

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДКИ ПОКРЫТИЯ ИЗ БЕТОННЫХ БЛОКОВ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ ПРИЛОЖЕНИИ НАГРУЗКИ

Горенко А.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Предложена методика определения осадки бетонного блокового покрытия при действии статической нагрузки с учетом линейных и нелинейных деформаций грунтового основания. При этом учтена зависимость величины модуля деформации грунта основания от интенсивности действующей нагрузки.

Под воздействием вертикальной нагрузки  $P$  от складированных грузов дорожное покрытие территории портов и подстилающее грунтовое основание претерпевают вертикальные смещения, вызываемые как уплотнением, так и сдвигом материала конструктивных слоев покрытия. График зависимости между давлением на блоковое покрытие « $p$ » и его осадкой « $\omega$ » имеет ярко выраженный нелинейный характер.

График осадки загружаемого блока аналогичен хорошо известному графику Н.М. Герсеванова [1], зависимости между давлением штампа на грунт и глубиной его погружения. Между удельным давлением  $p$ , действующим на жесткий штамп и величиной осадки  $\omega$  однородного упругого полупространства существует зависимость [2]

$$\omega = \frac{\Omega \cdot p \cdot \sqrt{F} (1 - \mu_0^2)}{E_0} \quad (1)$$

где:  $\Omega$  – коэффициент, зависящий от формы штампа;

$F$  – площадь штампа;

$\mu_0$ ,  $E_0$  – коэффициент Пуассона и модуль деформации грунта.

Выражение (1) показывает, что осадки однородного упругого полупространства прямо пропорциональны удельному давлению на грунт и корню квадратному из площади приложения нагрузки. Осадка блокового покрытия при второй фазе деформаций, сопряженных с развитием пластических деформаций грунтового основания, может быть оценена с меньшей точностью. В этом случае, по предложению профессора В.Г. Березанцева [3], осадки, соответствующие второй фазе

деформаций, можно определить как сумму осадок, вычисляемых по формуле для линейно-деформируемого полупространства для фаз линейных деформаций и развивающихся сдвигов:

$$\omega = \frac{\Omega\sqrt{F}(1-\mu_0^2)p_{np}}{E_0} + \frac{\Omega\sqrt{F}(1-\mu_c^2)(p-p_{np})}{E_c} \quad (2)$$

где:  $p_{np}$  – давление на грунт, соответствующее пределу пропорциональности;

$E_0$  и  $E_c$  – модули деформации в фазах уплотнения и начала сдвигов;

$\mu_0$  и  $\mu_c$  – соответствующие коэффициенты Пуассона;

$p$  – давление на подошву штампа.

Итак, рассмотрим слой бетонных блоков, уложенных на грунтовое основание (рис.1). Приложим к одному из блоков сосредоточенную нагрузку  $P$ , под действием которой он получит осадку  $\omega$ . По данным исследований [7], блоковое покрытие распределит прикладываемую нагрузку  $P$  на нижележащее грунтовое основание под углом в  $45^\circ$  по площади  $F_1$ . В данном случае

$$F_1 = (2a + 2h_{бл})(b + 2h_{бл})$$

Интенсивность нагрузки, действующей на грунтовое основание, учитывая реакцию слоя блоков  $R_{бл}$ , равна

$$p = \frac{P - R_{бл}}{F_1}$$

Итак, мы приходим к задаче определения осадки прямоугольного штампа площадью  $F_1$  под действием удельного давления  $p$  и боковой пригрузки  $q$ , равной весу рядом расположенных блоков. Искомую осадку можно вычислить по формуле (2). Нагрузка  $p_{np}$ , соответствующая пределу пропорциональности, является «начальной критической нагрузкой на грунт» ( $_{нач}P_{кр}$ ), формула которой впервые была получена Н.П. Пузыревским[4]:

$$P_{np} = {}_{нач}P_{кр} = \frac{\pi(h\gamma + c \cdot ctg\varphi)}{ctg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + h\gamma$$

где:  $\gamma$  – плотность грунта;

$h$  – глубина залегания нагруженной поверхности;

$\varphi$  – угол внутреннего трения грунта;

$c$  – сцепление грунта.

Модуль деформации  $E_0$  определяется по начальному спрямленному участку кривой вдавливания, полученной путем испытания грунта

пробными нагрузками. Значение модуля деформации  $E_c$ , соответствующего фазе начала сдвигов, можно определить из следующих соображений.

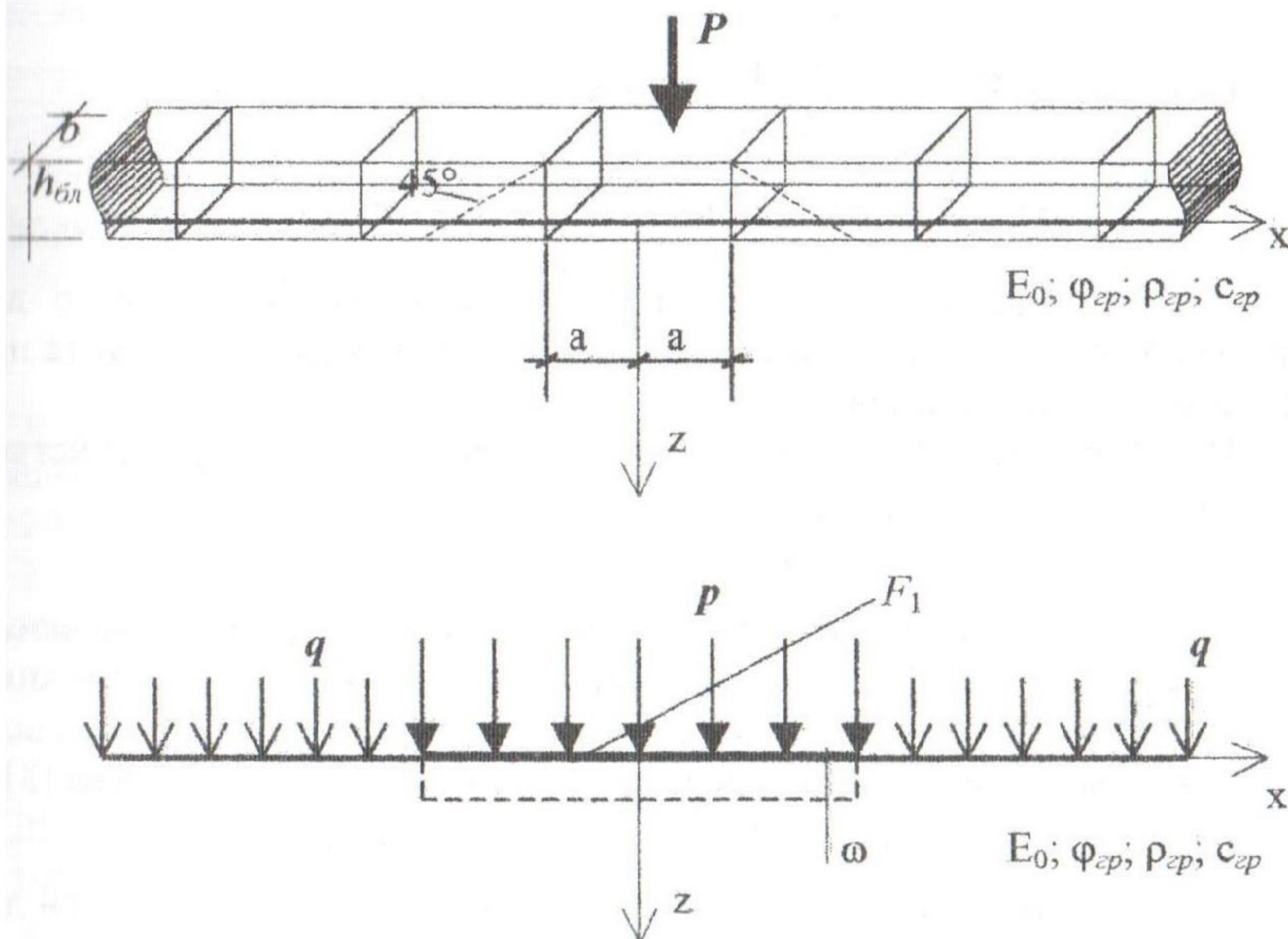


Рис.1. Схема к расчету осадки блокового покрытия при статическом приложении нагрузки

Поскольку грунт не является линейно-деформируемым телом и характер протекающих в нем процессов меняется при росте нагрузки, зависимость между нагрузкой и деформацией выражается кривой линией. Модули деформации, соответствующие различным осадкам штампа, получаются тем меньше, чем больше деформация. Экспериментальная кривая зависимости погружения штампа в грунт от приложенной к нему нагрузки  $p$  имеет вид параболы, которая может быть описана уравнением [5]

$$\omega = A \cdot p^B, \quad (3)$$

где:  $A$  и  $B$  – определяемые из опыта параметры, характеризующие деформируемость грунта.

С другой стороны, осадка  $\omega$  может быть определена по формуле (2). Приравняем значения осадки по формулам (2) и (3) и определим величину модуля деформации:

$$E = \frac{\Omega\sqrt{F}(1-\mu^2)}{A} p^{1-B}$$

Обозначим  $K = \frac{\Omega\sqrt{F}(1-\mu^2)}{A}$ , получим:

$$E = \frac{K}{p^{B-1}} \quad (4)$$

где:  $K$  – коэффициент, объединяющий величины, постоянные для каждого конкретного случая и равный модулю деформации грунта при действии единичной нагрузки.

По формуле (4) можно определить значение  $E_c$  при действии соответствующей нагрузки

$$p_c = 0,5(p_{np} + p_{крит}),$$

где:  $p_{крит}$  – предельная критическая нагрузка для грунтового основания.

Предельная нагрузка  $p_{крит}$ , соответствующая полному исчерпанию несущей способности грунта и сплошному развитию зон предельного равновесия, может быть определена по формуле В.Г. Березанцева [3]:

$$p_{крит} = N_{\gamma n} \cdot b_1 \cdot \gamma + N_{qn} \cdot q + N_{cn} \cdot c$$

где:  $N_{\gamma n}$ ,  $N_{qn}$ ,  $N_{cn}$  – значения коэффициентов несущей способности для плоской задачи;

$b_1$  – полуширина площади нагрузки.

Значение модуля деформации, соответствующее фазе начала сдвигов будет равно:

$$E_c = E_0 \left( \frac{p_{np}}{p_c} \right)^{B-1}$$

Подставив полученное значение  $E_c$  в формулу (2) после преобразования получим:

$$\omega = \frac{\Omega\sqrt{F} \cdot (1-\mu_0^2)}{E_0} \left[ p_{np} + (p - p_{np}) \left( \frac{p_c}{p_{np}} \right)^{B-1} \right]$$

По данной формуле можно определить осадку загружаемого блока при однократном приложении статической нагрузки, учитывая что

$F = F_1$ , а  $p$  – интенсивность нагрузки ( $p > p_{np}$ ), передаваемой через слой бетонных блоков на подстилающее грунтовое основание.

При повторных приложениях нагрузки по данным исследований [6] нарастание суммарной деформации находится в логарифмической зависимости от числа приложений нагрузки. Эмпирическое уравнение этой зависимости имеет вид:

$$\omega_N = \omega + \beta \cdot \lg N$$

где:  $\omega_N$  – деформация после  $N$ -го приложения нагрузки;  
 $\beta$  – коэффициент интенсивности накопления необратимой деформации.

### Литература

1. Герсеванов Н.М., Польшин Д.Е. Теоретические основы механики грунтов и ее практические применения. Госстройиздат, 1948. – с.247.
2. Бабков В.Ф., Безрук В.М. Основы грунтоведения и механики грунтов. – М.:Высшая школа, 1986. – с.239.
3. Березанцев В.Г. Расчет прочности оснований сооружений. Госстройиздат, 1960. – с.138.
4. Пузыревский Н.П. Расчеты фундаментов. Литограф.изд.1923г, сб.ЛИИПС «Теория напряженности земляных грунтов», вып.ХСІХ, Л.,1929. – с.5-70.
5. Цытович Н.А. Механика грунтов. М. Высшая школа, 1983. – с.288.
6. Иванов Н.Н., Защепин А.Н., Корсунский М.Б. и др. Проектирование дорожных одежд. – М.:Автотрансиздат, 1955. – с.16-27, 32-44.
7. Gray D.C. Concrete block paving – a review of present design guidance in Britain. //The Dock and Harbour Authority, 1986, 66 №778, 296-300.