

Лекция 3 – Напряжение в грунтовом массиве

Напряжения в массивах грунтов, служащих основанием, средой или материалом для сооружения, возникают под воздействием внешних нагрузок и собственного веса грунта.

Основные задачи расчета напряжений:

- распределение напряжений по подошве фундаментов и сооружений, а также по поверхности взаимодействия конструкций с массивами грунта, часто называемых *контактными напряжениями*;
- распределение напряжений в массиве грунта от действия *местной нагрузки*, соответствующей контактными напряжениям;
- распределение напряжений в массиве грунта от действия собственного веса, часто называемых *природным давлением*.

3.1. Определение контактных напряжений по подошве сооружения.

При взаимодействии фундаментов и сооружений с грунтами основания на поверхности контакта возникают *контактные напряжения*.

Характер распределения контактных напряжений зависит от жесткости, формы и размеров фундамента или сооружения и от жесткости (податливости) грунтов основания.

Различают три случая, отражающие способность сооружения и основания к совместной деформации:

- абсолютно жесткие сооружения, когда деформируемость сооружения ничтожно мала по сравнению с деформируемостью основания и при определении контактных напряжений сооружение можно рассматривать как недеформируемое;
- абсолютно гибкие сооружения, когда деформируемость сооружения настолько велика, что оно свободно следует за деформациями основания;
- сооружения конечной жесткости, когда деформируемость сооружения соизмерима с деформируемостью основания; в этом случае они деформируются совместно, что вызывает перераспределение контактных напряжений.

Критерием оценки жесткости сооружения может служить показатель гибкости по М. И. Горбунову-Посадову

$$t \approx 10 \frac{El^3}{E_k h^3}, \quad (3.1)$$

где E и E_k - модули деформации грунта основания и материала конструкции; l и h - длина и толщина конструкции.

При определении контактных напряжений важную роль играет выбор расчетной модели основания и метода решения контактной задачи. Наибольшее распространение в инженерной практике получили следующие модели основания:

- модель упругих деформаций;
- модель упругого полупространства.

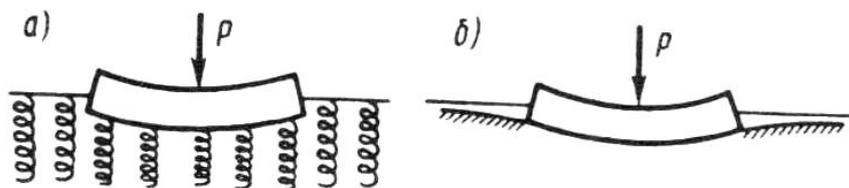


Рисунок 3.1 - Деформации поверхности основания:
 а – по модели местных упругих деформаций;
 б – по модели упругого полупространства

Модель местных упругих деформаций.

Согласно этой модели, реактивное напряжение в каждой точке поверхности контакта прямо пропорционально осадке поверхности основания в той же точке, а осадки поверхности основания за пределами габаритов фундамента отсутствуют (рис. 3.1.а.):

$$p(x) = kw(x), \quad (3.2)$$

где k – коэффициент пропорциональности, часто называемый коэффициентом постели, Па/м.

Модель упругого полупространства.

В этом случае поверхность грунта оседает как в пределах площади загрузки, так и за её пределами, причём кривизна прогиба зависит от механических свойств грунтов и мощности сжимаемой толщи в основании (рис. 3.1.б.):

$$w(x) = \frac{P}{\pi C} \ln(x - \xi) + D, \quad (3.3)$$

где $C = \frac{E}{1-\nu^2}$ – коэффициент жесткости основания, x – координата точки поверхности, в которой определяется осадка; ξ – координата точки приложения силы P ; D – постоянная интегрирования.

Теоретически эпюра контактных напряжений под жестким фундаментом имеет седлообразный вид с бесконечно большими значениями напряжений по краям. Однако вследствие пластических деформаций грунта в действительности контактные напряжения характеризуется более пологой кривой и у края фундамента достигает значений, соответствующих предельной несущей способности грунта (пунктирная кривая на рис. 3.2.а.)

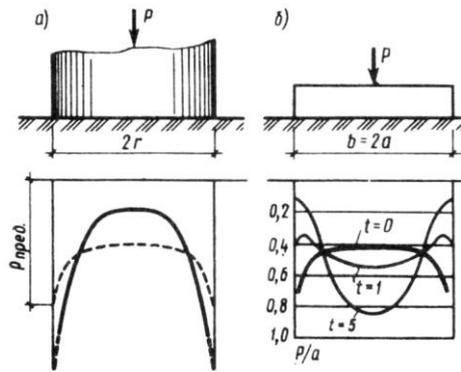


Рисунок 3.2 - Эпюры контактных напряжений:
a – под жестким круглым штампом; *б* – под плоским фундаментом при
 различном показателе гибкости

Изменение показателя гибкости существенно сказывается на изменении характера эпюры контактных напряжений. На рис. 3.2.б. приведены контактные эпюры для случая плоской задачи при изменении показателя гибкости t от 0 (абсолютно жесткий фундамент) до 5.

3.2. Распределение напряжений в грунтовых основаниях от собственного веса грунта.

Вертикальные напряжения от собственного веса грунта на глубине z от поверхности определяются формулой:

$$\sigma_z = \gamma z, \quad (3.4)$$

a эпюра природных напряжений будет иметь вид треугольника (рис. 3.3.а)

При неоднородном напластовании с горизонтальным залеганием слоев эта эпюра будет уже ограничиваться ломаной линией $Oabv$, где наклон каждого отрезка в пределах мощности слоя h_i определяется значением удельного веса грунта этого слоя γ_i (рис. 3.3.б).

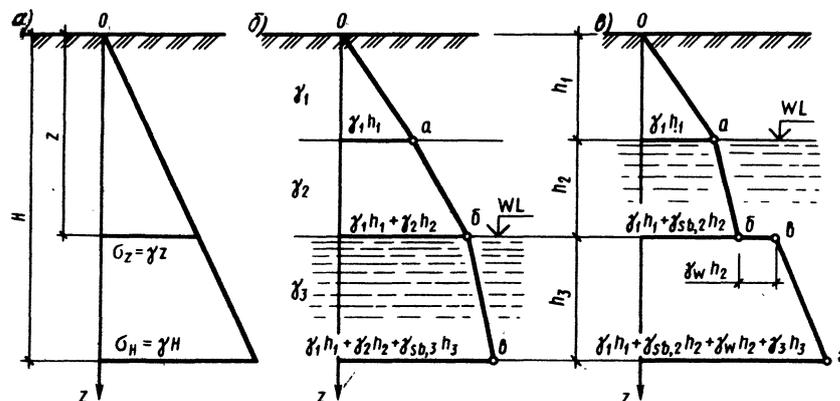


Рисунок 3.3 - Характер распределения напряжений по оси фундамента в зависимости от формы и площади его подошвы

Неоднородность напластования может вызываться не только наличием слоев с разными характеристиками, но и наличием в пределах толщи грунта уровня подземных вод (WL на рис. 3.3.в). В этом случае следует учесть уменьшение удельного веса грунта за счет взвешивающего действия воды на минеральные частицы:

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w)/(1 + e), \quad (3.5)$$

где γ_{sb} - удельный вес грунта во взвешенном состоянии; γ_s - удельный вес частиц грунта; γ_w - удельный вес воды, принимаемый равным 10 кН/м^3 ; e - коэффициент пористости грунта.