

РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЙ ВЫДЕРГИВАЕМЫХ ФУНДАМЕНТОВ ОПОР ВЛ

Козловский В. Е., к. т. н., доцент кафедры «Основания и фундаменты», Петербургский государственный университет путей сообщения
Касаткина А. В., к. т. н., ведущий инженер, ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Рассмотрен вопрос определения деформаций выдергиваемых фундаментов опор ВЛ, произведено сравнение результатов расчетов с данными испытания моделей оснований методами фотограмметрии. Показана возможность переноса результатов испытания моделей на реальное сооружение. Метод расчета реализован в рамках технического сопровождения проекта технологического присоединения ВЛ к энергетическим установкам Курской АЭС. Сделан вывод о применимости метода к расчету взаимного смещения фундаментов опоры и ее крена.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Деформации основания фундаментов опор, согласно п. 7.5 [1], должны ограничиваться предельными значениями относительной разности осадок ΔS отдельных фундаментов или креном всей опоры $\Delta S/L$ (рис. 1).

Для грибовидных фундаментов, воспринимающих усилие выдергивания, под основанием понимается грунт обратной засыпки, расположенный выше верхнего обреза опорной плиты и выходящий на дневную поверхность (рис. 2).

При расчетах осадок сжатых фундаментов, как правило, руководствуются решениями теории упругости для полуплоскости (задача Фламана) и полупространства (задача Буссинеска). При этом полуплоскость и полупространство неограниченно распространяются вниз.

Для выдергиваемых фундаментов необходимо решить задачу о смещениях в направлении «снизу вверх», т. е. к дневной поверхности. Для такого случая классической задачи теории упругости не существует. Поэтому инженерам приходится либо определять смещения фундамента

вверх численно, либо не считать подъем фундамента вовсе, ограничиваясь при вычислении крена опоры только осадкой сжатого фундамента. Предложенный ниже алгоритм позволяет определить смещения фундамента вверх.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ АЛГОРИТМА

Перед поиском алгоритма решения задачи о смещениях выдергиваемого фундамента на кафедре «Основания и фундаменты» ПГУПС были выполнены испытания модели грунтового основания выдергиваемого фундамента методом фотограмметрии. В качестве грунта модели применялся несвязный грунт — отсортированный песок средней крупности.

Условия моделирования для несвязных грунтов, как известно, предполагают, что во сколько раз модель меньше сооружения, во столько раз должны быть меньше нагрузки на модель и во столько раз будут меньше деформации, измеряемые на модели.

Фотофиксация смещения частиц, впервые примененная профессором ПГУПС

В. И. Курдюмовым в XIX веке, позволяет качественно оценить область включающегося в работу грунта над выдергиваемым фундаментом (рис. 3). Количественную оценку деформаций грунта и, как следствие, смещения фундамента дает метод муара на нерегулярном растре, создаваемом естественной структурой дисперсного грунта (рис. 4).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ

Для построения алгоритма решения задачи о фундаменте, испытывающем выдергивание, использована задача о бесконечной линии сил в пространстве (задача Кельвина) [2]. Преимуществом такого подхода является компактность, минимальное количество исходных данных для решения. Задача решается в среде Excel в плоском варианте [3], что дает несколько завышенные смещения, которые идут в запас конструкции по деформациям.

Схема дискретизации области на граничные отрезки при учете симметрии для половины фундамента представлена на рис. 5. Важными являются возможность

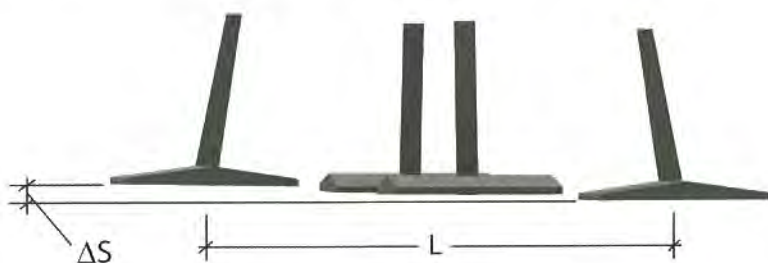


Рис. 1. Схема к определению крена опоры



Рис. 2. Схема к определению основания выдергиваемого фундамента

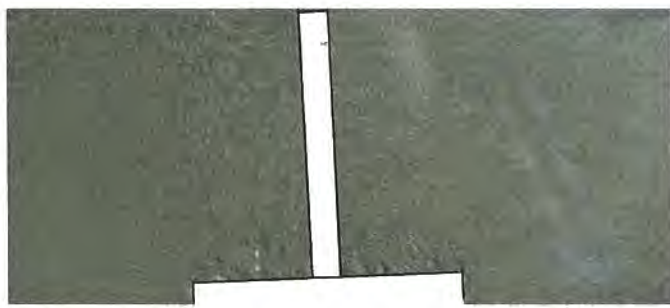


Рис. 3. Фотофиксация смещения частиц над моделью фундамента



Рис. 4. Муаровый эффект над моделью выдергиваемого фундамента

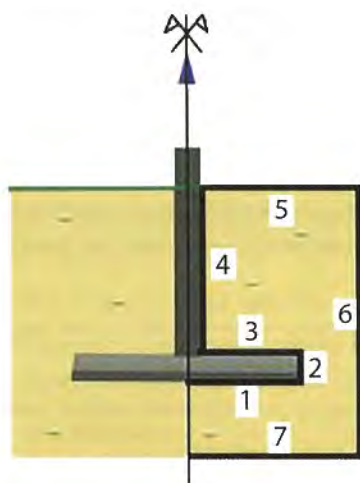


Рис. 5. Разбивка области на граничные отрезки

численного изучения области, ограниченной отрезками 3, 4 и 5, и сравнение с результатами исследования модели методом фотограмметрии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Поскольку задача является краевой, существенную роль играют принятые граничные условия. Так, при задании на верхнем обрезе плиты постоянных по величине давлений будет получена криволинейная эпюра смещений фундамента. При задании в качестве граничных условий постоянства эпюры смещений верха плиты будет получена криволинейная эпюра контактных давлений (рис. 6).

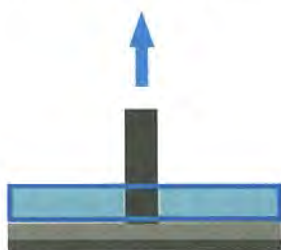
При расчете вертикальных смещений пользуются преимущественно случаем А, умножая полученное смещение в центре плиты на понижающий коэффициент, учитывающий ее жесткость. При ис-

пользовании случая Б задача решается в обратном направлении: подбираются граничные условия на смещения плиты, исходя из известной площади эпюры напряжений на контакте плита/грунт. Результаты расчетов по случаям А и Б (рис. 6) близки.

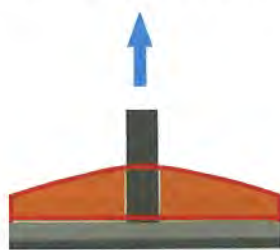
ВЫВОДЫ

Предложенный алгоритм и разработанная на его основе программа расчета в сочетании с фотограмметрическим методом исследования моделей грунтовых оснований позволяют эффективно и с минимальными затратами времени решать вопрос определения вертикальных смещений выдергиваемых фундаментов опор ВЛ. Данный подход был реализован в рамках технического сопровождения проекта технологического присоединения ВЛ к энергетическим установкам Курской АЭС. ■

А. Граничные условия на контактные напряжения



Вертикальные смещения плиты фундамента



Б. Граничные условия на смещения плиты



Контактные напряжения плиты / грунт

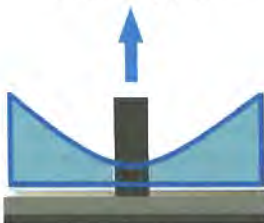


Рис. 6. Влияние граничных условий на получаемые значения смещений и контактных напряжений

Список источников

- СП22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83.
- Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела. М.: Мир, 1987. 328 с.
- Кавказский В. Н., Козловский В. Е. и др. Программа расчета выработки методом граничных элементов. Св-во о гос. рег. RU2020663522, 21.10.2020.