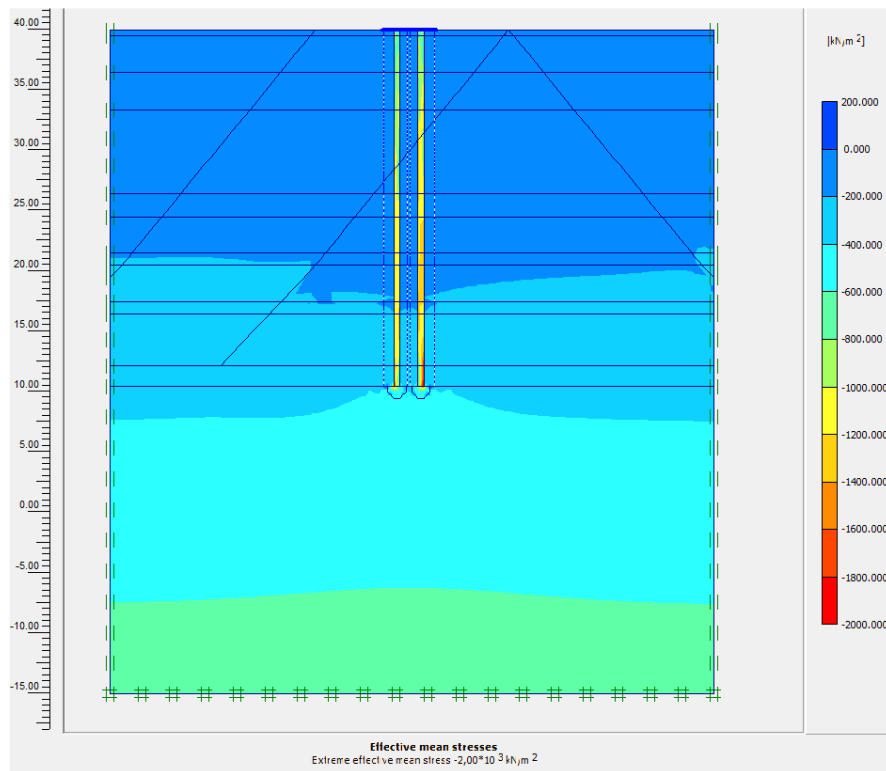


Рисунок 2.28 – Схема ефективних середніх напружень ($-2,00 \cdot 10^3 \text{кН} \cdot \text{м}^2$)

Задача 7. Розрахунок палі з розширенням при обводненні 2.

1) Складаємо фазу 8 (sv2_pr2), за початок обираємо фазу 6 (sv2_nagr):

Міняємо характеристики ґрунту у зоні трапеції що обводнюється на знижені, згідно геології, та задаємо їм відносну просадність (див. таблицю 2.1).

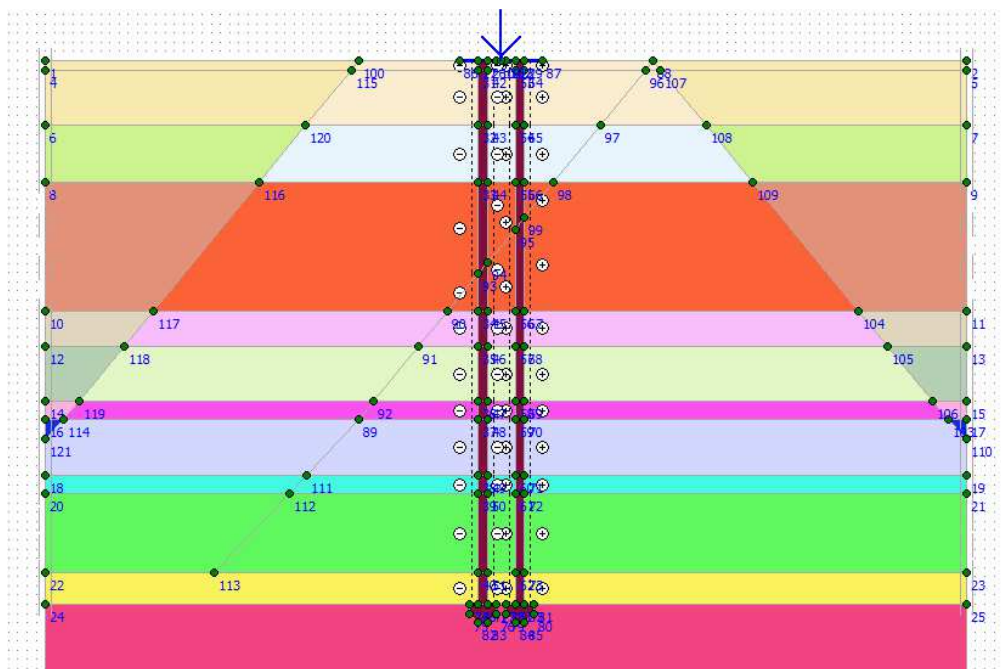


Рисунок 2.29 – Складання фази 8 (sv2_pr2)

2) Виконуємо розрахунок.

3) Результати.

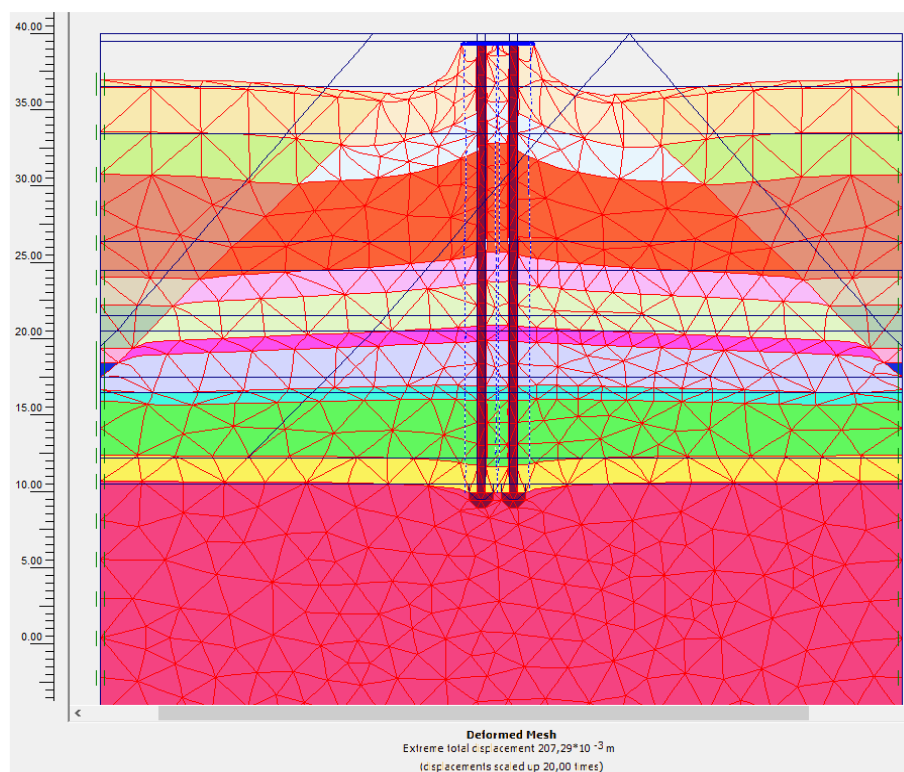


Рисунок 2.30 – Деформована схема фази 8 (sv2_pr2)

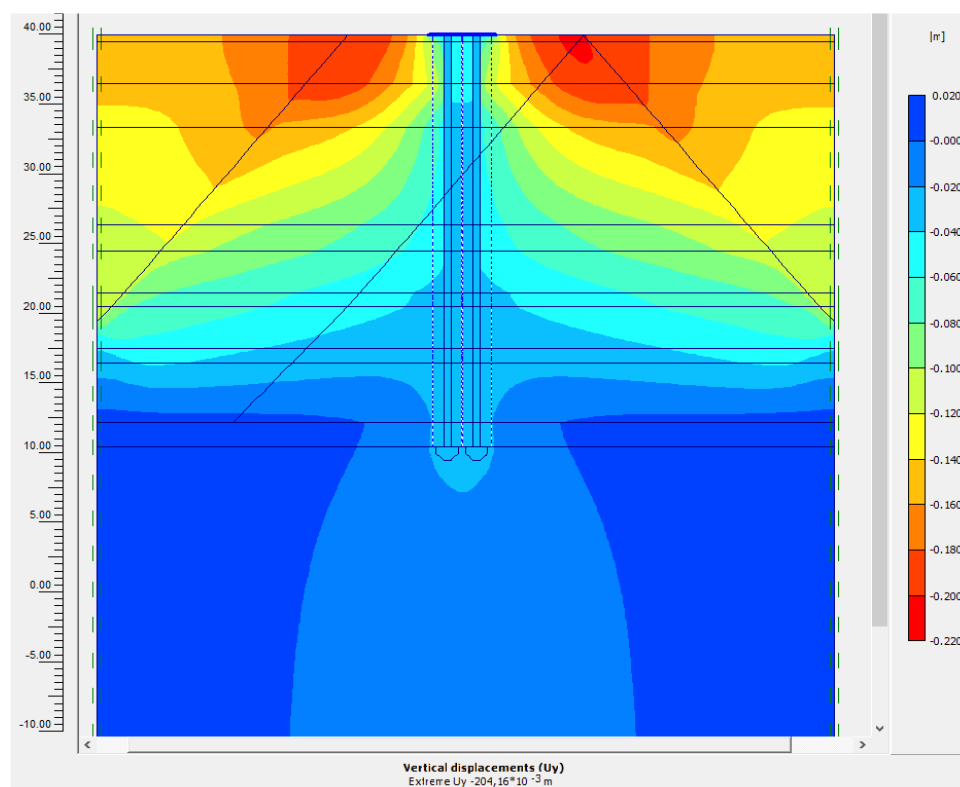


Рисунок 2.31 – Схема вертикального переміщення фази 8 (sv2_pr2)

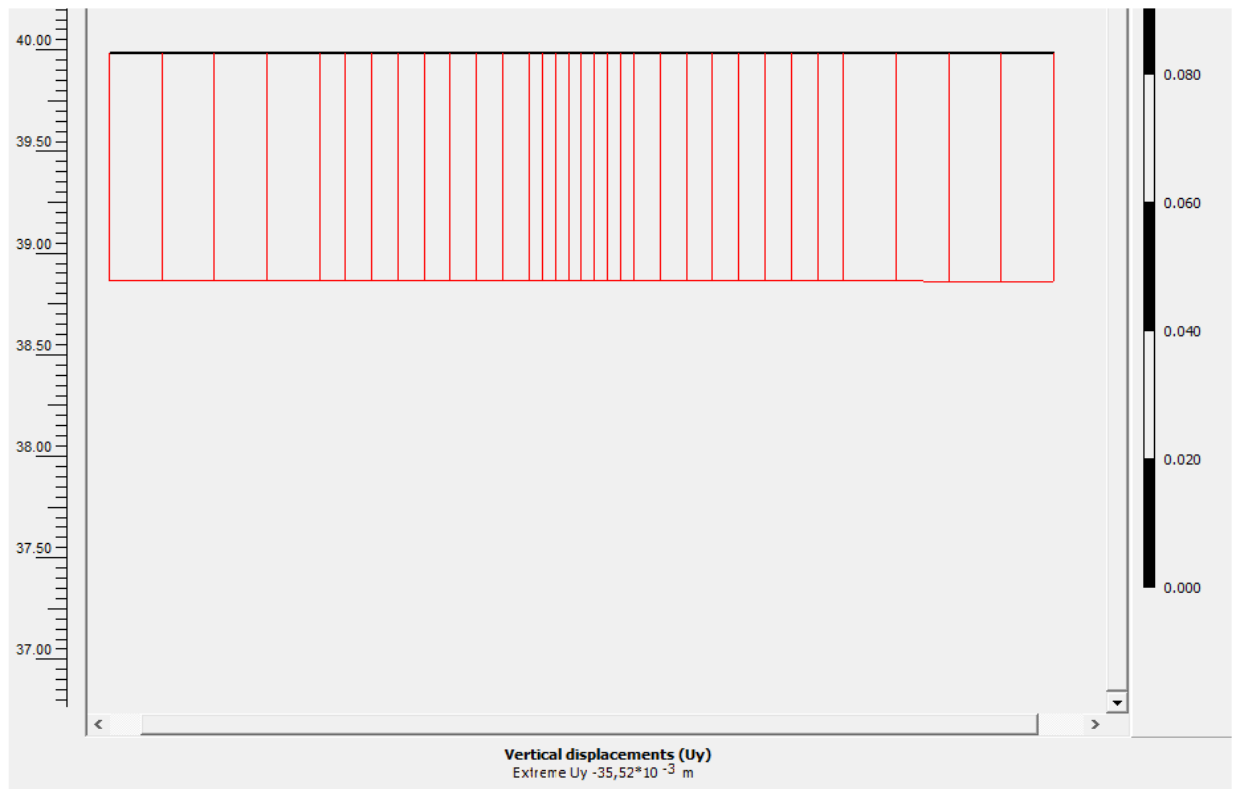


Рисунок 2.32 – Епюра вертикального переміщення ростверку за фазу 8
(sv2_pr2)

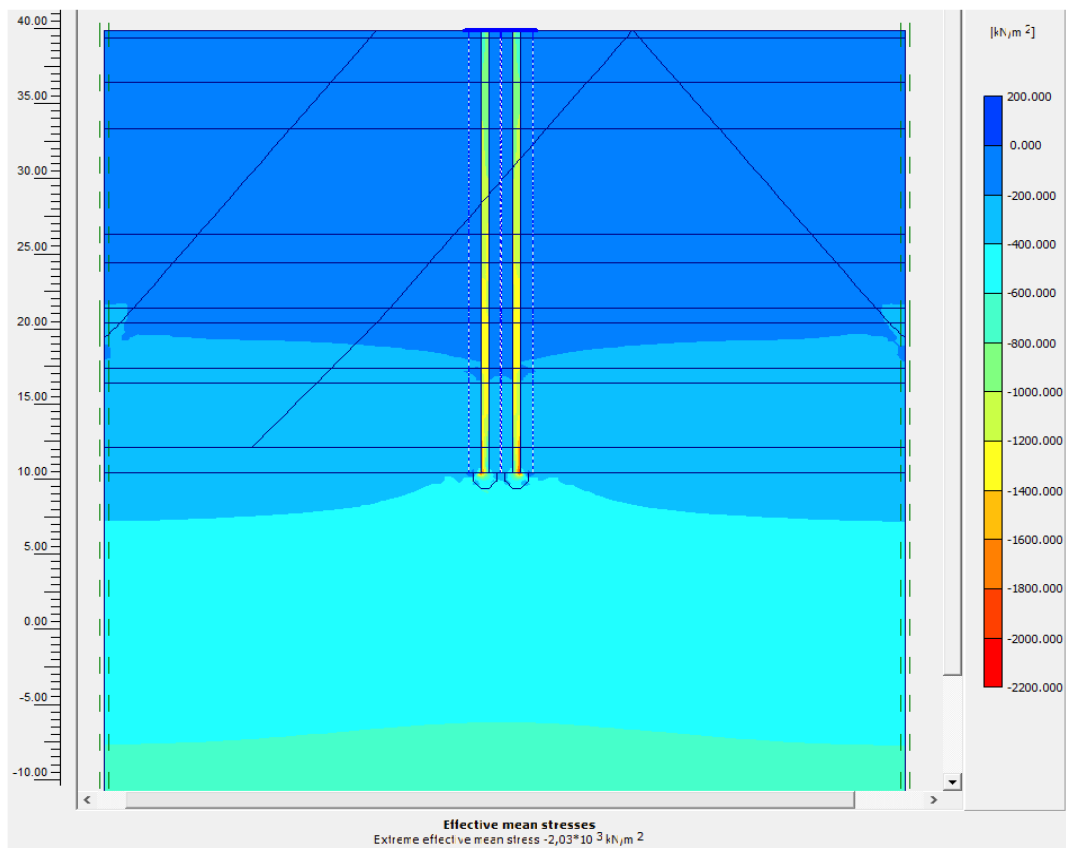


Рисунок 2.33 – Схема ефективних середніх напружень ($-2,03 \cdot 10^3$ кН*м²)

Задача 8. Виконаємо розрахунок плити у даних ґрунтових умовах.

1) Складаємо фазу 10 (sv-not_pr2), за початок обираємо фазу 9. Міняємо характеристики ґрунту у зоні трапеції що обводнюється на знижені, згідно геології, та задаємо їм відносну просадність (див. таблицю 2.1).

2) Виконуємо розрахунок.

3) Результати.

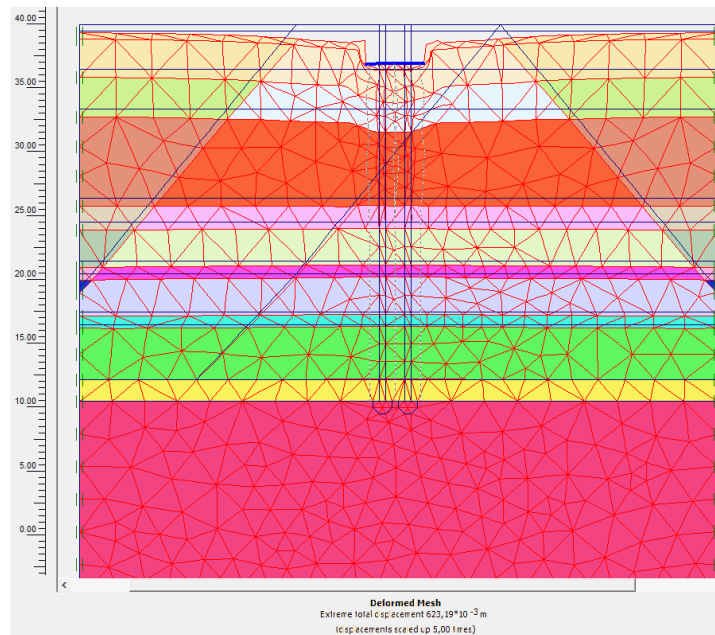


Рисунок 2.34 – Деформована схема фази 9 (sv-not_pr2) - деформації $623,16 \cdot 10^{-3}$ м

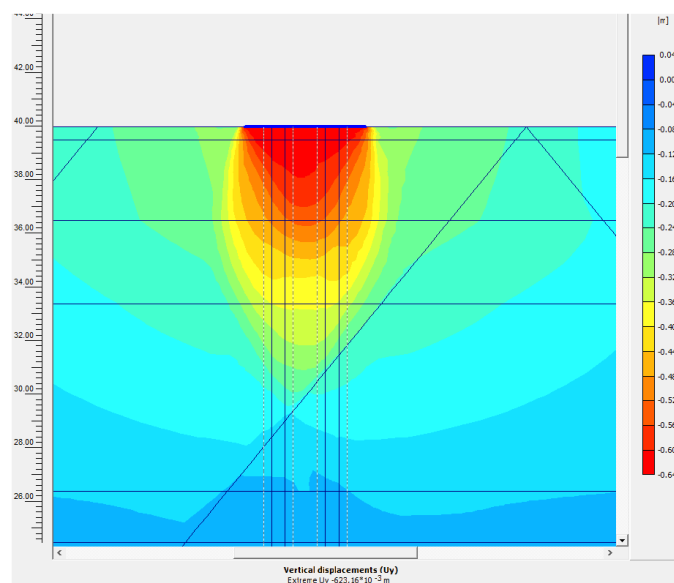


Рисунок 2.35 – Схема вертикального переміщення фази 6 (sv-not_pr2)

Повна інформація по розрахункам задач зберігається у електронному виді. В даній роботі наведена вибірково.

2.3 Аналіз результатів розрахунків

Данні результату розрахунку переміщень та напруження ґрунту та бетонного фундаменту зведемо у таблицю 2.2.

Таблиця 2. 2 – Основні результати розрахунків у Plaxis

Фундамент	стан	Переміщення вертикальні на фазі, мм	Ефективні середні напруження, кН/м ²
Паля звичайна	навантажене	59,96	1200
	обводнення 1	44,4	1490
	обводнення 2	51,76	1440
Паля з розширенням	навантажене	55,8	1350
	обводнення 1	30,7	2000
	обводнення 2	35,52	2030
Плита	навантажене	239,39	-
	обводнення 2	623,16	-

Розглядаючи таблицю 2.2 можна зробити наступні висновки:

1) В даних ґрунтових умовах наявність паль значно знижує вертикальні переміщення ґрунту як від навантаження, так і від просадок через замочування.

2) Напруження які виникли в представлених паль значно нижчі граничних значень для бетону В15 (15000 кН/м²). Міцність паль по матеріалу не є вирішальним фактором.

3) Вертикальні переміщення палі з розширенням були менші порівняно з звичайними палями:

При навантаженні: $59,96 - 55,8 = 4,16$ мм (7%)

При обводненні 1: $44,4 - 30,7 = 13,7$ мм (31%)

При обводненні 2: $51,76 - 35,52 = 16,24$ мм (31%)

При використанні палі з уширенням вертикальне переміщення палі під дією навантаження зменшується на 7%, вертикальне переміщення від варіанту обводнення 1 та 2 зменшується на 31%.

2.4 Техніко-економічне порівняння різних типів фундаментів

Для техніко-економічного порівняння розглянемо наступну задачу - підібрати палі під дев'ятиповерховий будинок за серією 1-480.

Для вирішення задачі зробимо збір навантаження, ручний розрахунок тримальної здатності палі з уширенням та звичайної. Ґрунтові умови ті ж самі, що і в підрозділі 2.1 вхідні дані для розрахунків за допомогою програми Plaxis, просадкова товща 13.6м.

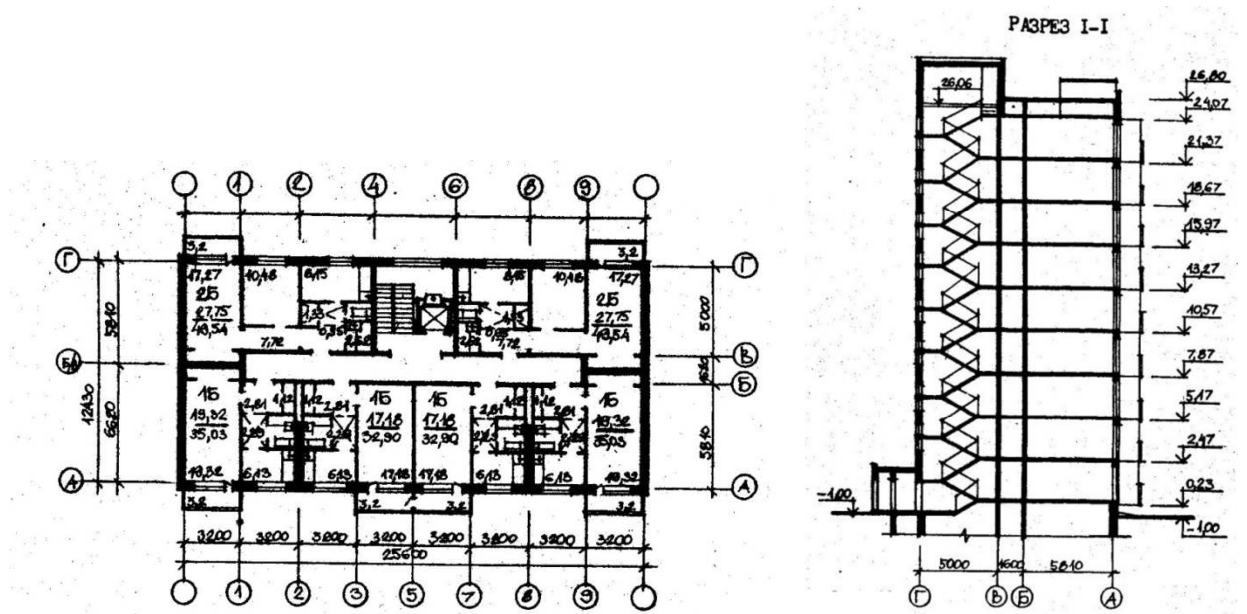


Рисунок 2.36 - План типового поверху та переріз будівлі серії 1-480

Збір навантаження

Довжина будівлі - $L = 25.6$ м; ширина будівлі - $B = 12.43$ м; висота будинку - $H = 26.8$ м

Площа всього перекриття (11 шт):

$$S = L * B_{11} = 3500.288 \text{ м}^2 \quad (2.8)$$

Вага одного перекриття - $q = 0.8$ т/м²

Вага перекриття:

$$Q_1 = S * q = 2800.2304 \text{ т} \quad (2.9)$$

Стіни зовнішні з керамзитобетону, товщиною $b_1 = 0.36$ м

Щільність керамзитобетону $\gamma_1 = 1.8$ т/м³

Вага зовнішніх стін:

$$Q_2 = \gamma_1 * ((L * 2 + B * 2) * H * b_1) = 1320.8884 \text{ т} \quad (2.10)$$

Стіни внутрішні з важкого бетону, товщиною $b_2 = 0.18$ м

Щільність важкого бетону $\gamma_2 = 2.5$ т/м³

Довжина внутрішніх стін типового поверху:

$$L_{\text{вн}} = L * 2 + 5.84 * 2 + 5 * 2 = 72.88 \text{ м} \quad (2.11)$$

Вага внутрішніх стін:

$$Q_3 = \gamma_2 * (L_{\text{вн}} * H * b_2) = 878.9328 \text{ т} \quad (2.12)$$

Загальна вага будівлі:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 5000.0516 \text{ т} \quad (2.13)$$

Визначення тримальної здатності палі без уширення за ДБН В.2.1-10-2009 Зміна №1, Додаток Н. [19]

Потужність шарів ґрунту:

$$h = (3.5; 3.1; 7; 1.9; 3; 1; 3; 1; 4.3; 1.7) \text{ м}$$

Щільність шарів ґрунту:

$$\gamma = (1.81; 1.952; 1.88; 1.94; 1.94; 1.937; 1.987; 2.034; 2.01; 2.002) \text{ т/м}^3$$

Потужність просадкової товщі: $h_{\text{sl}} = 13.6$ м

Довжина палі:

$$l = \sum_{i=1}^{10} h_i = 29.5\text{м} \quad (2.14)$$

Діаметр палі: $d_0 = 0.6$ м; щільність бетону палі: $\gamma_b = 2.5$ т/м³

$\gamma_c = 0.8$ - коефіцієнт умов роботи (п.Н.2.1 [19])

$\gamma_{cR} = 1$ - коефіцієнт умов роботи ґрунту під кінцем палі (п.Н.3.1 [19]).

$\gamma_{cf} = 0.8$ - коефіцієнт умов роботи ґрунту вздовж бокової поверхні палі (таблиця Н.3.1 [19]).

$R = 3250$ кПа - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі (таблиця Н.3.3 [19]).

$\gamma_k = 1.4$ - коефіцієнт надійності п.Н.8.5.2.25

$\gamma_{c1} = 0.7$ - коефіцієнт умов роботи п.Н.8.5.5.11

$\varphi_1 = 17^\circ$, $\varphi_2 = 22^\circ$; $\varphi_3 = 21^\circ$; $c_1 = 1.6$ т/м²; $c_2 = 1.4$ т/м²; $c_3 = 1.3$ т/м²;

$$c_I = \frac{c_1 * h_1 + c_2 * h_2 + c_3 * h_3}{h_{sl}} = 1.4 \text{ т/м}^2 \quad (2.15)$$

$$\varphi_I = \frac{\varphi_1 * h_1 + \varphi_2 * h_2 + \varphi_3 * h_3}{h_{sl}} = 20.1985^\circ \quad (2.16)$$

Площа перерізу палі:

$$A = \frac{(d_0)^2 * 3.14}{4} = 0.2826\text{м}^2 \quad (2.17)$$

Зовнішній периметр перерізу палі:

$$u = 3.14 * d_0 = 1.884\text{м} \quad (2.18)$$

Розрахунковий опір ґрунту вздовж бокової поверхні палі (таблиця Н.2.2):

$$f = (4; 15.6; 6; 71.3; 74.8; 77.6; 80.4; 83.2; 87.4; 91.1) \text{ кПа}$$

Тримальна здатність (без урахування просідання):

$$F_d = \gamma_c * \left(\gamma_{cR} * R * A + u * \sum_{i=4}^{10} (f_i * h_i) \right) = 268.2906\text{т} \quad (2.19)$$

Дотичні напруження вздовж бокової поверхні від негативного тертя:

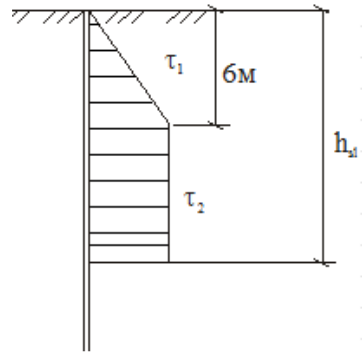


Рисунок 2.37 - Дотичні напруження

$$\tau_1 = \frac{0.7 * 6 * \gamma_2 * \tan(\varphi_I) + c_I}{2} = 2.2081 \text{ т/м}^2 \quad (2.20)$$

$$\tau_2 = 0.7 * (h_{sl} - 6) * \gamma_3 * \tan(\varphi_I) + c_I = 5.0796 \text{ т/м}^2 \quad (2.21)$$

Сила негативного тертя:

$$P_n = u * (\tau_1 * 6 + \tau_2 * (h_{sl} - 6)) = 97.6917 \text{ т} \quad (2.22)$$

Тримальна здатність однієї палі з урахуванням негативного тертя:

$$F_{звич} = \frac{F_d}{\gamma_k} - \gamma_{c1} * P_n - \gamma_b * 1.1 * A * l = 100.326 \text{ т} \quad (2.23)$$

$$F_{звич} = 100.326 \text{ т}$$

Визначення тримальної здатності палі з уширенням за ДБН В.2.1-10-2009 Зміна №1, Додаток Н. [19]

Потужність шарів ґрунту:

$$h = (3.5; 3.1; 7; 1.9; 3; 1; 3; 1; 4.3; 1.7) \text{ м}$$

Щільність шарів ґрунту:

$$\gamma = (1.81; 1.952; 1.88; 1.94; 1.94; 1.937; 1.987; 2.034; 2.01; 2.002) \text{ т/м}^3$$

Потужність просадкової товщі: $h_{sl} = 13.6 \text{ м}$

Довжина палі:

$$l = \sum_{i=1}^{10} h_i = 29.5 \text{ м} \quad (2.14)$$

Діаметр палі: $d_0 = 0.6 \text{ м}$; діаметр п'яти палі: $d_{п} = 1.2 \text{ м}$

Щільність бетону палі: $\gamma_b = 2.5 \text{ т/м}^3$;

$\gamma_c = 0.8$ — коефіцієнт умов роботи (п.Н.2.1 [19])

$\gamma_{cR} = 0.9$ - коефіцієнт умов роботи ґрунту під кінцем палі (п.Н.3.1 [19]).

$\gamma_{cf} = 0.8$ - коефіцієнт умов роботи ґрунту вздовж бокової поверхні палі (таблиця Н.3.1 [19]).

$R = 3250$ кПа - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі (таблиця Н.3.3 [19]).

$\gamma_k = 1.4$ - коефіцієнт надійності п.Н.8.5.2.25

$\gamma_{c1} = 0.7$ - коефіцієнт умов роботи п.Н.8.5.5.11

$\varphi_1 = 17^\circ$, $\varphi_2 = 22^\circ$; $\varphi_3 = 21^\circ$; $c_1 = 1.6$ т/м²; $c_2 = 1.4$ т/м²; $c_3 = 1.3$ т/м²;

$$c_I = \frac{c_1 * h_1 + c_2 * h_2 + c_3 * h_3}{h_{sl}} = 1.4 \text{ т/м}^2 \quad (2.15)$$

$$\varphi_I = \frac{\varphi_1 * h_1 + \varphi_2 * h_2 + \varphi_3 * h_3}{h_{sl}} = 20.1985^\circ \quad (2.16)$$

Площа перерізу п'яти палі:

$$A_{\Pi} = \frac{(d_{\Pi})^2 * 3.14}{4} = 1.1304 \text{ м}^2 \quad (2.24)$$

Площа перерізу палі:

$$A = \frac{(d_0)^2 * 3.14}{4} = 0.2826 \text{ м}^2 \quad (2.17)$$

Зовнішній периметр перерізу палі:

$$u = 3.14 * d_0 = 1.884 \text{ м} \quad (2.18)$$

Розрахунковий опір ґрунту вздовж бокової поверхні палі (таблиця Н.2.2):

$$f = (4; 15.6; 6; 71.3; 74.8; 77.6; 80.4; 83.2; 87.4; 91.1) \text{ кПа}$$

Тримальна здатність (без урахування просідання):

$$F_d = \gamma_c * \left(\gamma_{cR} * R * A_{\Pi} + u * \sum_{i=4}^{10} (f_i * h_1) \right) = 459.3282 \text{ т} \quad (2.25)$$

Дотичні напруження вздовж бокової поверхні від негативного тертя:

$$\tau_1 = \frac{0.7 * 6 * \gamma_2 * \tan(\varphi_I) + c_I}{2} = 2.2081 \text{ т/м}^2 \quad (2.20)$$

$$\tau_2 = 0.7 * (h_{sl} - 6) * \gamma_3 * \tan(\varphi_I) + c_I = 5.0796 \text{ т/м}^2 \quad (2.21)$$

Сила негативного тертя:

$$P_n = u * (\tau_1 * 6 + \tau_2(h_{sl} - 6)) = 97.6917\text{т} \quad (2.22)$$

Тримальна здатність однієї палі з урахуванням негативного тертя:

$$F_{\text{ушир}} = \frac{F_d}{\gamma_k} - \gamma_{c1} * P_n - \gamma_b * 1.1 * (A * (l - 1.2) + A_{\text{п}} * 1.2) = 233.98\text{т} \quad (2.26)$$

$$F_{\text{ушир}} = 233.9837\text{т}$$

Розрахуємо необхідну кількість палей для будинку, що розглядається.

Кількість звичайних палей (N_1):

$$N_1 = \frac{Q}{F_{\text{звич}}} = 49.838 = 50\text{шт} \quad (2.27)$$

Кількість палей з уширенням (N_2):

$$N_2 = \frac{Q}{F_{\text{ушир}}} = 21.3692 = 22\text{шт} \quad (2.28)$$

Визначимо об'єм бетону, необхідного для однієї палі, без уширення (V_1) та з уширенням (V_2):

$$V_1 = 29.5 * 0.3^2 * \pi = 8.3409\text{м}^3 \quad (2.29)$$

$$V_2 = 29.5 * 0.3^2 * \pi + (0.6^2 * \pi - 0.3^2 * \pi) = 9.3588\text{м}^3 \quad (2.30)$$

Загальний об'єм бетону необхідного для улаштування фундаменту з палей без уширення ($V_{\text{зар1}}$), та палей з розширенням ($V_{\text{зар2}}$):

$$V_{\text{зар1}} = V_1 * N_1 = 417.045\text{м}^3 \quad (2.31)$$

$$V_{\text{зар2}} = V_2 * N_2 = 205.8936\text{м}^3 \quad (2.31)$$

Задаймося приблизним значенням ваги арматурного каркасу однієї палі. Поздовжня арматура 8шт діаметром 20 мм (загальна довжина 236м) та поперечна арматура діаметром 8 мм загальною довжиною 213,56м. Виходячи з того, що вага погонного метру арматури діаметром 20 мм рівняється 2,47кг, а арматури діаметром 8 мм рівняється 0,395кг, отримаємо загальну вагу одного каркасу: $Q_k = 0,667$ т. Через те що розширення не армується, а довжина палей однакова, умовно приймаємо однаковий каркас для обох варіантів.

Необхідна кількість арматури на улаштування палей, для палей без уширення:

$$Q_{k1} = Q_k * N_1 = 0.667 * 50 = 33.364\text{т} \quad (2.32)$$

Необхідна кількість арматури на улаштування паль, для паль з уширення:

$$Q_{k2} = Q_k * N_2 = 0.667 * 22 = 14.68\text{т} \quad (2.32)$$

Ціна одного метра кубічного бетону марки В15: $C_6 = 1700$ грн

Ціна метра погонного арматури діаметром 8 мм: $C_{\text{арм}8} = 10$ грн

Ціна метра погонного арматури діаметром 20 мм: $C_{\text{арм}20} = 63,25$ грн

Розрахуємо ціну матеріалів для виготовлення паль без розширення:

$$C_{61} = C_6 * V_{\text{заг}1} = 1700 * 417.045 = 708976,5\text{грн} = 708,98\text{тисгрн} \quad (2.33)$$

$$\begin{aligned} C_{A1} &= (C_{\text{арм}8} * 213.56 + C_{\text{арм}20} * 236) * N_1 \\ &= (10 * 213.56 + 63.25 * 236) * 50 = 853130\text{грн} \\ &= 853,13\text{тис. грн.} \end{aligned} \quad (2.34)$$

Розрахуємо ціну матеріалів для виготовлення паль з розширенням:

$$C_{62} = C_6 * V_{\text{заг}2} = 1700 * 205,8936 = 350019,12\text{грн} = 350,02\text{тисгрн} \quad (2.33)$$

$$\begin{aligned} C_{A2} &= (C_{\text{арм}8} * 213.56 + C_{\text{арм}20} * 236) * N_2 \\ &= (10 * 213.56 + 63.25 * 236) * 22 = 375377,2\text{грн} \\ &= 375,38\text{тисгрн} \end{aligned} \quad (2.34)$$

У таблиці 2.3 зібрані основні дані по проведеним розрахункам у розділі техніко-економічного порівняння паль для 9-ти поверхової будівлі серії 1-480.

Таблиця 2.3 – Основні результати ручних розрахунків

Паля	Тримальна здатність палі, т	Кількість, шт	Ціна бетону, тис. грн	Ціна арматури, тис. грн
Бурунабивна	100,326	50	708,98	853,13
Бурунабивна з розширенням	233,9837	22	350,02	375,38

Для спрощення розрахунків, порівнюємо лише потребу у кількості паль та основних матеріалів для їх виготовлення, без урахування ціни на улаштування, земляних робіт, та ін.

Порівнюємо:

Тримальна здатність: $233,9837 - 100,326 = 133,6577$ т (57%)

Кількість: $22 - 50 = -28$ шт (127%)

Ціна основних матеріалів: $(350,02 + 375,38) - (708,98 + 853,13) = -836,7$
тис.грн. (115,3%)

Виходячи з отриманих даних ми бачимо наступне:

а) тримальна здатність паль з розширенням більша на 57% (на 133,6577т) по відношенню до звичайних буронабивних паль;

б) необхідна кількість паль з розширенням у даному випадку менша необхідної кількості звичайних паль на 127% (на 28 шт.);

в) ціна основних матеріалів для улаштування паль з уширенням менша ціни матеріалів для паль звичайних на 115,3% (на 836,7 тис. грн.).

Для даної задачі за даними ручного розрахунку більш привабливим варіантом пального фундаменту є палі з уширенням.

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛЬ С УШИРЕННЯМ

3.1 Застосування палі з уширенням на практиці

Під час дослідження я вийшов на зв'язок та зустрівся з головою компанії ТОВ ЗВ «ГІДРОСПЕЦБУД». Ця компанія розміщується у місті Запоріжжя за адресом пр. Соборний 234/65.

У список послуг компанії входить такі спеціальні види работ [20]:

- Улаштування палі (забивні залізобетонні; буронабивні 600-2000 мм із застосуванням обсадних труб або бентонітових розчинів; буроін'єкційні мікропалі та буроін'єкційні палі великого діаметру, буронабивні палі з розширеною п'ятою);
- Виготовлення циліндричних арматурних каркасів для палі;
- Обладнання ґрунтових анкерів (тросові та типу «Тітан»);
- Зміцнення слабкого ґрунтової основи методом «глибинного змішування ґрунту» (DSM, SCM (Ґрунтозмішувальні елементи і палі)) (виконують роботи установками BAUER, діаметр 600, 800 мм);
- Зміцнення та ущільнення ґрунтів;
- Бурові роботи;
- Занурення і витяг шпунта;
- Випробування палі;
- Підсилення фундаментів будівель та споруд;
- Торкретування; гідроізоляція; водозниження.

В ході бесіди з спеціалістами, мені надали доступ до інформації по останньому об'єкті де застосовувалась технологія палі з уширенням. Об'єкт знаходиться у Кривому Розі, палі під нові цементні силоси для заводу ПрАТ «Кривий Ріг Цемент».

У компанії є два різновиди апаратів для улаштування розширення, це бур розширювач який являє собою циліндр з висувними лопатами (рис. 3.1), та поширювач пантографного типу.



Рисунок 3.1. – Циліндр з висувними лопатами

На даному об'єкті використовували поширювач пантографного типу (рис. 3.2)

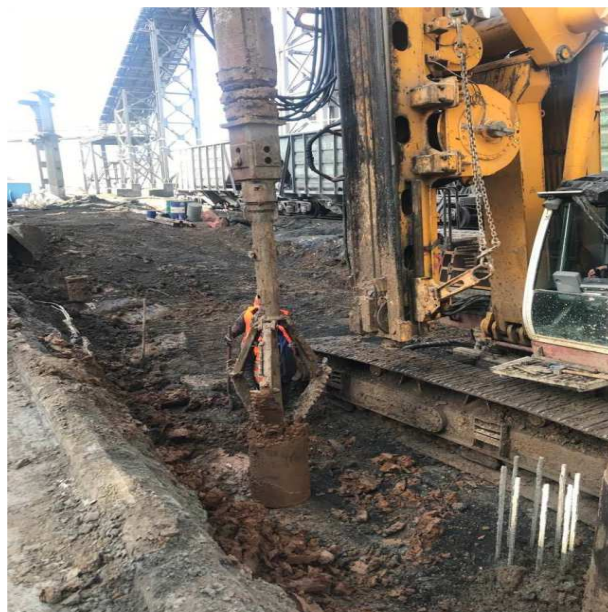


Рисунок 3.2. – Поширювач пантографного типу, який використовували на об'єкті

За проектом в якості фундаментів силосів використовували буронабивні палі діаметром 620мм довжиною 16 м, та буронабивні палі з розширенням 1200мм, тієї ж довжини. Тримальна здатність однієї палі визначена розрахунком на підставі інженерно-геологічного вишукування і становить:

На вертикальне навантаження на палю – 114 т

На вертикальне навантаження на палю з розширенням – 270 т

Всього на об'єкті застосували 20 буронабивних палів з розширенням, та 21 звичайна буронабивна палія.

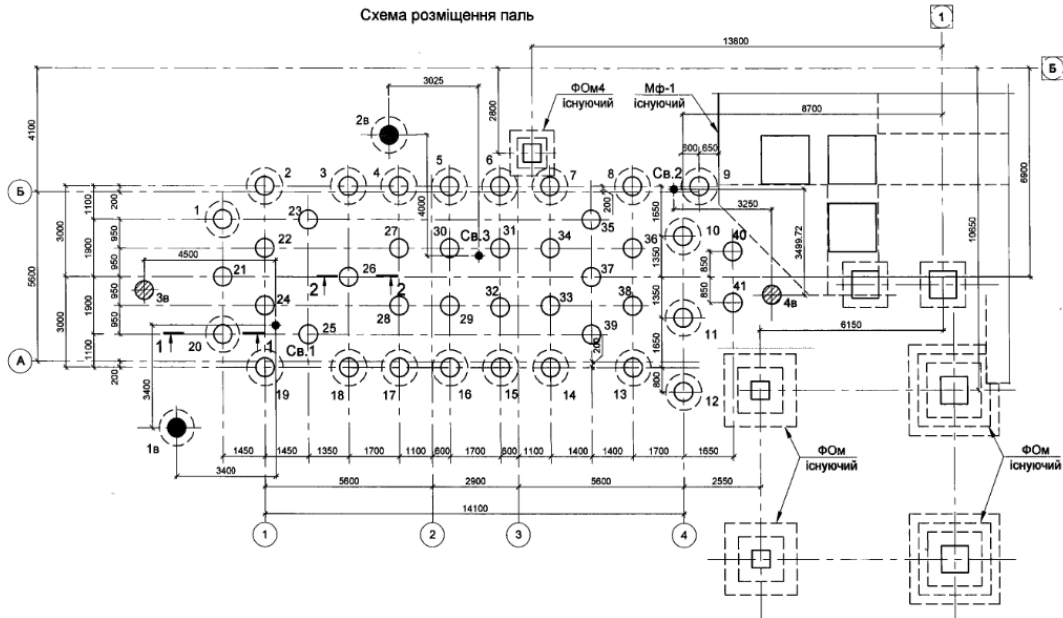


Рисунок 3.3 – Схема розміщення палей
(розширення позначено пунктирними лініями)

Розріз палі у ґрунті зображено на рис. 3.4.

Умовні позначення до рис. 3.4:

- 1 - Насипний ґрунт – шлак металургійний, зцементований;
- 4 - Ґрунтово-рослинний шар – суглинок темно-коричневий, гумусований, твердий;
- 5 - Суглинок лесоподівний, легкий, пілуватий, жовто-бурий, твердий та напівтвердий, просадний;
- 5а - Суглинок лесоподівний, легкий, пілуватий, жовто-бурий, тугопластичний, з прошарками суглинку м'якопластичного;
- 6 - Суглинок лесоподівний, легкий, пілуватий, бурий, жовто-бурий, напівтвердий;
- 7 - Суглинок лесоподівний, легкий, пілуватий, червоно-бурий, тугопластичний;

8 - Суглинок важкий, пілуватий, червоно-бурий, напівтвердий, з включеннями стяжінь гіпсу;

9 - Глина легка, пісчаниста, коричнево-бура, червоно-бура, тверда, з включеннями карбонатів та гіпсу;

РГВ – Рівень ґрунтових вод.

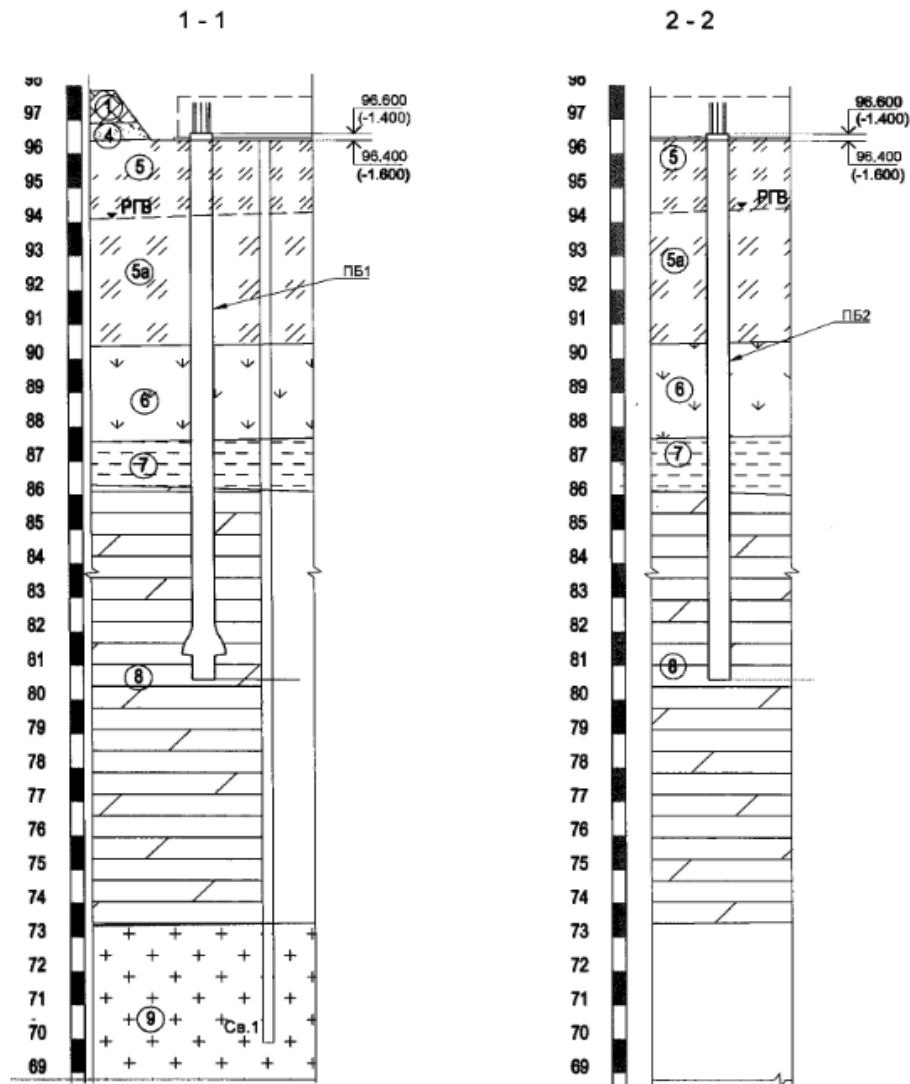


Рисунок 3.4 – Паля у ґрунті

3.2 Натурні випробування паль

На буд майданчику було проведено випробування паль. Метою випробувань було підтвердження прийнятої в проекті тримальну здатність ґрунтів і розрахункового навантаження, яке допускається на палю при дії

статичного вдавлюючого навантаження. Випробування паль з уширенням не проводились.

Виготовили дві буронабивні палі діаметром 620мм (ДП-1, ДП-2).

Ґрунти майданчика будівництва володіють просідними властивостями при їх замочуванні та дії додаткового навантаження, їх потужність може скласти до 2,3м. Замочування ґрунтів біля дослідних паль виконували до початку випробувань, коли встановились постійні морози замочування ґрунтів припинили.

Навантаження дослідних паль вертикальним вдавлюючим навантаженням здійснювалось за допомогою гідравлічних домкратів. Тиск створювався і підтримувався за допомогою ручних маслостанцій.

Висмикуючі зусилля від дії домкратів сприймалися чотирма анкерними палями через спеціальний стенд, в якому упором для гідравлічних домкратів служать металеві балки. Зовнішній вигляд спеціального стенду, гідравлічних домкратів під час випробувань наведено на рис. 3.5, 3.6.

В процесі випробувань навантаження на дослідну палю доводилось до 140тс. Навантаження на палю передавалось центрально ступенями: перші три ступені склали 30тс, наступні 15тс, останні дві по 10тс. Перехід від кожного ступеня навантаження до іншого здійснювався після умовної стабілізації осідання палі, яка характеризується переміщеннями не більше 0,1мм за останню годину спостережень.



Рисунок 3.5 - Стенд, гідравлічних домкратів під час випробувань паля ДП-1



Рисунок 3.6 - Стенд, гідравлічних домкратів під час випробувань палі ДП-2

Осідання палі при випробуваннях фіксувалося двома прогиномірами ПАО 6 з точністю вимірювань 0,01мм, встановленими на реперних установках. Відлік по ним здійснювався на кожній ступені навантаження, відразу ж після прикладання навантаження, потім, послідовно з інтервалом 30 хвилин і до затухання осідання палі. Відліки заносились в журнал випробувань (рис.3.9). Графіки залежності осідання палі від навантаження представлені на рис. 3.7, 3.8.

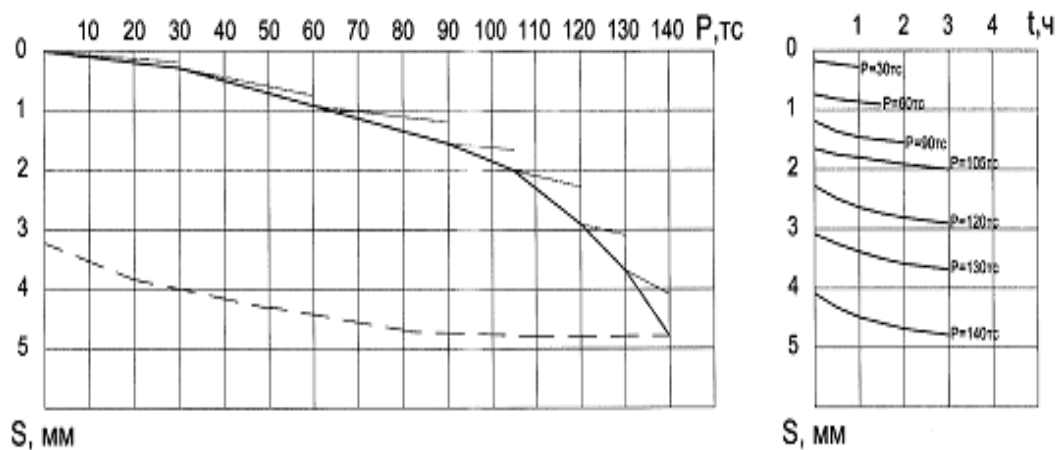


Рисунок 3.7 – Графік залежності осідання (S) палі ДП-2 від навантаження (P) і зміни осідань палі (S) в часі (t)

Палі за тримальною здатністю ґрунтів основ, згідно [21], слід розраховувати з умови:

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_k} \quad (3.1)$$

N – розрахункове вдавлюючі навантаження, передане на палю, тс;

F_d – розрахункова тримальна здатність ґрунту основи одиночної палі, що визначається згідно результатів статичних випробувань;

γ_k – коефіцієнт надійності, $\gamma_k = 1,2$ (при випробуванні ґрунтів палями статичним навантаженням).

$$N = \frac{140}{1,2} = 116,6 \text{ тс}$$

Ґрунти основи здатні сприйняти прийняте в проекті розрахункове вдавлюючі навантаження, що передається на палю ($N=114\text{тс}$).

За словами фахівця компанії ТОВ ЗВ «ГІДРОСПЕЦБУД» випробування буронабивної палі з уширенням не було проведено, замість нього спираючись на дані отримані після випробування буронабивних паль без розширення було проведено розрахунок, замовник не мав заперечень. Розрахунок для палі з розширенням не був представлений на огляд.

3.3 Аналіз стану будівель міста Запоріжжя, що будувались на палях з уширенням

У 80-ті роки минулого століття у нашому місті було збудовано багато будівель на палях з уширенням. Проаналізуємо їх теперішній стан через 40 років.

Обстеження проводилось методом візуального огляду всіх будівельних конструкцій з фіксацією наявних пошкоджень та дефектів.

Рівень придатності технічного стану окремих конструкцій та об'єкта в цілому для надійного та безпечного використання за призначенням

визначають через ступінь їх відповідності нормативним вимогам з експлуатаційної придатності (механічний опір та стійкість, інші вимоги, визначені технічним завданням на обстеження).

Обстеження об'єкта встановлюють фактичні фізико-механічні характеристики несучих та огорожувальних конструкцій — зусилля в елементах та перерізах, дефекти та пошкодження, які знижують тримальну здатність та довговічність або перешкоджають нормальній реалізації захисних функцій (забезпечення герметичності, тепло-, звуко-, гідроізоляції тощо).

Співвідношення фактичних експлуатаційних характеристик з проектними та нормативними вимогами з урахуванням граничних станів конструкцій та/або основ відповідно до вимог характеризують ступінь придатності конструкцій, який оцінюється показником “категорія технічного стану”. Згідно з нормативним документом [22], технічний стан окремої будівельної конструкції характеризують однією з чотирьох категорій (с. 6, [23]):

- «1» - нормальний;
- «2» - задовільний;
- «3» - не придатний до нормальної експлуатації;
- «4» - аварійний.

Окрема частина об'єкта може бути віднесена до гіршої категорії технічного стану ніж об'єкт в цілому. Ця категорія може не розповсюджуватись на інші частини об'єкта за умови, що немає загрози зниження надійності та безпеки їх використання.

Гуртожиток по вул Новгородська, 15

Дев'ятиповерхова будівля. Збудована у 1984 році.

Довжина палі - 32 м.

Ґрунти – суглинок.

Величина просадкової товщі 21-30 м.

Просадка від власної ваги - 65-72 см.

Вході огляду споруди були помічені чисельні відшарування облицювання, що не являються наслідком поганої роботи фундаментів. Стінове огороження будівлі блочне, пошкоджень не було помічено.



Рисунок 3.10 - Загальний вид будівлі

Присутні руйнація вимощення і тріщини в місці примикання до цоколю будівлі. Цей дефект присутній як у старій так і відносно новій частини вимощення.



Рисунок 3.11 – Руйнація старого вимощення та тріщина в місці примикання до цоколю

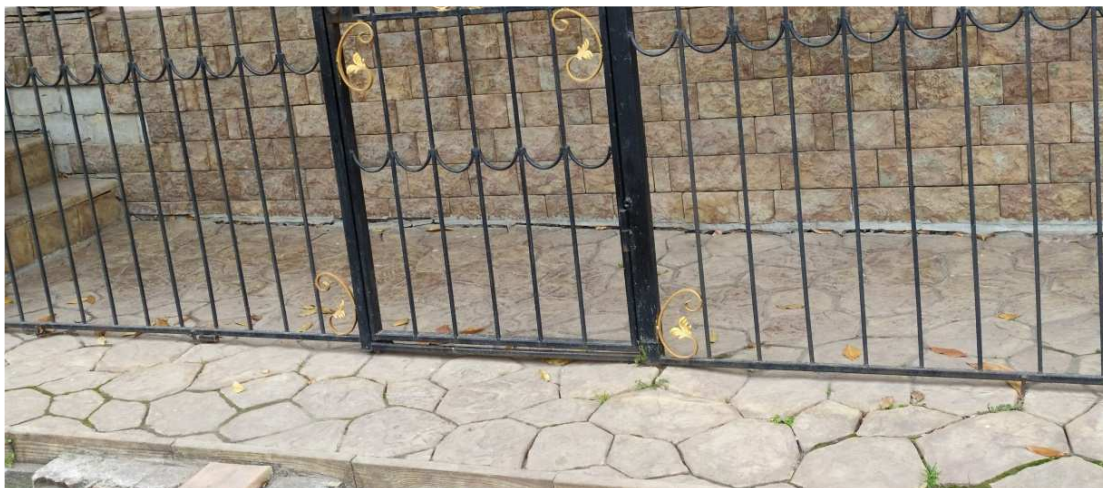


Рисунок 3.12 – Тріщина в місці примикання вимощення до цоколю

Також присутні тріщини біля дверей що веде у парадну, що коло
прямку. (рис. 3.13)



Рисунок 3.13 – Тріщина коло прямоку та входної двері

Причиною проблем з вимощенням є помилки при його улаштуванні, а
також осад ґрунтів навколо будівлі.

Сусідня цегляна прибудова яка не має деформаційних швів з основною будівлею та не має пальового фундаменту осаджується, через що в її стінах розвиваються тріщини. На рис. 3.14. можна побачити розкриття тріщин у цегляній кладці [24]. На рисунку видно як частина прибудови повисла на будівлі з міцним фундаментом. Розрізнити, яка будівля осаджується можна завдяки напрямку розкриття тріщин. Якби тріщини були нахилені у інший бік, це свідкувало би про просадку основної будівлі. Для коректної експлуатації прибудови, слід не допускати протічок комунікацій під нею, також потрібно виконати ремонт стін металевими скобами та цементно-піщаним розчином. Також слід замінити вимощення, з урахуванням сучасних норм, також це вимощення можна зробити екранованим.



Рисунок 3.14 – Розкриття тріщин через нерівномірний осад

Технічний стан конструкцій будівлі оцінено як задовільний – категорія «2», відповідно до [22, 23]. Фундамент з буронабивних паль з розширенням показав свою ефективність у цих ґрунтових умовах.

Гуртожиток по вул. Новгородська, 9

Дев'ятиповерхова цегляна будівля. Збудована у 1985 році.

Ґрунти – суглинки лесові.

Величина просадкової товщі 13-13,8 м.

Просадка від власної ваги – 19-25 см.

Вході огляду будівлі була помічена руйнація вимощення і тріщини в місці примикання до цоколю будівлі (рис. 3.16), а також відшарування шару оздоблення цоколю.



Рисунок 3.15 – Загальний вид будівлі



Рисунок 3.16 – Тріщина в місці примикання вимощення до цоколю, відшарування оздоблення цоколю

Причиною проблем з вимощенням є помилки при улаштуванні вимощення, та осад ґрунту навколо будівлі.

Значних ушкоджень стінового огородження помічено не було. Присутні у невеликій кількості ниткові тріщини, але це скоріш за все дефект самого матеріалу, або кладки у даному місці.

Технічний стан конструкцій будівлі оцінено як задовільний – категорія «2», відповідно до [22, 23]. У даному випадку палі з уширенням також показав свою надійність.

Легкоатлетичний манеж по вул. Сергія Тюленина, 13.

Двоповерхова панельна будівля. Яка була збудована у 1980 році. Ґрунти – суглинки лесові, величина просадкової товщі – 14-17 м.



Рисунок 3.17 – Загальний вид будівлі легкоатлетичного манежу

Декілька років тому пройшла реконструкція будівлі, через що на момент обстеження зовнішні конструкції були скриті зовнішнім оздобленням. Старе вимощення зруйноване.



Рисунок 3.18 – Зовнішнє оздоблення

Технічний стан конструкцій будівлі оцінено як задовільний – категорія «2», відповідно до [22, 23].

Гуртожиток ІННІ ЗНУ по вул. Добролюбова, 22

Дев'ятиповерхова цегляна будівля. Збудована у 1980 році.

Ґрунти – червоно-бурі суглінки, величина просадкової товщі – 25 м.

Просадка від власної ваги – 64 см

Величина зміщення – 20 мм



Рисунок 3.19 – Загальний вид будівлі гуртожитку

Під час огляду було помічено розкриття тріщин у стінах нижніх поверхів.



Рисунок 3.20 – Розкриття тріщин

По характеру тріщин можна сказати що присутній невеликий осад будівлі. Технічний стан конструкції оцінено як задовільний - категорія “2” (Таблиця В.3.1с. 29, [23]).

Вимощення – помічено тріщини в місці примикання до цоколю.



Рисунок 3.21 – Тріщина в місці примикання вимощення до цоколю

Технічний стан конструкцій будівлі оцінено як задовільний – категорія «2», відповідно до [22, 23].

Кутова вставка по вул. Північно-кільцева, 12

Чотирнадцятиповерхова цегляна будівля. Збудована у 1982 році.

Довжина палі 22м, ґрунти – суглинок лесовий, величина просадкової товщі 26,2м. Просадка від власної ваги 41-52см. Величина зміщення 80-100 мм.



Рисунок 3.22 – Загальний вид будівлі

Під час огляду будівлі, окрім тріщин в місці примикання вимощення до цоколю, пошкоджень помічено не було. Присутні сліди спливу на ближні будівлі, але розглядаєма споруда пошкоджень на момент обстеження не має. Причиною тріщини між цоколем та вимощенням є його неправильне улаштування, та осад прилеглої території.



Рисунок 3.23 – Тріщина в місці примикання вимощення до цоколю

Технічний стан конструкцій будівлі оцінено як задовільний – категорія «2», відповідно до [22, 23].

Житловий будинок по вул. Запорізька, 11

Дев'ятиповерхова цегляна будівля. Збудована у 1983 році.
Ґрунти – супесі. Величина просадкової товщі 18-20 м.
Величина зміщення – 10мм.



Рисунок 3.24 – Загальний вид житлової будівлі з дворового фасаду

Під час обстеження дефектів конструкцій помічено не було.
Вимощення у деяких місцях відсутнє.

Технічний стан конструкцій будівлі оцінено як задовільний –
категорія «2», відповідно до [22, 23].

Лабораторний корпус ІННІ ЗНУ за адресом пр. Соборний, 226
П'ятиповерхова цегляна будівля. Збудована у 1985 році.



Рисунок 3.25 – Загальний вид будівлі лабораторного корпусу

Під час огляду конструкцій будівлі, дефектів помічено не було. Розміщений поряд корпус розташований перпендикулярно до лабораторного теж будувався на палях, але без розширення. Попри це у нього теж відсутні які небудь пошкодження.



Рисунок 3.26 – Загальний вид молодшого з корпусів

На доцільність використання палів у цій місцевості вказують розкриття тріщин у стінах головного корпусу. Він будувався не на палітовому фундаменті, через що в даних ґрунтових умовах підпадає під вплив нерівномірного осадку. На рис. 3.28 можна побачити як частина головного корпусу повисає на переході до лабораторного корпусу, опори якого теж на палях.



Рисунок 3.27 – розкриття тріщин головного корпусу

Навколо будівель присутні пошкодження вимощення.

Технічний стан конструкцій будівлі оцінено як задовільний – категорія «2», відповідно до [22, 23].

Підсумуємо побачене при огляді будівель збудованих на палях з уширенням. У всіх випадках ці палі показали себе як надійний фундамент. Пошкодження оточуючих будівель пов'язано з відсутністю деформаційних швів. Але якщо враховувати, що будівлі із палями без розширення показали себе приблизно на тому ж рівні, що і на палях з розширенням, можна дійти до того що у складних ґрунтових умовах простого пальового фундаменту та конструктивних заходів іноді також буває достатньо для ефективної роботи.

ВИСНОВОК

Технологія палів з уширенням почала свій шлях у 20му столітті. Піку популярності у нашому регіоні ця технологія набула у 80тих роках.

Аналіз джерел інтернету, літератури та наданих будівельною компанією показали, що хоча палів з уширенням мають багато різновидів технології, найбільш популярними на наш час залишилась технологія буронабивних палів з механічним розширенням.

Порівняльний розрахунок буронабивної палі та буронабивної палі з уширенням у програмному комплексі Plaxis показав, що палі з уширенням краще за звичайні буронабивні палі справляється з просадкою, у ґрунтових умовах, що розглядались на 30%. Ці 30% можуть бути вирішальними у роботі фундаменту.

Техніко-економічне порівняння з ручним розрахунком тримальної здатності показав, що палі з уширенням мають значно більшу тримальну здатність, ніж звичайні палі. В умовах у яких розглядалися фундаменти, різниця була у 57%. Через це зменшувалась необхідна кількість палів більше ніж у 2 рази, а разом з нею зменшилась і вартість основних матеріалів, також, більше ніж у 2 рази.

Чому ми отримали таку велику різницю у розрахунках за допомогою програми та ручним? Бо програма Plaxis виконує нелінійний розрахунок. Вона враховує значно більше перемінних, та має здатність чіткіше моделювати поведінку ґрунту по його фактичним характеристикам, після чого ми отримуємо точніші результати.

Ручний розрахунок має значні умовності та великі запаси. Поведінка ґрунту задається табличними значеннями, що також мають свої запаси, а замочений ґрунт має однозначну негативну дію.

Взявши до уваги, перелічене вище, можна побачити перевагу технології уширеної п'яти, перед звичайною паллюю.

Аналіз стану будинків, що будувались на палях з уширеною п'ятою у місті Запоріжжі показав їх гарну роботу. За 40 років експлуатації вони не отримали яких-небудь значних пошкоджень, виною яких була би погана робота фундаменту. Більш того, через помилки проектувальників, гарний фундамент досліджених будівель приводив до пошкоджень ближніх споруд. У них не були передбачені деформаційні шви, через що, коли під дією осадження ґрунту під своїм фундаментом, вони повисали на будинках з палями з розширеною п'ятою, і з'являлися характерні розкриття тріщин.

Хоча технології палей за останній час і розвинулись дуже далеко, технологія уширеної п'яти досі є актуальною. Вона пройшла довгий шлях, та виходячи з того, що її використовують і зараз, є компанії які пропонують цю технологію, та здатні її відтворити, та є замовники, які обирають їх, палі з уширеною п'ятою залишаються актуальним на теперішній час.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-39:2016. Настанова щодо інженерної підготовки ґрунтової основи споруд. [Чинний від 2017-04-01] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 122 с.
2. Литвинов И. М. Глубинное укрепление и уплотнение просадочных грунтов. Изд. Киев: «Будівельник», 1969. 183 с.
3. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая курс инженерной геологии): учебник. Изд. 2-е переработанное и дополненное Ленинград: «Стройиздат», 1988. 415 с.
4. Хильмер К. Повреждения подземных конструкций / пер. с немецкого А. И. Марков. Запорожье: ООО «ИПО «Запоріжжя», ООО «Настрой», 2009. 408 с.
5. Полищук В. А., Шаповал И. П. Проектирование и применение свай. Изд. Киев: «Будівельник», 1967г. 138 с.
6. Метелюк Н. С., Шишко Г. Ф. Сваи и свайные фундаменты: справочное пособие. Киев, 1977г. 256 с.
7. Фундаменти будівель і споруд: довід. посібник/ Ю.Л. Винников, та ін. Київ: «Урожай», 2002. 432 с.
8. Улицкий В. М., Шашкин А. Г., Шашкин К. Г. Гид по геотехнике. Изд. 2-е, дополн. Санкт-Петербург, 2012. 288 с.
9. Семенов М. Ю., Мельников П. П., Преснов О. М. Усиление фундаментов методом Jet grouting при реконструкции зданий и сооружений URL: https://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/pdf/d03/s48/s48_011.pdf (дата звернення: 20.06.2021)
10. Компанія MENARD URL: <https://menard.com.ua/> (дата звернення: 23.07.2021)

11. Рекомендации по проектированию и устройству фундаментов из буронабивных свай и опор-колонн / Д. А. Романов и др.; за общей ред. Д. А. Романова. Изд. Киев: «Будівельник», 1985. 80 с.
12. РостТехСтрой URL: <https://вега-юг.рф/tekhnologii/buronabivnyie-svai-s-ushireniem> (дата звернення: 19.07.2021).
13. Марков А. И. Анализ прочности строительных конструкций: монография. Запорожье: Печатный мир, 2012. 308 с.
14. Мангушев Р. А., Ершов А. В., Осокин А. И. Современные свайные технологии: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: АСВ, 2010. 240 с.
15. Буровая компания Дельта URL: <https://www.bkdelta.by/ru/technologies/buronabivnyie-svai-s-ushireniem> (дата звернення: 13.08.2021).
16. Будівельна компанія Фундаментцементбуд URL: <http://fsbud.com.ua/> (дата звернення: 18.11.2021).
17. Нип-информатика URL: <http://www.nipinfor.ru/publications/10059/> (дата звернення: 02.06.2021).
18. Перельмутер А. В., Сливкер В. И. Расчётные модели сооружений и возможность их анализа. Изд. Киев: «Сталь», 2002. 600 с.
19. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд (зміна №1). [Недіючий] Вид. офіц. Київ : ДП “УкрНДНЦ”, 2011. 58 с.
20. Будівельна компанія ТОВ ГІДРОСПЕЦБУД URL: <https://www.gss.company/speczialni-vidi-robit/> (дата звернення: 18.10.2021).
21. ДСТУ Б В.2.1-27:2010 Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань. [Чинний від 2011-07-01] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 11 с.
22. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та

- конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019-01-01]
Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. 36 с.
23. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки технічного стану. [Чинний від 2017-04-01]
Вид. офіц. Київ : ДП “УкрНДНЦ”, 2017. 43 с.
24. Мальганов А. И., Плевков В. С., Восстановление и усиление ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений: Учебное пособие. Изд. Томск, 2002. 391 с.
25. PLAXIS версія 8. Справочное руководство. Изд.: «Самиздат», 182 с.
26. ТК СНТТ URL:
http://tc.terminology.lp.edu.ua/TK_Answers/TK_answer0003.htm#End
(дата звернення: 30.05.2021).