

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНДАМЕНТА ЗДАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩЕГО С ГРУНТОМ АНИЗОТРОПНОГО СТРОЕНИЯ У ОСНОВАНИЯ

CALCULATION OF STABILITY OF BUILDING BASEMENT THAT INTERACTS WITH SOILS OF THE ANISOTROPIC STRUCTURE

*A. Baimakhan
A. Aliyeva
A. Rysbayeva
R. Baimakhan*

Annotation

This paper researches trends and rules of formation of the tension concentrations along the perimeter of the basement of the ground floor, which interacts with soils of anisotropic structure. The work suggests calculation mechanical model to account for anisotropy of the ground base for the system defined as "building-basement-ground". The diagrams of normal to perimeter tangential and tangent components of tension are analyzed. We come to a conclusion that when studying the stability of soil base of anisotropic structure in this exercise, we reveal further reserves of bearing capacity of elements of the foundation.

Keywords: anisotropy, primer, foundation, foundation, method.

*Баймахан Айгерим Рысбеккызы
PhD докторант, Казахский национальный
университет им. Аль – Фараби
Алиева Айжамал Мадиевна
К.т.н., ассоциированный профессор,
Актюбинский университет
им. Сактагана Баишева
Рысбаева Айман Калиевна
К.т.н., ассоциированный профессор,
Казахская головная Академия
строительства и архитектуры
Баймахан Рысбек Баймаханулы
Д.т.н., профессор, Казахский
государственный женский
педагогический университет*

Аннотация

В данной статье исследуются закономерности образования концентраций напряжений по периметру фундамента цокольного этажа, взаимодействующего с грунтом сложного анизотропного строения. В работе предложена расчетная механическая модель учета анизотропии оснований грунта для системы "здание-фундамент-грунт". Анализируются эпюры нормальных к периметрам тангенциальных и касательных составляющих напряжений. При таком подходе к вопросу исследования устойчивости грунтового основания анизотропного строения дополнительно выявляются резервы несущей способности частей элементов конструкции фундамента.

Ключевые слова:

Анизотропия, грунт, основание, фундамент, метод.

Несмотря на соблюдение строительных норм и правил при возведении зданий и сооружений, порой они разрушаются и обрушаются, казалось бы без причины. Разрушения могут происходить как с течением времени, так и даже на стадии строительства. Причины их самые разнообразные. Например, разрушения в статическом состоянии связаны с плохими соединениями балок и других элементов конструкции; не до исследованностью грунтовых условия, их прочностных свойств, анизотропии строения, степени влагоемкости, консолидации, влажности связанные с фильтрационными и инфильтрационными процессами и наконец, степени неравномерности деформации грунта основания. Например, весной 2011 года впервые возведенные и еще не заселенные жителями ряд новых домов микрорайона "Бесоба" в городе Караганда начали один за другим на-

креняться и обрушаться за считанные недели (рисунок 1). Решением правительственной комиссии все дома нового микрорайона были снесены, соответственно были понесены огромные экономические потери. В том же году схожая картина имела место в г.Шанхай с 13-этажным домом. Ранее такое массовое обрушение имело место в городе Ниигата Японии (см. рис. 1).

Поэтому исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) сложных грунтовых оснований и закономерности образования в них концентрации напряжений высотных зданий и сооружений, взаимодействующих с фундаментами, всегда остаются особо ответственным вопросом строительства.

С этой целью решен ряд практических задач по определению НДС таких сооружений методом конечных эле-



Рисунок 1. Обрушенные дома:

а- дома города Ниигаты, б-новые дома микрорайона города Караганды, в -рухнувший 13-этажный дом в г. Шанхай.

ментов с учетом анизотропии строения грунта.

На рис. 2 показана расчетная область задачи по определению НДС системы, состоящая из здания, фундаментного основания – цокольного этажа и грунтового основания сложного – горизонтально слоистого строения, с указанием граничных условий. Такое основание на практике встречается практически везде – во всех строительных площадках горных и предгорных территорий, которые образованы в результате длительных геологических процессов.

Решение задачи для выяснения механизма обрушения фундамента от совместного напряженного состояния с грунтами аналитическими методами архисложно, поскольку отсутствует механическая модель. Грунтовое основание горизонтально слоистого строения показанное на рис. 2, моделируем моделью транстропного массива Ж.С. Ержанова, Ш.М. Айталиева, Ж.К. Масанова [1].

Следуя этой работе запишем закон Гука для такой среды в компонентах напряжений $\sigma_x, \sigma_z, \tau_{xz}$ относительно компонентов деформации $\varepsilon_x, \varepsilon_z, \gamma_{xz}$ из трехмерного

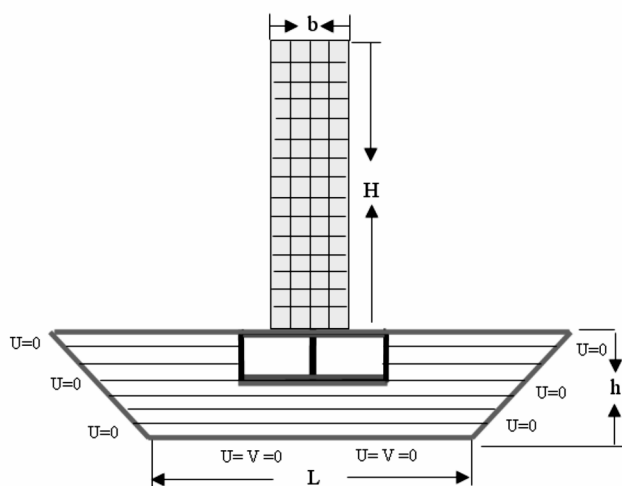


Рисунок 2. Расчетная область системы "Здание - фундамент - анизотропное основание".

случая в плоской задаче для горизонтальной слоистости:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= c_{11}\varepsilon_x + c_{13}\varepsilon_z + c_{15}\gamma_{xz} \\ \sigma_z &= A_{31}\varepsilon_x + A_{33}\varepsilon_z + A_{35}\gamma_{xz} \\ \tau_{xz} &= A_{51}\varepsilon_x + A_{53}\varepsilon_z + A_{55}\gamma_{xz} \end{aligned} \quad (1)$$

который содержит 5 независимых коэффициентов:

$$\begin{aligned} n &= E_1 / E_2, \quad c_0 = (1 + \nu_1)(n(1 - \nu_1) - 2\nu_2^2), \\ c_{11} &= (E_1(n - \nu_2^2)) / c_0, \\ c_{13} &= A_{31} = (E_1(\nu_2^2 + m\nu_1)) / c_0, \\ c_{15} &= A_{51} = (\nu_2 E_1) / (n(1 - \nu_1) - 2\nu_2^2), \\ c_{33} &= ((1 - \nu_1)E_1) / (n(1 - \nu_1) - 2\nu_2^2), \\ c_{55} &= G_2. \end{aligned} \quad (2)$$

Теперь приведем краткий алгоритм решения задачи конечноэлементного моделирования.

Для области рисунка 2 составляем систему уравнений равновесия МКЭ в виде [2]

$$[R] \cdot \{U\} = \{F\} + \{P\}, \quad (6)$$

где $[R]$ – матрица жесткости системы; $\{U\}$ – вектор перемещений; $\{F\}$ – вектор геостатической силы, который действуют в полуплоскости от собственных весов грунтового массива и элементов конструкции цокольного этажа, $\{P\}$ – нагрузка от гравитационного веса зданий. Система уравнений (1) решается любым из численных методов, применяемых в МКЭ, например методом Гаусса–Зейделя. Компоненты деформаций и напряжений последовательно вычисляются с помощью следующих матричных соотношений [1].

$$\{\varepsilon\} = [B]\{U\}, \quad (7)$$

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}, \quad (8)$$

где $\{\varepsilon\}$ и $\{\sigma\}$ – вектора компонента деформаций и напряжений и $[D]$ – матрица упругих характеристик, состоящая из упругих постоянных для массивов изотропного и анизотропного строения, которые вычисляются выражениями (2), (4) и (5)

Для выполнения исследования по разработанным выше алгоритмам выбраны следующие геометрические размеры расчетной области: высота зданий 80м, ширина зданий 12м, высота основания фундамента 15м, высота фундамента 5м, ширина по основанию расчетной области на земной поверхности 40м, ширина оснований 30м и высота расчетной области 15м.

С помощью методик описанных в работе [1], [2], [3]. поперечное сечение системы "здание – фундамент – грунт" (рисунок 1а), были разбиты на 12 324 изопараметрических конечных элементов четырехугольной формы

с общим количеством узловых точек 12 680. Порядок решаемой системы линейных алгебраических уравнений (6): $M=25162$. Заданная точность вычисления: $\text{Eps}=0.000001$.

Физико – механические свойства материалов:

1. Грунтовое основание анизотропного строения –

$$\begin{array}{lll} E_1=0.223 & E_2=0.182 & G_2=0.12 \\ \nu_1=0.383 & \nu_2=0.188 & \gamma=2.2; \end{array}$$

2. Железобетонная стенка здания:

$$E=0.230 \quad \nu=0.30 \quad \gamma=2.3;$$

3. Фундамент – стена цокольного этажа

$$E=25 \quad \nu=0.36 \quad \gamma=2.4;$$

Основная система уравнений (6) – уравнение равновесия МКЭ решена методом Гаусса – Зейделя. Предварительным решением тестовой задачи еще нетронутым сплошном массиве грунта полуплоскости по выполнению условий Гейма и гипотез Динника установлены фактические линейные размеры котлована, показанный на рисунке 2.

По найденным компонентам вектора неизвестных перемещений $\{U\}$ – вычислены компоненты деформаций и напряжений выражениями (7) и (8).

На рисунках 3а и 3б представлены некоторые результаты этих исследований в виде окружающих периметр фундамента нормальных к контуру фундамента и зданий тангенциальных σ_n^θ и касательных напряжений $\tau_{n\theta}$, которые вычислены следующими формулами теории упругости:

$$\begin{aligned} \sigma_{nr} &= \sigma_x \cos^2 \theta + \sigma_z \sin^2 \theta + 2\tau_{xz} \sin \theta \cos \theta, \\ \sigma_{n\theta} &= \sigma_x \sin^2 \theta + \sigma_z \cos^2 \theta + 2\tau_{xz} \sin \theta \cos \theta, \\ \tau_{nr\theta} &= (\sigma_z - \sigma_x) \cos \theta \sin \theta + \tau_{xz} (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta). \end{aligned} \quad (9)$$

Угол θ в этих выражениях является полярным углом между нормалью n к поверхности контуров и абсциссой декартовой системы координат xoz .

На первом из этих рисунков (рис. 3а) показаны эпюры напряжений σ_n^θ по всему периметру зданий и фундамента. Знаки соответствуют сжатию (–) и растяжению (+). Величина этого основного сжимающего напряжения от крыши вниз до основания, растет пропорционально высоте. Из-за гравитационного веса зданий и геостатического сжатия грунтовой толщи, фундамент подвергается сложному напряженному состоянию. В нижних угловых областях цокольного этажа знаки эпюр напряжений меняются от минуса к плюсу, то есть от сжатия к растяжению. При этом наибольшей по величине сжатие испытывают боковые области крайних двух стен и основание

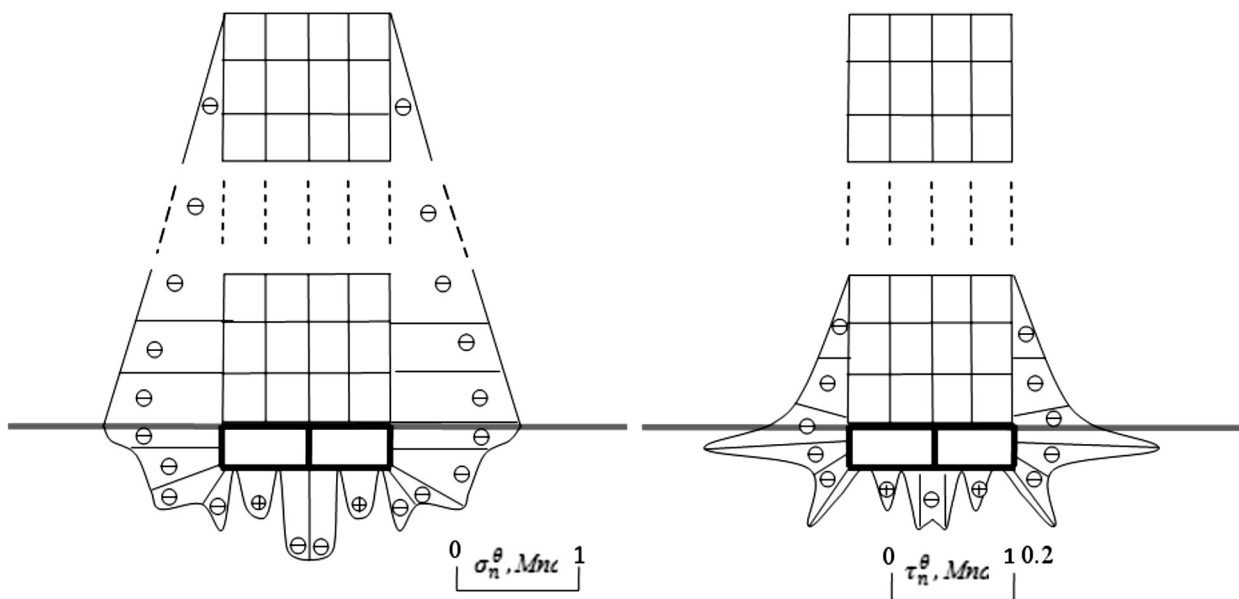


Рисунок 3. Эпюры нормальных тангенциальных напряжений σ_n^θ по периметру зданий и фундамента (а) и нормальных касательных составляющих напряжений $\tau_{n\theta}$ (б), от гравитационного веса здания P, Mna и геостатических сил у основания $\gamma H, Mna$

средней стенки. Полы двух комнат цоколя испытывают направленные вверх растягивающие напряжения со знаком плюс.

Как видно из рисунка 3б, значительно большее растягивающее напряжение испытывают угловые области стенок зданий и цокольного этажа. Такие же отрывные напряжения наблюдаются в углах затупления оснований

фундамента и средней стенки.

Таким образом, полученные в результате исследования, закономерности напряженных состояний оснований фундамента раскрывает несущую способность частей элементов конструкции фундаментного основания. Тем самым, это позволит проектировщикам учесть данные обстоятельства и заранее предпринять меры по усилению частей сегментов основания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баймахан Р.Б. Расчет сейсмонапряженного состояния подземных сооружений в неоднородной толще методом конечных элементов. Монография (Под ред. академика Ш.М. Айталиева. – Алматы, 2002. – С. 232).
2. Баймахан Р.Б., Сейнасинова А.А. Монография. Напряженное состояние слабосвязанного массива в окрестности подземной выработки. МОН Кыргызской Республики. Бишкек 2014. 170с.
3. Рысбаева А.К. Разработка анизотропной модели строения селезащитных грунтовых плотин и обоснование инновационной технологии ее возведения Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Бишкек 2014, 22с.
4. Сейнасинова А. А. Напряженное состояние слабосвязанного массива в окрестности подземной выработки с учетом естественных и искусственных неоднородностей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Алматы 2010, 21с.