

*М.В. Корнієнко, к.т.н., професор, В.І. Поліщук, інженер
Київський національний університет будівництва і архітектури*

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ОЦІНКИ ЗМІНИ НАПРУЖЕНОСТІ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ ЗА ПРИРОДНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Проведено експериментальні вимірювання зміни напруженого стану ґрунтового масиву навколо забивної палі в процесі випробування її статичним навантаженням за допомогою радіохвильового індикатора напруженого стану РВИНДС-П-03.

Ключові слова: випробування палі, природне імпульсне електромагнітне поле, напружений стан ґрунту.

*Н.В. Корниенко, к.т.н., професор, В.И. Полищук, инженер
Киевский национальный университет строительства и архитектуры*

О ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ПО ЕСТЕСТВЕННОМУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Проведены экспериментальные измерения изменения напряженного состояния ґрунтового массива вокруг забивной сваи в процессе испытания ее статической нагрузкой с помощью радиоволнового индикатора РВИНДС-П-03.

Ключевые слова: испытание сваи, естественное импульсное электромагнитное поле, напряженное состояние ґрунта.

*M.V. Korniyenko, Ph.D., V.I. Polishchuk, Engineer
Kyiv National University of Building and Architecture*

ABOUT POSSIBILITY TO INDICATE CHANGE OFF SOIL BASE STRESS BY NATURAL ELECTROMAGNETIC EMANATION

Experimental measurement of stress changes of soil hills around stuffing pile during static load test it using radiowave indicator of stress state RYVINDS-P-03.

Keywords: pile testing, natural impulse electromagnetic field, soil stress.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Експериментальні вимірювання напруженого стану основи є трудомістким процесом, в якому звичайно використовуються датчики, що фіксують рівень додаткового напруження, яке формується при взаємодії елементів підземної частини споруди з ґрунтовим масивом основи. Складність таких вимірювань вимагає пошуку більш простих способів оцінки формування напружено-деформованого стану (НДС) основи. Так з'явилися доступні методи оцінки НДС основи при місцевому навантаженні, а останнім часом значну допомогу в такій оцінці надають методи чисельного моделювання.

У кожному випадку таке визначення напружень у ґрунтовому середовищі залежить від значної кількості факторів, серед яких такі, як вплив неоднорідності ґрунту за щільністю та вологістю, залежність вимірювань від літологічного і мінералогічного складу, структурної міцності, методу вимірювань, розміщення датчиків у масиві ґрунту, точності оцінки фізико-механічних властивостей ґрунту, похибки вимірювань та ін., що характеризують особливості методів визначення НДС. Отже, такі вимірювання, як правило, є наближеними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання цієї проблеми. Проте в багатьох випадках для практичних цілей і така оцінка може бути визнана як задовільна. Щоб зберегти ефект прямого вимірювання та одночасно спростити їх трудомісткість, і отримувати загальну оцінку напруженого стану, було запропоновано використовувати метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ) для вимірювання НДС основи з використанням існуючих приладів [1, 2].

Теоретично така можливість обумовлена фізико-геологічними основами методу ПЕМПЗ у випромінюванні електромагнітних імпульсів гірськими породами і мінералами при дії на них механічних напружень. Доступна глибина ґрунтової товщі для цього методу при діапазоні частот 2...50 кГц, в якому працює більшість приладів, для обводнених піщано-глинистих ґрунтів з питомим електричним опором близько 10 Ом·м складає від 5 до 25 м [2]. При зростанні електричного опору глибина вимірювань збільшується.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Недоліки методу закладені в самій природі електромагнітних хвиль, які випромінюються внаслідок процесів у літосфері, а також зовнішніх факторів, зокрема атмосферного та сонячного, і техногенних перешкод. Тому на поверхні фактично вимірюється суміш електромагнітних сигналів від різних джерел. Крім того, існує добовий, місячний, сезонний тренд ПЕМПЗ.

Великою проблемою, що заважає застосуванню методу, є невирішеність до кінця теоретичних питань, а тому відсутня загально- прийнятна методика вимірювань та їх інтерпретації. Як для більшості геофізичних методів, що є непрямыми, залишається проблема калібрування та нормування, особливо з урахуванням шумової природи електромагнітного випромінювання, що фіксується.

При збільшенні напружень у ґрунтовому середовищі відбуваються деформації, що на першому етапі завантаження характеризуються як пружні. При цьому якість фізичних контактів між частками покращується, що через розуміння «щільності скелету ґрунту» може бути використане для якісної оцінки формування НДС.

Для підтвердження цього положення на одному з експериментальних майданчиків Київської області було проведено випробування залізобетонної забивної палі перерізом 300×300 мм, заглибленої на 10 м від поверхні. У верхній частині товщі залягають слабкі біогенні ґрунти, які підстеляються потужним шаром дрібних пісків середньої щільності. При випробуванні навколо палі формується напружено-деформована зона, для вимірювання якої прилад розміщують на поверхні біля палі, оскільки цей простір був відносно відкритим.

Метою вимірювань, як зазначалось вище, було підтвердження можливості якісної оцінки зміни напружень у ґрунті в процесі випробування палі, а тому інші завдання при розробленні методики експериментальних вимірювань не ставились.

Виклад основного матеріалу дослідження. Феритова антена індикатора РВИНДС-П-03 з широкою діаграмою спрямованості розміщувалась горизонтально на поверхні ґрунту в 20 см від палі вздовж та поперек її бічній поверхні. Щільність природного випромінювання вимірювалась в імпульсах за секунду, в діапазоні частот 2...50 кГц, осереднена за одну хвилину, при орієнтаціях антени вздовж та перпендикулярно бічній поверхні палі. Заміри проводились при фіксації осідання палі, що виконувались кожні 15 хв. Для підвищення чутливості при обробці шумоподібних сигналів застосований метод рангової кореляції Фрідмана [3 – 5].

Загальне навантаження на палю змінювалось ступінями в межах 0...950 кН (рис. 1), осідання палі при цьому максимально досягло 9,16 мм. Інтервал між

вимірюваннями, як вже зазначалось, становив 15 хв, а випробування палі тривало близько 10 год.

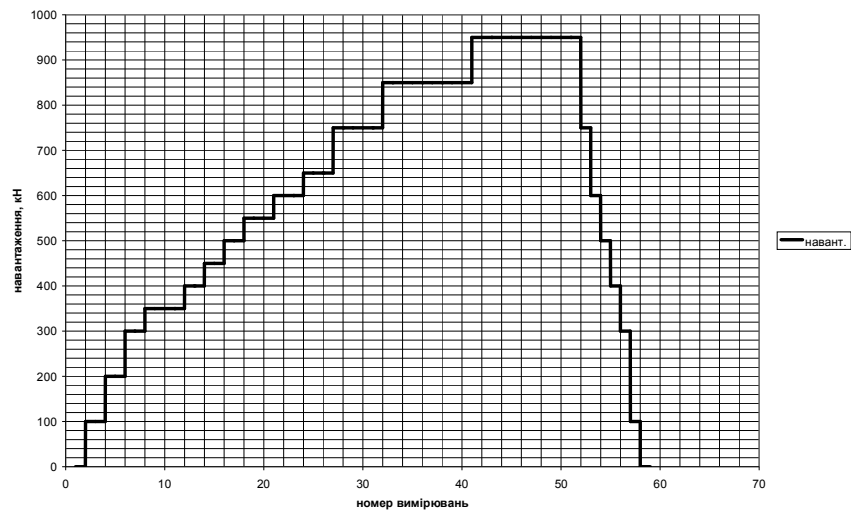


Рисунок 1 – Графік загального навантаження палі під час статичних випробувань

На рис. 2 наведено розраховане значення статистики Фрідмана для експериментально виміряної щільності ПЕМПЗ. Чим більше значення цієї статистики, тим більша математично обґрунтована ймовірність виявлення в ґрунті сигналу довільної форми при некорельованих перешкодах [4]. При сталих умовах експерименту ймовірність виявлення сигналу може розглядатись як відносне механічне напруження ґрунту, що викликає його електромагнітну емісію.

До навантаження 450 кН спостерігається лінійне зростання напруженості ґрунту за електромагнітними вимірюваннями (рис. 2), до навантаження 750 кН напруженість ґрунту є сталою, за винятком одиночного зменшення напруженості при вимірюванні №17, що може розцінюватись як процес місцевого «зриву» палі та відповідного розвантаження ґрунтового середовища. Таке явище на практиці сприймається як стрибкоподібне сприйняття навантажень від палі піщаною основою.

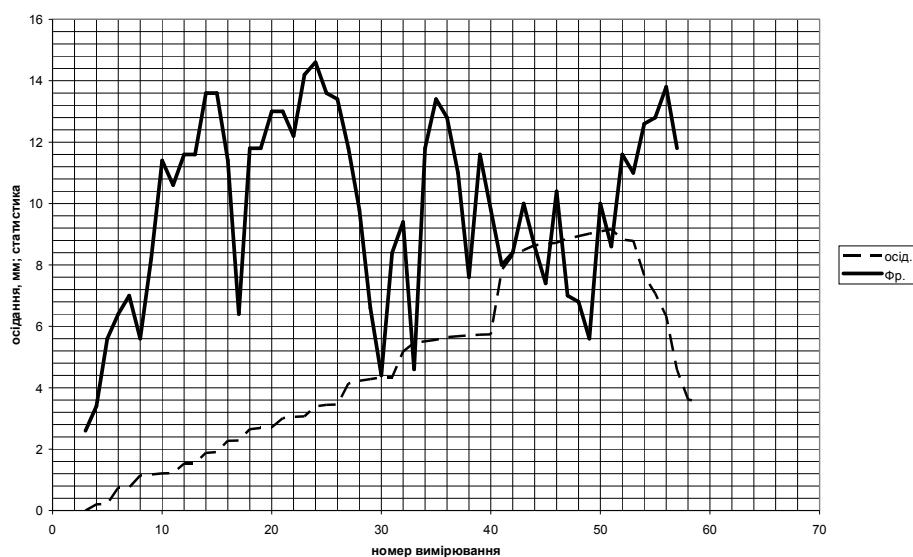


Рисунок 2 – Графіки осідання палі та статистики Фрідмана для щільності ПЕМПЗ

Починаючи з вимірювання №26 й до вимірювання №34, де перші різниці в осіданні перевищили 0,5 мм, фіксується провал напруженості. У діапазоні вимірювань №41 – 51 (загальне навантаження 950 кН, осідання палі наростає в межах 5,74...9,16 мм) збільшується дисперсія статистики, що свідчить про перерозподіл механічних напружень у ґрунті.

При розвантаженні палі протягом однієї години (вимірювання №52 – 57) не спостерігається зменшення механічних напружень ґрунту, навпаки, вони дещо зростають. Це можна пояснити тим, що в стовбурі палі зберігаються залишкові напруження, так як паля виконує роль елемента армування, на кінцях якого утворюються зони напружень протилежного знака. Під кінець досліджень поверхневі шари ґрунту, що в процесі випробувань були розтягнуті, відновлюють свою «щільність скелета ґрунту» за фізичними контактами, що і фіксується при вимірюваннях.

Проведені дослідження дозволили зробити наступні **висновки**.

1. Встановлена кореляція зростання напруженості ґрунту навколо палі, що визначена вимірюваннями низькочастотного електромагнітного фону з ростом навантажень на неї на початковій стадії випробування.

2. Визначена залежність між показниками Фрідмана та осіданням палі, що дає можливість додатково підтверджувати розвиток пластичних деформацій у ґрунтового середовищі навколо палі.

3. Вимірювання підтвердили наявність залишкових напружень після зняття навантаження як у стовбурі палі, так і в оточуючому палю ґрунті. При цьому за рахунок перерозподілу напружень зафіксовано покращення в ґрунті рівня фізичних контактів між частинками піску в процесі зменшення навантаження на палю.

4. Отримані результати знаходять пояснення з точки зору сучасної геотехніки. Застосування методу ПЕМПЗ для контролю відносних напружень у ґрунтових основах фундаментів можливе і доцільне, оскільки в реальних умовах дасть можливість оцінити як щільність ґрунтів, так і роботу окремих елементів фундаменту, наприклад палі.

Література

1. Пикареня Д.С., Орлинская О.В. Опыт применения метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли для решения инженерно-геологических и геологических задач / Д.С. Пикареня, О.В. Орлинская – Днепропетровск: Изд-во «СВИДЛЕР», 2009. – 120 с.

2. Кузьменко Д.Е. Дослідження зсувних процесів геофізичними методами: [монографія] / Е.Д. Кузьменко, А.Ф. Безсмертний, О.П. Вдовина та ін.; Е.Д. Кузьменко (ред.). – Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний університет нафти і газу, 2009. – С. 55 – 74.

3. Гаек Я. Теория ранговых критериев / Я. Гаек, З. Шидак. – М.: Наука, 1971. – С. 149 – 150.

4. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: справочник геофизика / Под ред. В.И. Дмитриева. – М.: Недра, 1990. – С. 329.

5. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов – М.: Недра, 1965. – С. 228 – 229.

Надійшла до редакції 10.10.2012

© М.В. Корнієнко, В.І. Поліщук