

УДК 624.04:69.059

к.т.н., проф. Банах В.А., Фостащенко О.М.
Запорізька державна інженерна академія

ОСОБЛИВОСТІ УРАХУВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОБОТИ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І ҐРУНТОВИХ ОСНОВ У СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Розглянуті особливості моделювання спільної просторової роботи системи «будівля-основа» з урахуванням можливих просадочних деформацій. На прикладі будівлі «Готельний комплекс по вул. Семафорній, 8 у м. Запоріжжя» виконаний розрахунок і аналіз отриманих результатів. Підтверджено важливість урахування в розрахункових моделях деформованого стану будівель, які експлуатуються в складних інженерно-геологічних умовах, при їх розрахунках.

Ключові слова: розрахункова модель, напружено-деформований стан, складні інженерно-геологічні умови, деформації ґрунтових основ, деформований стан будівлі

Постановка проблеми. Більшість будівель і споруд, що експлуатуються протягом тривалого часу в складних інженерно-геологічних умовах, мають деформації, викликані осіданням ґрунтових основ. При виконанні перевірочних розрахунків у разі їх обстеження завжди постає проблема вибору адекватної розрахункової моделі конкретної конструкції, будівлі в цілому або її фрагмента. Друга проблема – врахування попередніх деформацій будівлі від примусових деформацій ґрунтових основ, які призводять до зміни висотного положення конкретних конструкцій, осідання їхніх опорних частин тощо.

Формулювання цілей. Метою даного дослідження є визначення особливостей та кількісна оцінка напружено-деформованого стану будівлі «Готельний комплекс по вул. Семафорній, 8 в м. Запоріжжя» від дії можливих впливів просідання ґрунтів [1, 2].

Викладення основних матеріалів досліджень. Будівля «Готельний комплекс» має складну форму в плані з розмірами в крайніх осях 37,9×15,0 м.

В архітектурно-будівельних кресленнях, наданих ПП «Опал», у будівлі є деформаційний шов, що відповідає рекомендаціям нормативних документів [2, 4], оскільки проектувана довжина будівлі перевищує довжину деформаційного відсіку безкаркасної будівлі при її зведенні на просідаючих ґрунтах.

Попередні дослідження напружено-деформованого стану будівлі при такій довжині деформаційного відсіку показали неможливість забезпечення міцності будівлі при дії деформацій просідаючого ґрунту.

Будівля двоповерхова з підвалом. Висота підвалу складає 3,0 м, першого і

другого поверхів – 3,6 м.

Конструктивне рішення – будівля безкаркасна кам'яна із застосуванням монолітних та збірних залізобетонних елементів. Несучими конструкціями будівлі є поздовжні та поперечні цегляні стіни, а також збірні залізобетонні плити перекриттів та покриття з монолітними ділянками.

Просторова жорсткість будівлі забезпечується спільною роботою жорстких дисків перекриттів і кам'яних стін.

Запорізькою філією «УкрНДІНТІЗ» виконані інженерно-геологічні вишукування ґрунтів на цій ділянці. Результати досліджень наведені у звіті [3].

Майданчик будівництва розташований в межах надпойменої тераси лівого берега р. Дніпро, складеного четвертинними лесовими суглинками, що перешаровуються, і супісками загальною потужністю до 13...14 м (без урахування потужності насипних ґрунтів), які підстелені непросідаючими дрібними пісками. Ґрунти проявляють властивості просідання від власної ваги та зовнішнього навантаження при замочуванні.

Характеристики інженерно-геологічного розрізу для майданчика передбачуваного будівництва надані в [3].

Відповідно до рекомендацій [4] виконаний розрахунок просідання ґрунтової основи від можливого замочування. При цьому конструкції будівель на просідаючих ґрунтах необхідно проектувати з урахуванням можливості проявлення просідання ґрунту від навантаження фундаментів у межах зони (вертикальних переміщень), що деформується, від власної ваги ґрунту в нижній частині просадочної товщі, а також від горизонтальних переміщень [1].

Максимальне просідання (вертикальне переміщення) ґрунту від власної ваги (рис. 1) визначається за формулою [1]:

$$S_{np.зр.}^M = \sum_{i=1}^n \delta_{np.i} \cdot h_i \cdot m,$$

де n – число шарів, на які розбита зона, що деформується;

$\delta_{np.i}$ – відносне просідання ґрунту i -го шару в межах товщини зони просідання від власної ваги в умовах повного водонасичення ґрунту при тиску, рівному природному тиску в середині даного шару;

h_i – товщина i -го шару ґрунту, м;

m – коефіцієнт умов роботи основи, що приймається рівним 1,0.

Величина просідання ґрунтів від власної ваги $S_{np.зр.}^M(x)$ на криволінійних ділянках з радіусом r їх розвитку в плані (рис. 2) визначається за формулою [1]:

$$S_{np.зр.}^M(x) = 0,5 \cdot S_{np.зр.}^M \left(1 + \cos \frac{\pi \cdot x}{r}\right),$$

де $S_{np.зр.}^M$ – максимальне просідання ґрунту від власної ваги в центрі замочу-

ваної площі, см;

x – відстань від центру замочуваної площі або від початку горизонтальної ділянки просідання до i -ої точки, в якій визначається величина просідання $S_{пр.гр}^M(x)$ (у межах $0 < x < r$), см;

r – розрахункова довжина криволінійної ділянки просідання ґрунту від власної ваги, визначається за формулою [1]:

$$r = H(0,5 + m_{\beta} \cdot \operatorname{tg}\beta_l),$$

де H – повна величина просідаючої товщі, м.

m_{β} – коефіцієнт, що враховує можливе збільшення кута розтікання води у боки внаслідок шаруватості ґрунтів основи;

$\operatorname{tg}\beta_l$ – кут розтікання води у боки від джерела замочування;

Значення величини $(0,5 + m_{\beta} \cdot \operatorname{tg}\beta_l)$ приймається по таблиці [4] залежно від будови просідаючої товщі.

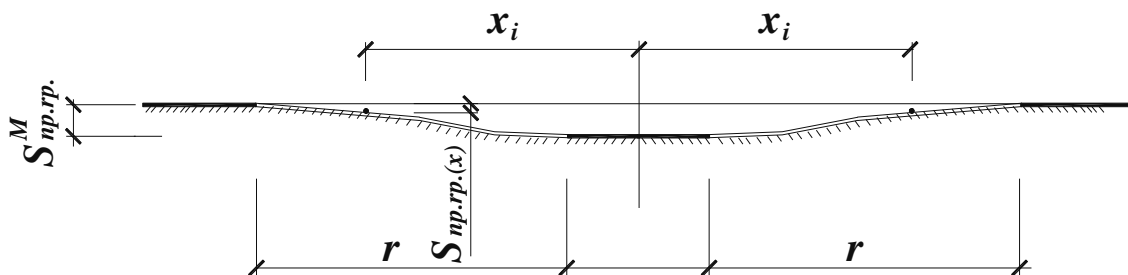


Рис. 1 – Вертикальні переміщення ґрунту при замочуванні

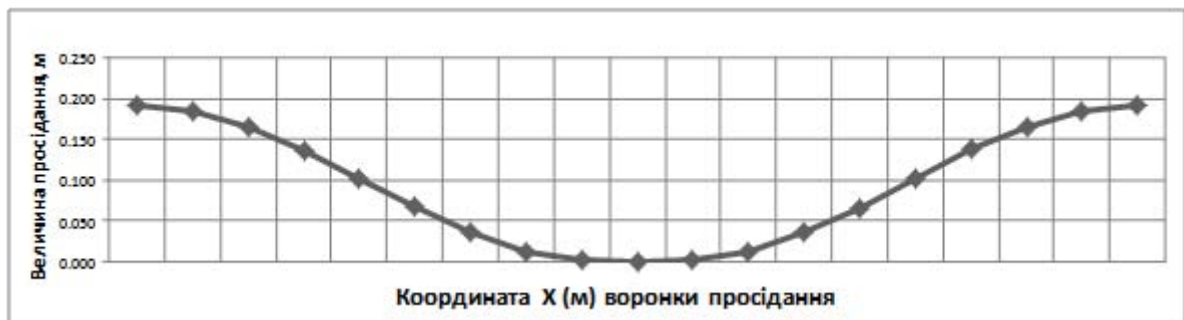


Рис. 2 – Контури воронки просідання ґрунту основи

Обчислення дозволили визначити показники для розрахунку будівлі на дії просідання $S_{пр.гр}^M = 19,1$ см; $H = 12,7$ м; $r = 16,7$ м.

Для перевірки несучої здатності стрічкових фундаментів і несучих конструкцій будівлі виконаний розрахунок просторової моделі будівлі з урахуванням її взаємодії з просідаючою основою.

При розрахунках враховувалася можливість зміни фізико-механічних характеристик ґрунтів при замочуванні просідаючої основи (рис. 1).

Для розрахунку використаний програмний комплекс «ЛІРА-САПР» (ліцензія №1 д/2244), що реалізує метод кінцевих елементів (МКЕ) [5]. Розрахункова модель взаємодії будівлі з основою представлена на рис. 3.

Заруження 1

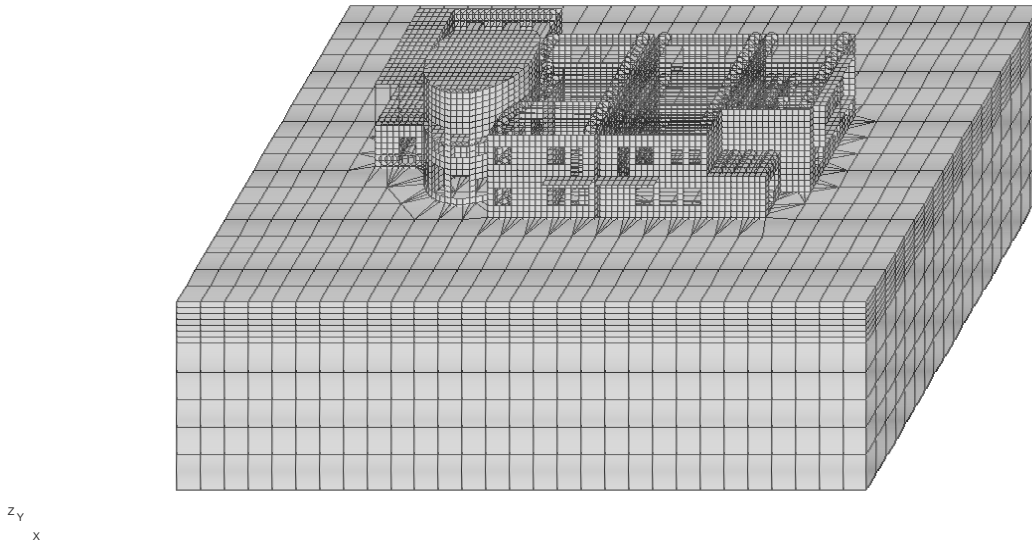


Рис. 3 – Розрахункова модель взаємодії будівлі з основою

Залізобетонні стіни підвалу моделювалися кінцевими елементами (КЕ) оболонки, цегляні несучі стіни будівлі моделювалися КЕ типу балки-стілки загального стану.

Підошва стрічкового фундаменту моделювалася стержневими елементами, пустотні плити перекриттів і покриття – елементами типу пластини, що згинаються, із стержневими елементами в місцях розташування подовжніх ребер (ділянки між порожнечами), шарнірно обпертими на стіни, монолітні ділянки перекриттів – пластинчастими елементами, що згинаються.

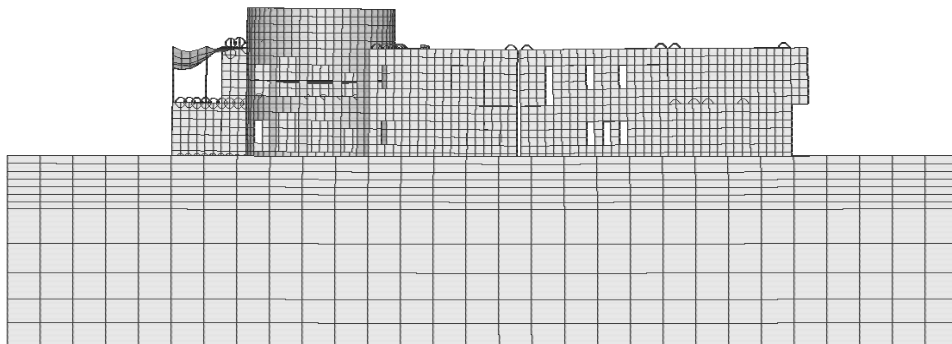
На збірні багатопустотні залізобетонні плити міжповерхових перекриттів і покриття прикладалося навантаження, передбачене проектом: власна вага плити, навантаження від конструкції підлоги, а також тимчасове корисне навантаження з урахуванням відповідних коефіцієнтів надійності по навантаженню [6]. Власна вага фундаментної плити, несучих стін, залізобетонних плит перекриттів та покриття прикладалося програмним комплексом автоматично за характеристиками перерізів елементів, включених до розрахункової моделі [5].

Жорсткісні характеристики основи враховують розташування, потужність і фізико-механічні характеристики ґрунтів. Утворення просадочної воронки (рис. 1) з розрахунковими характеристиками в результаті прогнозованого замочування просідаючих ґрунтів з водонесучих інженерних мереж, моделювалося

локальною зміною жорсткісних характеристик КЕ, що моделюють основу. При цьому враховувалося найбільш несприятливе (з можливих за схемою розташування водонесучих комунікацій) розташування зони замочування ґрунтів основи – у торцевій частині будівлі та в її середині [5].

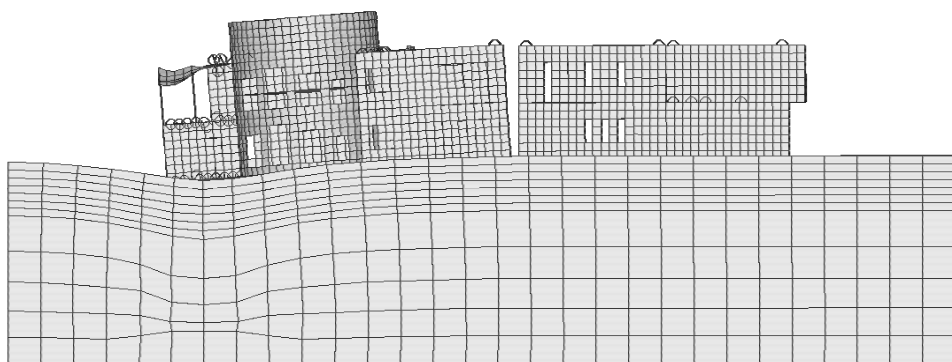
В результаті розрахунку отримана деформована схема системи «будівля - основа» для трьох варіантів: без замочування ґрунтової товщі, з утворенням воронки просідання в торці будівлі та в її середині (рис. 4...5), а також вертикальні переміщення основи та фундаментів по варіантах для кожного із завантажень: постійного, снігового та корисного навантаження, що становлять для моделі без замочування просідаючої товщі – 161 мм, при замочуванні під торцем будівлі – 201 мм, при замочуванні під серединою будівлі – 184 мм.

Завулення 1

z
↑
x

а

Завулення 1

z
↑
x

б

Рис. 4 – Деформована схема будівлі: а – без замочування ґрунтової основи; б – із замочуванням під торцем будівлі

Зарушено 1

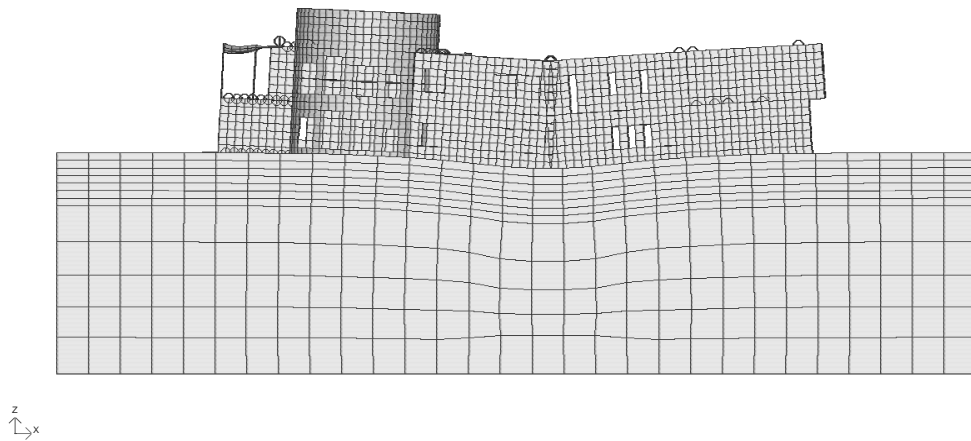


Рис. 5 – Деформована схема будівлі із замочуванням під серединою

За результатами статичного розрахунку визначені розрахункові сполучення зусиль і головні напруження в несучих елементах.

Для визначення головних напружень використаний модуль ЛІТЕРА програмного комплексу ЛІРА-САПР [6]. Обчислення виконувалися за розрахунковими сполученнями зусиль. При цьому використані критерії теорії найбільших головних напружень.

Висновки. Моделювання деформованого стану конструкцій будівель, які отримали просторові переміщення внаслідок нерівномірних осідань ґрунтової основи, дозволяє визначити фактичний напружено-деформований стан конструкцій, а також скласти прогноз зміни при подальшій експлуатації або при реконструкції.

Нерівномірні деформації основи моделюються або вимушеними зміщеннями вузлів контакту будівлі з основою, або зміною фізико-механічних характеристик ґрунтів при моделюванні ґрунтового масиву тривимірними КЕ або спеціальними підсистемами в програмних комплексах підпрограми.

Урахування деформованої схеми всієї будівлі можливе коригуванням координат вузлів розрахункової моделі за результатами обстеження (вручну або за допомогою програмного модуля до програмного комплексу ЛІРА, розробленого Запорізьким відділенням Державного НДІ будівельних конструкцій разом із Запорізькою державною інженерною академією), або процедурою переведення деформацій, отриманих розрахунком в кожному із завантажень, в еквівалентні навантаження, передбаченою у програмному комплексі ЛІРА.

Література

1. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Ч. II: Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах : ДБН В.1.1-5-2000. – [Чинний від 2000-07-01]. – Офіц. вид. – К.: Державний комітет будівництва, ар-

хітектури та житлової політики України : Держбуд України, 2000. – 84 с. – (Нормативний документ Держбуду України).

2. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1-10:2009. – [Чинний від 2009-02-01]. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с. – (Нормативний документ Держбуду України).

3. «Гостиничный комплекс по ул. Семафорной, 8 в г. Запорожье». Отчет об инженерно-геологических изысканиях. – ЗФ «УкрНИИТИЗ» Госстроя Украины. – Запорожье, 2005. – 27 с.

4. Инструкция по проектированию бескаркасных жилых домов, строящихся на просадочных грунтах с применением комплекса мероприятий. РСН 297-78. – Киев, 1978. – 217 с.

5. ЛИРА - САПР 2011. Учебное пособие / [Ю. В. Гензерский, Д. В. Медведенко, О. И. Палиенко, и др.] – К.: Электронное издание, 2011. – 396 с.

6. Нагрузки и воздействия: нормы проектирования: ДБН В.1.2-2:2006. – [Действителен от 2006-01-01]. – Офіц. изд. – К.: Минстрой Украины, 2006. – 78 с. – (Нормативный документ Минстроя Украины).

Аннотация

Рассмотрены особенности моделирования совместной пространственной работы системы «здание-основание» с учетом возможных просадочных деформаций. На примере здания «Гостиничный комплекс по ул. Семафорной, 8 в г. Запорожье» выполнен расчет и анализ полученных результатов. Подтверждена важность учета в расчетных моделях деформированного состояния зданий, которые эксплуатируются в сложных инженерно-геологических условиях, при их расчетах.

Ключевые слова: расчетные модели, напряженно-деформированное состояние, сложные инженерно-геологические условия, деформации грунтовых оснований, деформированное состояние здания

Abstract

Joint modeling of spatial peculiarities of system «foundation-building», taking into account possible subsiding deformation. For example, the building of the hotel complex on the street Semaphornaya, 8 in Zaporozhye is executed the calculation and analysis of the results. Confirmed the importance of accounting in calculation models of the strained state of the buildings, which are used in difficult geological conditions in their calculations.

Keywords: calculation models, stress-strain state, difficult engineering-geological conditions, ground deformation, strain state of the building