

ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК ЖОРСТКОСТІ, ГЕОМЕТРИЧНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МЕМБРАННОГО ФУНДАМЕНТУ НА ЙОГО ВЗАЄМОДІЮ З ГРУНТОВОЮ ОСНОВОЮ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто напружено-деформований стан ґрунтової основи та стрічкового мембранного фундаменту. Визначено межі ефективного використання мембранного фундаменту в залежності від характеристик жорсткості, геометричних та конструктивних параметрів.

Ключові слова: мембранний фундамент, мембрана, ґрунтова основа, напружено-деформований стан, осідання.

Abstract

The stress-strain state of the soil base and the strip membrane foundation is considered. The limits of effective use of the membrane foundation depending on the characteristics of rigidity, geometric and structural parameters are determined.

Keywords: membrane foundation, membrane, soil base, stress-strain state, subsidence.

Вступ

Зниження матеріальних та трудових витрат, зменшення строків будівництва, збільшення надійності споруд є актуальним питанням на даний час. Виникає необхідність проведення досліджень з розробки та впровадження у серійне виробництво найбільш економічних фундаментів.

Вирішення зазначеної проблеми можливе за допомогою низки напрямків, одним із яких є удосконалення фундаментів мілкого закладання шляхом розробки нових конструктивних форм та використання прогресивних матеріалів, наприклад, впровадження в практику будівництва нових видів фундаментів.

Одним з варіантів такого фундаменту є мембранний фундамент, що являє собою поєднання поздовжніх та поперечних стрічкових фундаментів, об'єднаних мембранами.

Мембрана включає в роботу значний обсяг ґрунтового масиву і, тим самим, дозволяє при менших розмірах підшви фундаменту виходити на нормативні значення осідань і середнього тиску під підшовою, що не перевищує розрахунковий опір ґрунту. Це, в свою чергу, призводить до зниження вартості фундаменту.

Результати дослідження

Мембранний фундамент являє собою влаштовану на основу з криволінійною поверхнею мембрану та опорний контур у вигляді поздовжніх та поперечних стрічкових залізобетонних фундаментів [1]. Загальний вигляд мембранного фундаменту зображено на рис. 1.



1 – поздовжні стрічкові фундаменти; 2 – поперечні стрічкові фундаменти, 3 – ґрунтова основа;
4 – несуча мембрана.

Рисунок 1. Загальний вигляд стрічкового мембранного фундаменту

Дослідження взаємодії мембранного фундаменту з ґрунтовою основою спрямоване на визначення НДС мембрани та ґрунтової основи. в залежності від конструктивних особливостей самого фундаменту.

Криволінійна поверхня ґрунтової основи, на яку укладають мембрану, створюється по принципу пологості оболонки. Оболонку вважають погою, якщо виконується умова $f \leq 1/5 \min(l)$, тобто якщо стріла підйому f оболонки в центрі не більше $1/5$ довжини меншої сторони оболонки на плані, f - стріла підйому оболонки, $l = 2a$ - розмір оболонки в плані, a - половина ширини оболонки. [2].

Дослідження поздовжньої сили у мембрані у залежності від величини стріли підйому підтверджують, що доцільним інтервалом для стріли підйому є $1/8(l) \div 1/5(l)$. На цьому інтервалі стріли підйому зменшуються максимальні осідання мембрани та залізобетонного стрічкового фундаменту, краща рівномірність розподілення реактивних тисків під мембраною.

При менших значеннях стріли підйому, через малий початковий кут між горизонталлю та дотичною до мембрани в місці спряження з стрічковим фундаментом, деформації в мембрані здебільшого відбуваються від змін в її геометрії, а не за рахунок її активного включення в роботу. Знижуються внутрішні зусилля в мембрані, що призводить до меншого включення в роботу ґрунтового масиву під мембраною.

При збільшенні стріли підйому $f > 1/8(l)$ зменшуються напруження в центрі та на краю мембрани та виникає велика різниця у значеннях напружень, що пояснюється суттєвим впливом коефіцієнту тертя на роботу мембрани при великій кривизні. Ускладнюється технологія влаштування мембрани та збільшуються затрати без видимого ефекту.

Раціональна стріла підйому створює кращі умови роботи ґрунтової основи та мембранного фундаменту. При розв'язанні пружної задачі зі змінним коефіцієнтом постелі для стрічкового мембранного фундаменту, головні параметри напружено-деформованого стану такого фундаменту та основи напряму пов'язані зі стрілою підйому мембрани.

Мембрана сприймає лише зусилля розтягу і не сприймає зусилля стиску, вона виконується з композитних матеріалів на основі фібри, єдиною розрахунковою характеристикою яких є постійна нормальна (осьова) жорсткість $E_m \cdot A_m$, жорсткість на вигин відсутня. Чим менше осьова жорсткість мембрани, тим більшому видовженню вона піддається.

Спостерігається збільшення осідань стрічкового фундаменту в межах 15% на інтервалі зниження осьової жорсткості мембрани з $6 \cdot 10^7$ Н до $1 \cdot 10^7$ Н. При подальшому зниженні осьової жорсткості мембрани осідання фундаменту різко збільшується, осідання центру мембрани знижується практично до нуля. Отже осьова жорсткість $E_m = 1 \cdot 10^7$ Н є пороговою, нижче якої мембрана виключається із спільної роботи з стрічковим фундаментом. [3].

При зменшенні жорсткості нижче порогової розглядати мембранний фундамент як єдину конструкцію, що сприймає зовнішнє навантаження, не доцільно. Зниження жорсткості мембрани призводить до зниження поздовжньої сили у самій мембрані.

Зі збільшенням осьової жорсткості мембрани ґрунт під мембраною більше включається в роботу, при цьому знижується осідання стрічкового фундаменту, а поздовжня сила у мембрані збільшується. Таким чином, підвищення ефективності роботи мембранного фундаменту на ґрунтовій основі безпосередньо пов'язано з підвищенням значення осьової жорсткості мембрани.

З'єднання мембрани з фундаментом шарнірне, за рахунок відсутності згинальної жорсткості мембрани. Мембрана включає в роботу ґрунтову основу та перетворює сприйнятий реактивний опір в зусилля розтягу. Стрічковий фундамент сприймає зусилля стиску і згинальні моменти.

Навантаження на мембранний фундамент передається через поздовжні стрічкові фундаменти. При осіданні стрічки несуча мембрана натягується і включає в роботу ґрунтову основу, що знаходиться між стрічковими фундаментами. Зусилля розтягу, що виникають в мембрані, можуть розподілятися нерівномірно по довжині, в результаті виникнення тертя на контактній поверхні мембрани з ґрунтовою основою.

Відсутність тертя дозволяє досягнути стану мембрани, в якому вона рівномірно напружена, так у всіх її перерізах поздовжня сила буде однаковою. Зменшення тертя досягається застосуванням проміжного шару, що має малий коефіцієнт тертя з матеріалом мембрани. Проміжний шар може бути виконаний з полімерних або інших матеріалів, таких як два шари поліетиленової плівки, промашеної зсередини або фторопласт.

Коефіцієнт тертя створює пропорційну залежність між силою нормального тиску, який притискає мембрану до основи, та силою тертя. Сила тертя впливає на роботу мембранного фундаменту та

виникає на контакті мембрани з ґрунтовою основою. Матеріал, що використовується як прошарок на контакті «мембрана – ґрунтова основа», в цілому визначає роботу мембранного фундаменту.

Чим менший коефіцієнт тертя на контакті, тим більше включається в роботу ґрунтова основа і тим більша рівномірність розподілення зусиль розтягу мембрани.

Зниження ефективності роботи мембрани в прольоті та під стрічковим фундаментом спостерігається при збільшенні коефіцієнта тертя на контакті «мембрана - ґрунтова основа». Це відбувається в наслідок того, що через нерівномірне зусилля натягу, мембрана нездатна залучити в роботу ґрунт основи під мембраною.

Спостерігається більша рівномірність розподілу контактного тиску по прольоту фундаменту під мембраною при зниженні коефіцієнта тертя. При зменшенні коефіцієнта тертя поздовжня сила у мембрані збільшується, отже ця залежність має лінійний характер. Зусилля розтягу в центрі мембрани збільшується швидше у 2,75 рази, ніж поздовжня сила знижується на краю мембрани.

Це пояснюється тим що центральна частина мембрани залучає до роботи більший обсяг ґрунту під мембраною та рівномірно натягується по всьому прольоту.

При більшому значенні коефіцієнта тертя зусилля розтягу біля стрічкового фундаменту буде більшим, а в центрі мембрани – меншим. Це пояснюється тим, що сили тертя перешкоджають зусиллям розтягу рівномірно розподілятися в мембрані. В центральній частині зусилля розтягу знижуються, а максимальні зусилля спостерігаються в приопорній зоні.

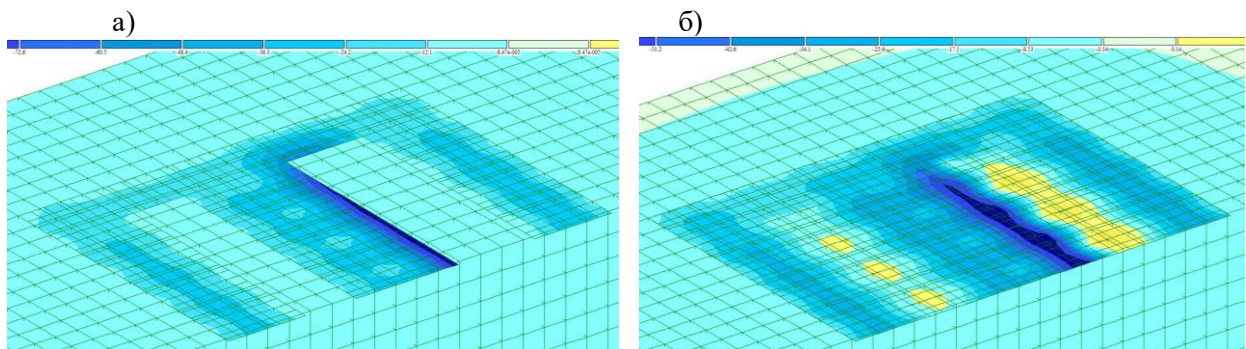
Значення внутрішніх зусиль в центрі мембрани та під стрічковим фундаментом практично вирівнюються при зниженні коефіцієнта тертя. Таким чином, врахування тертя суттєво впливає на НДС системи «ґрунтова основа-фундамент.» При зменшенні значення коефіцієнта тертя осідання стрічкового фундаменту зменшується

Перевагами мембранного фундаменту відносно стрічкового є менші абсолютні осідання, суттєво менша нерівномірність осідань за рахунок включення в роботу ґрунту в пролітній частини мембраною. По відношенню до плитного - суттєво менша трудомісткість, вартість та швидкість зведення.

Широке застосування цих фундаментів неможливе через відсутність методик розрахунку та практичних рекомендацій щодо їх застосування. Розв'язання даної задачі можливе шляхом використання програмних комплексів на основі методу скінчених елементів (ПК «Ліра САПР»). Ґрунтова основа моделюється коефіцієнтом постелі у відповідності до моделі Вінклера-Фауса.

Дослідження взаємодії мембранного фундаменту з ґрунтовим основою спрямоване на визначення напружено-деформованого стану ґрунтової основи та мембрани в залежності від конструктивних особливостей самого фундаменту. [4].

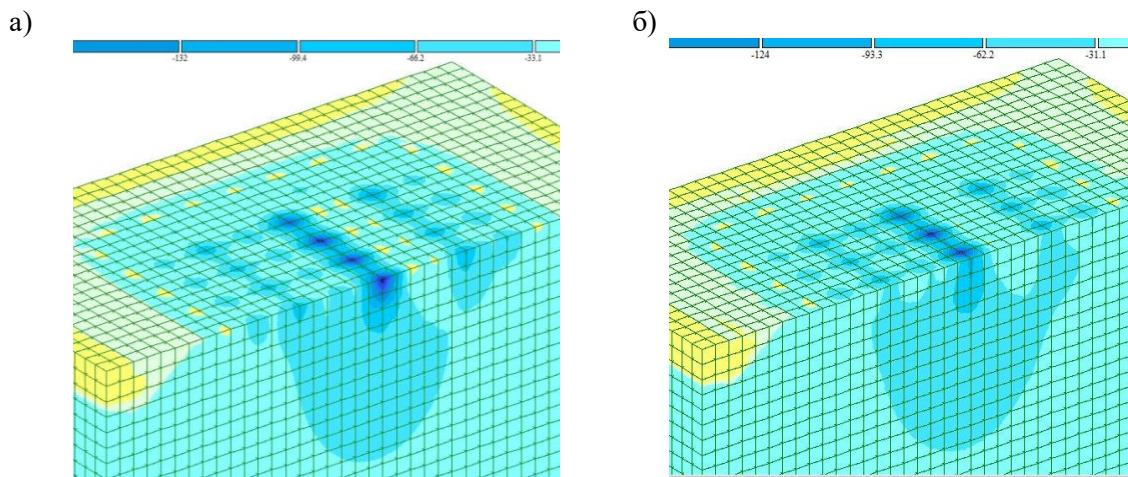
Було розглянуто для порівняння два стрічкових фундаменти аналогічних розмірів. Один із фундаментів – стрічковий, влаштований традиційним способом. Інший – мембранний фундамент. Чисельне моделювання в ПК Ліра САПР дає можливість порівняти значення осідань та тиску під підшоивою для стрічкового та мембранного фундаменту. Отримані результати зображені на рис. 2 та 3.



а) ізолінії вертикальних переміщень стрічкового фундаменту; б) ізолінії вертикальних переміщень мембранного фундаменту

Рисунок 2. Ізолінії вертикальних переміщень

Середній тиск на ґрунт під основою стрічкового фундаменту без мембрани з шириною підшови 4,8 при навантаженні 850,34 кН/п.м складає 185,14 кПа. Середнє осідання – 38,27мм.



а) ізолінії тиску під підшовою стрічкового фундаменту; б) ізолінії тиску під підшовою мембранного фундаменту

Рисунок 3. Ізолінії тиску під підшовою фундаменту

Максимальне навантаження на основу мембранного фундаменту складає 850,34 кН/п.м, для стрічки шириною 4,8м що відповідає середньому тиску по підшві 149,57кПа. Середнє осідання – 31,48мм. У відповідності до даних, отриманих при чисельному моделюванні в програмному комплексі Ліра-САПР, встановлено, що при максимальному навантаженні $N_c = 850,34$ кН/п.м. середнє осідання стрічкової частини мембранного фундаменту дорівнює 31,48мм, що на 18% менше осідання стрічкового фундаменту без мембрани. Середній тиск по підшві зменшився на 19% завдяки влаштуванню мембрани.

Висновки

Розроблено розрахункову схему мембранного фундаменту в ПК «Ліра САПР». Виявлено, що основні параметри напружено-деформованого стану мембранного фундаменту безпосередньо пов'язані з осьовою жорсткістю мембрани. При цьому межі ефективного використання мембранного фундаменту повинні оцінюватися пороговими значеннями осьової жорсткості мембрани.

Мембранний фундамент у порівнянні з стрічковим забезпечує зменшення середнього осідання, нерівномірності осідань та більш повне використання несучої здатності основи. Його раціонально використовувати як альтернативу плитним та стрічковим фундаментам.

Найбільш раціональним є інтервал значень стріли підйому мембрани в межах $1/8 \leq f/l \leq 1/5$. Подальше збільшення кривизни нераціонально, як з позицій напружено деформованого стану фундаменту, так і з боку формування необхідного напруженого стану основи.

Осьова жорсткість мембрани чинить суттєвий вплив на напружено-деформований стан ґрунтової основи і мембранного фундаменту. Пороговим значенням осьової жорсткості мембрани є $E_m = 1 \cdot 10^7$ Н.

Врахування тертя суттєво впливає на НДС системи «ґрунтова основа-фундамент.» При зменшенні значення коефіцієнта тертя осідання стрічкового фундаменту зменшується.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пронозин Я. А. Взаимодействие ленточно-оболочечных фундаментов с сильносжимаемым грунтовым основанием : автореф. Дисс....канд. техн. наук : 05.23.02. Москва, 2016. 40с
2. Епифанцева Л. Р. Взаимодействие мембранных фундаментов зданий малой и средней этажности с грунтовым основанием : дисс ... канд. техн. наук : 05.23.02. Тюмень, 2013. 201 с.
3. Порошин О.С. Взаимодействие цилиндрических бинарных фундаментов-оболочек с глинистым основанием: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.02. Тюмень, 2011. 20 с.
4. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення. [Чинний від 2019 – 01 - 01]. Вид. офіц. Київ, 2019. 42 с.

Черевко Наталія Миколаївна — студентка групи Б-20м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця; E-mail: natalia.yashchh@gmail.com

Блащук Наталя Вікторівна — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця; E-mail: blaschuk@vntu.edu.ua

Nataliia M. Cherevko — Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Nataliia V. Blashchuk - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa.