

ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИСТЕМИ «БУРОНАБИВНА ПАЛЯ В ГРУНТОЦЕМЕНТНІЙ ОБОЛОНЦІ – ОСНОВА»

Здійснено розрахункове оцінювання напружено-деформованого стану систем «буронабивна паля в ґрунтоцementeній оболонці – основа» та «буронабивна паля – основа» на вертикальне навантаження. Порівняні результати статичних випробувань буронабивної палі в ґрунтоцementeній оболонці на вертикальне навантаження в польових умовах з результатами розрахунків. Досліджено вплив оболонки з ґрунтоцementeнту на несучу здатність цих палей.

It is performed modelling work of systems "drilled pile in soil–cement to an environment – ground " and "drilled pile – ground " on vertical loading. Comparison of results of static tests of a chisel pile in soil–cement to an environment with results of modelling is made. Influence of an environment from soil–cement on load–carrying ability of these piles is investigated.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. У складних умовах будівництва, що в останній час трапляються все частіше, доводиться застосовувати нестандартні рішення щодо влаштування будівельних конструкцій і, зокрема, фундаментів. Прийняття таких рішень потребує високої кваліфікації як проектувальників, так і підрядних будівельних організацій. Нестандартність може проявлятися, наприклад, у поєднанні кількох видів фундаментів чи взагалі у застосуванні нового (для даних умов будівництва) способу влаштування основи. При цьому головною проблемою проектувальників є визначення позитивного ефекту від застосування того чи іншого виду фундаментів. Найбільш переконливим є проведення попередніх натурних випробувань, що потребує додаткових матеріальних витрат, часу та наявності дослідного майданчика. Але якщо здійснення попередніх випробувань неможливе, то найчастіше проектувальники застосовують числове моделювання роботи прийнятого типу фундаментів у конкретних інженерно-геологічних умовах. Робота виконана під керівництвом професора, д.т.н. М.Л. Зоценка.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. Для оцінювання напружено-деформованого стану систем «споруда – основа» чи «паля – ґрунт» використовують різні комплекси програм. Найпоширенішими є "Plaxis", "Abaqus", "Ansys",

“Ліра” тощо. Переважна більшість із них використовує у якості математичного апарату метод скінченних елементів. Усі програмні комплекси мають свої особливості, що можуть обмежувати сферу їх використання.

Застосування математичного моделювання для вирішення складних інженерних задач геотехніки не є новим [1]. І як показує досвід, головним значення при проведенні розрахунків основ та фундаментів за допомогою числових методів є складання розрахункової схеми, що має максимально відповідати дійсній роботі конструкції.

Програма “Plaxis 3D Foundation” розроблена спеціально для аналізу деформацій та стійкості геотехнічних споруд. Вона є не тільки досить простою у використанні, але й найкраще підходить для оцінювання напружено-деформованого стану системи «фундамент – основа». Досвід використання програми показує, що результати моделювання близькі до натурних випробувань та можуть використовуватись для попереднього оцінювання роботи майбутніх конструкцій, зокрема фундаментів.

Формулювання цілей статті. При будівництві підпірної стінки 1-ої

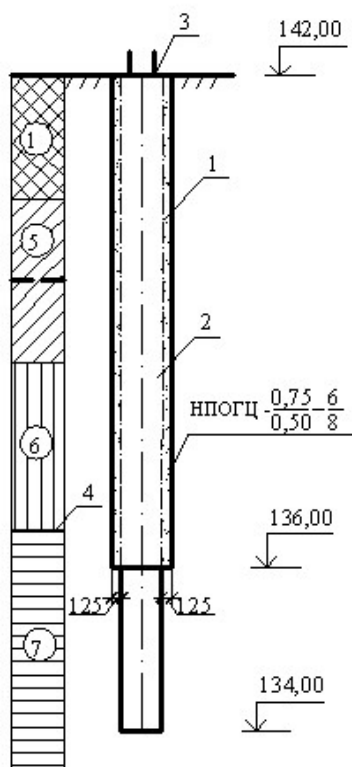


Рис.1. – Конструкція палі НПОГЦ – 0,75/0,5 – 6/8:

- 1 – ґрунтоцементна оболонка; 2 – набивна залізобетонна паля;
- 3 – арматурний каркас;
- 4 – водотрив

черги житлової забудови ділянки по проспекту Першотравневому, 15 – 17 у м. Полтаві були використані бурові залізобетонні палі в ґрунтоцементній оболонці, яка перешкоджає потраплянню води в бурову свердловину в період бетонування. Застосування традиційної методики розрахунку несучої здатності таких палей за СНиП 2.02.03–85 «Свайные фундаменты» було б не зовсім коректно. Тому поставлене завдання оцінювання напружено-деформованого стану системи «буронабивна паля в ґрунтоцементній оболонці – основа» за допомогою математичного моделювання програмним комплексом “Plaxis 3D Foundation”. Правильність відповідних параметрів, що прийняті в розрахунковій схемі, можливо перевірити, порівнявши результати розрахунків із натурними випробуваннями палей.

Виклад основного матеріалу. Буронабивні палі виготовлялися за технологією відповідно до заявки на винахід № у 2007 13108 від 26.11.2007 року. Конструкція такої палі наведена на рис. 1. Спочатку за відомою технологією [2] виготовляється ґрунтоцементний елемент

діаметром 0,75 м та довжиною 6 м таким чином, щоб він був занурений у водотрив не менше ніж на 0,5 м. Через 7 діб після влаштування у ґрунтоцементному елементі пробурюється свердловина діаметром 0,5 м на проектну глибину 8 м, так щоб навкруги свердловини залишилася ґрунтоцементна оболонка товщиною 125 мм. Її призначення – на певний термін захистити свердловину від потрапляння води і нестійкого ґрунту. У суху свердловину встановлюється арматурний каркас з арматури 8Ø18 АІІ і виконується бетонування бетоном класу В15.

Відповідно до інженерно–геологічної колонки, яка наведена на рис. 1, дослідний майданчик складено такими ґрунтами:

ІГЕ–1 – насипні ґрунти – не злежана суміш піску, родючого шару, щебеню, будівельного сміття, потужність шару до 1,5 м;

ІГЕ–5 – суглинок лесований, делювіальний, брунатно-бурий, від тугопластичного до текучого, карбонатний, потужність 2,2 м;

ІГЕ–6 – суглинок лесовий, делювіальний жовтий і жовто-брунатний, текучий, карбонатний, потужність шару 2,7 м;

ІГЕ–7 – глини червоно-бурі, напівтверді, карбонатні, пройдені до глибини 12 м нижче поверхні землі.

Польові випробовування на вертикальне навантаження було виконано відповідно до ДСТУ Б В.2.1.–1–95 (ГОСТ 5686–94). “ґрунти. Методи польових випробовувань палями”.

Для попередньої оцінки несучої здатності палі було проведено математичне моделювання напружено-деформованого стану системи «буронабивна паля в оболонці з ґрунтоцементу – основа» за допомогою програмного комплексу “Plaxis 3D Foundation” в умовах вирішення просторової задачі. У розрахунках були прийняті такі передумови та параметри:

- модель ґрунту основи – пружно-пластична модель Мора – Кулона;
- матеріал палі – буронабивна залізобетонна паля з бетону класу В15, що в умовах даної задачі прийнята як лінійно деформоване тіло;
- матеріал оболонки – ґрунтоцемент – також має лінійну залежність між напруженнями та деформаціями.

Розрахункова схема (рис. 2) для визначення несучої здатності палі являє собою область розміром 66,0x6,0x15,0 м з відповідними нашаруваннями ґрунтів, що відрізняються своїми характеристиками. По центру області розташована паля Ø500 мм та довжиною 8,0 м, навколо якої розташована оболонка із ґрунтоцементу товщиною 125 мм.

У розрахунках навантаження на палю прикладалося ступенями, що відповідає проведенню статичних випробувань. На контактній поверхні палі з ґрунтом чи ґрунтоцементною оболонкою в розрахунках моделювалося пониження міцності шляхом уведення коефіцієнта, що приймався рівним 0,8. Таке пониження міцності на контактній поверхні відповідає коефіцієнту умов

роботи за СНиП 2.02.03–85 «Свайные фундаменты» по бічній поверхні палі, який залежить від способу її влаштування.

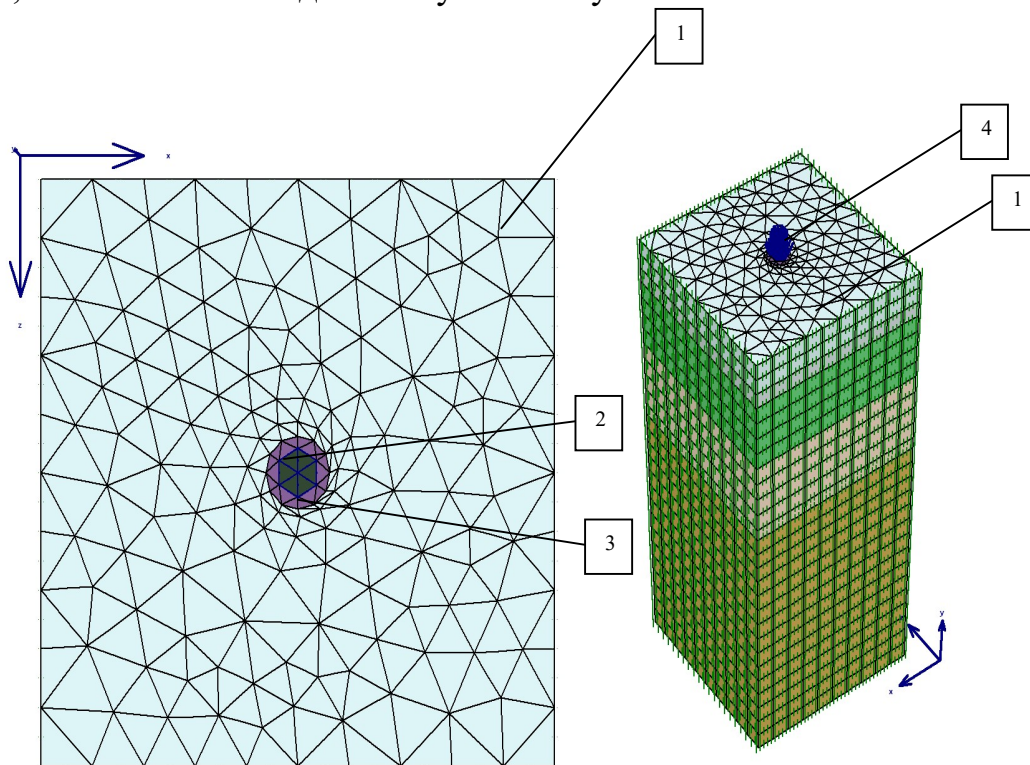


Рис. 2. – Розрахункова схема буронабивної палі в оболонці з ґрунтоцементу із сіткою скінченних елементів:

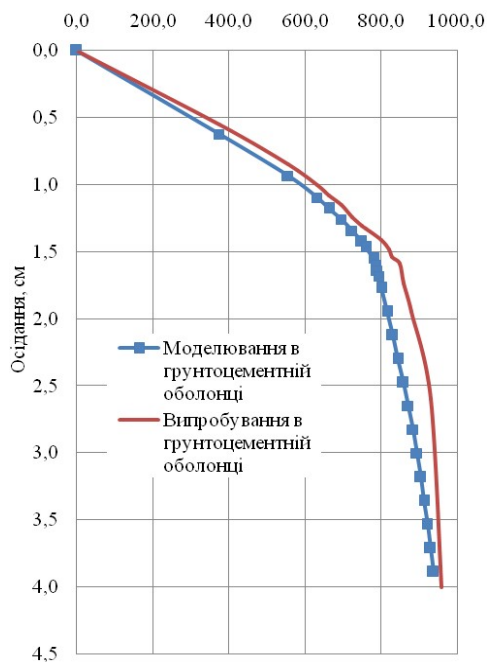
1 – розрахункова область із сіткою скінченних елементів; 2 – бурова залізобетонна паля; 3 – ґрунтоцементна оболонка; 4 – навантаження на палю

Результати проведених розрахунків подані на рис. 3 у вигляді графіків залежності осідання від навантаження для палей. Першочерговим призначенням ґрунтоцементної оболонки був тимчасовий захист свердловини від потрапляння ґрунтових вод. Але певні зміни в розрахунковій схемі дозволили проаналізувати різницю в несучій здатності таких палей порівняно з буровими аналогічного діаметра, що влаштовані без оболонки (рис. 3, б).

Критерієм для порівняння результатів розрахунків та натурних випробувань була прийнята несуча здатність палей, що визначалася за графіками рис. 3. У даному випадку вона була рівною навантаженню, при якому осідання палі становило 2,0 см.

Із графіків рис. 3, а маємо, що несуча здатність палі в ґрунтоцементній оболонці за результатами статичних випробувань становить 880 кН, а за розрахунком – 820 кН. Таким чином, різниця становить близько 7%, що є близьким результатом. Певну розбіжність можна пояснити використанням розрахункових значень міцнісних та деформативних характеристик ґрунтів, які дещо занижені порівняно з їх дійсними значеннями.

а) Навантаження N, кН



б) Навантаження N, кН

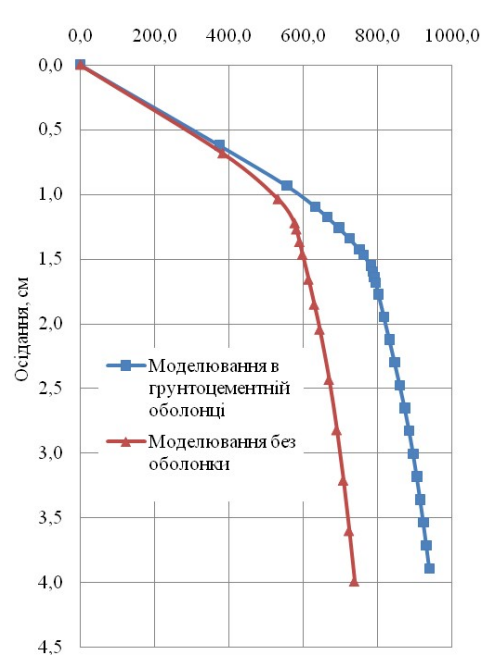


Рис. 3. – Порівняння результатів математичного моделювання та польових випробувань:

а) графіки залежності осідання від навантаження для палі в ґрунтоцементній оболонці за даними статичного випробування та розрахунку; б) графіки залежності осідання від навантаження для палі у ґрунтоцементній оболонці та без неї за даними математичного моделювання

Як показують дані моделювання роботи палі, ефект від улаштування ґрунтоцементної оболонки не обмежується лише зручністю бетонування при високому рівні ґрунтових вод. Збільшення площі бічної поверхні палі за рахунок ґрунтоцементу приводить до підвищення несучої здатності такої палі з 625 до 820 кН.

Висновки. Унаслідок проведених досліджень доведено збільшення несучої здатності буронабивних залізобетонних палей, які влаштовуються у ґрунтоцементній оболонці, порівняно зі звичайними буронабивними залізобетонними палями. За даними статичних випробувань розрахункове навантаження при дії вертикального навантаження майже збігається з результатами моделювання. Це доводить ефективність застосування моделювання роботи системи «буронабивна паля в ґрунтоцементній оболонці – основа» для попереднього оцінювання напружено-деформованого стану.

Література

1. Зоценко Н.Л. Сравнительная оценка эффективности армирования по данным штамповых испытаний и математического моделирования/

Н.Л. Зоценко, Н.И. Лапин, Р.В. Петраш // Основания, фундаменты и подземные сооружения. – 2008. – №4. – С. 17 – 20.

2. Зоценко М.Л. Досвід і перспективи підсилення основ вертикальними ґрунтоцементними елементами у міському будівництві/ М.Л. Зоценко, Ж.М. Бовкун, В.І. Малярєнко // Бетон и железобетон в Украине. – 2006. – №6. – С. 24 – 28.