

С. Е. Баршай, В. Ф. Нестеренок

ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ НИВЕЛИРНЫХ РЕПЕРОВ

При организации точных геодезических измерений деформативности элементов лесовозных дорог, измерений микропрофиля покрытия, осадки дорожных сооружений и т.п., особые требования предъявляются к устойчивости знаков высотной геодезической сети. Как известно [1], на устойчивость грунтовых реперов влияют плотность контакта подошвы якоря с грунтом, изменения температуры грунтовых масс и самого репера и изменения влажности грунта.

Натурные исследования действия перечисленных факторов производились на семи грунтовых реперах, выполненных в виде стальной трубы диаметром 32 мм с бетонным якорем прямоугольной формы размерами 45 x 45 x 20 см. Знаки заложены в мелкопесчаном грунте на глубине 2,00 м. Измерения температуры грунта и знаков производились на различных глубинах с помощью медь-константовых термпар с точностью около 0,2—0,3 град. Измерения послойных колебаний влажности грунта производились по изменению электрического сопротивления угольных датчиков.

В лабораторных условиях были определены коэффициенты температурной деформации образцов песчаного грунта ($\alpha = 0,9 \cdot 10^{-5} \pm 0,07 \cdot 10^{-5}$ для вероятности оценки $P=0,9545$) и образцов супеси ($\alpha = 0,85 \cdot 10^{-5} \pm 0,07 \cdot 10^{-5}$ для $P=0,9545$), залегающей на глубине до 1,8 м. Получены и коэффициенты β влажностной деформации, рассчитанные на один процент изменения относительной весовой влажности W . Так, для тех же образцов песка установлено, что его влажностные деформации существенны только при изменениях относительной влажности в пределах $0 \leq W \leq 3\%$. Для образцов супеси найдено среднее значение $\beta = 12 \cdot 10^{-5}$ (при $0 \leq W \leq 24\%$).

Таблица 1

Результаты измерений осадки, мм

Дата и условия осадки	Сборные реперы				Бетонированные в яме		
	1	2	3	4	5	6	7
2.06.70	1,50	2,95	3,30	2,30	1,15	0,85	0,70
После засыпки ямы							
3.06.70	2,05	3,22	3,75	2,72	1,30	1,05	0,85
30.06.70	2,66	4,14	4,85	3,54	1,69	1,36	1,10
После увлажнения талой водой							
18.05.71	4,40	4,78	6,40	5,85	2,61	2,05	2,50
14.11.72	4,40	4,78	6,58	5,95	2,61	2,08	2,50

С целью изучения влияния плотности контакта якоря с грунтом на устойчивость репера четыре знака были заложены в готовом виде, а якоря трех знаков были забетонированы на дне ямы.

В табл. 1 приведены результаты измерений осадки этих знаков. Как оказалось, конечная осадка реперов, бетонированных в яме, в среднем в 2,2 раза меньше осадки знаков, изготовленных заранее. Для уменьшения величины и времени затухания высотных смещений грунтовых реперов следует рекомендовать трамбование дна ямы, подливку под якорь подвижного цементно-песчаного раствора и засыпку ямы с одновременной ее заливкой водой. Эти меры, как показали дополнительные эксперименты, способствуют стабилизации высотного положения репера, заложенного в песчаном грунте, в течение 2—3 недель.

При выполнении точных геодезических измерений может возникнуть необходимость вычисления поправок в отметку репера за счет изменений его температуры и температуры грунта. Если глубина закладки знака составляет 1,5—2 м, то температурная поправка зависит не только от собственных температурных деформаций знака, но и (что не учитывается в геодезической литературе) от температурной деформации некоторого подъякорного слоя грунта, заключенного между подошвой репера и зоной постоянных температур.

В общем виде температурное изменение высоты верхней точки репера можно представить выражением

$$\Delta H = \alpha_p \int_{x_1}^{x_2} t_1(x) dx + \alpha_r \int_0^{x_2} t_2(x) dx + \alpha_r \int_0^x t_2(x) dx, \quad (1)$$

где α_p и α_r — коэффициенты температурной деформации соответственно материала репера и грунта; $t_1(x)$ и $t_2(x)$ — соответственно функции распределения температуры репера и подъякорного слоя грунта; $x_2 = l$ — глубина закладки репера.

По данным наших экспериментов, распределение температуры по высоте грунтового репера со стальной трубой выравнивается через 1—2 суток после резкого перепада температуры воздуха и в большей части случаев с незначительными погрешностями может быть приведено к линейной функции вида

$$t_1(x) = \Delta t_{cp} = \frac{x}{h} (t_B - t_H), \quad (2)$$

где Δt_{cp} — изменение средней температуры реперной трубы; $t_B - t_H$ — разность температуры верха и низа репера; h — высота репера.

Согласно [2], периодические изменения температуры воздушной среды над поверхностью земли можно аппроксимировать обобщенной синусоидальной функцией. Тогда распределение температуры в одностороннем массиве грунта бесконечной толщины можно выразить известной формулой

$$t_2(x) = t_0 \cos \left(2\pi \frac{\tau}{z} - \sqrt{\frac{\pi}{\alpha z}} x \right) \exp \left(-\sqrt{\frac{\pi}{\alpha z}} x \right), \quad (3)$$

где τ — время действия тепловой волны; $z = \frac{2\pi}{\omega}$ — продолжительность в часах полного периода тепловой волны; α — коэффициент теплопроводности грунта; t_0 — действующий перепад температуры на поверхности массива.

В частном случае для максимального (амплитудного) значения функции (3) при $\cos(\tau, z, \alpha, x) = 1$ находим

$$t_2(x) = t_0 \exp \left(-x \sqrt{\frac{\pi}{\alpha z}} \right). \quad (4)$$

Обозначим

$$b = \sqrt{\frac{\pi}{\alpha z}}. \quad (5)$$

Температурная деформация подъякорного слоя грунта в направлении оси x определяется с учетом выражений (4) и (5) формулой

$$\Delta H_r = \alpha_r t_0 \int_0^H e^{-b \frac{x}{h}} dx - \alpha_r t_{2,0} \int_0^h e^{-b \frac{x}{h}} dx, \quad (6)$$

где h — высота репера (глубина его заложения); H — глубина слоя заметных колебаний температуры.

Интегрируя формулу (6), получим

$$\Delta H_r = \frac{H}{\alpha} \alpha_r t_0 (1 - e^{-b}) - \frac{H}{\alpha} \alpha_r t_{2,0} (1 - e^{-b \frac{h}{H}})$$

или при $t_0 \approx t_{2,0}$

$$\Delta H_r \approx \frac{H}{\alpha} \alpha_r t_0 (e^{-b \frac{h}{H}} - e^{-b}). \quad (7)$$

Полная температурная поправка ΔH , вычисляемая по формуле (1), может быть представлена в данном случае следующим выражением:

$$\Delta H = \frac{1}{2} \alpha_p (t_b - t_n) h + \frac{H}{\alpha} \alpha_r t_0 (e^{-b \frac{h}{H}} - e^{-b}). \quad (8)$$

Экспериментально измеренные величины ΔH хорошо согласуются с расчетными по формуле (8) и составляют 0,8—1,2 мм. Такие поправки не пренебрегаемы во многих случаях высокоточных измерений.

Влажностные смещения репера $\Delta H_{вл}$, как установлено в 3, могут иметь место преимущественно в глинистых грунтах и достигать нескольких сантиметров. Ввиду неопределенности действия множества факторов расчет смещений $\Delta H_{вл}$ может быть выполнен лишь приближенно по формуле, аналогичной выражению (7)

$$\Delta H_{вл} = \frac{H}{\eta} W_0 (e^{-\eta \frac{h}{H}} - e^{-\eta}), \quad (9)$$

где η — коэффициент, зависящий от физико-механических свойств грунта.

Значения η следует определять экспериментально для различных видов грунта.

Л и т е р а т у р а

1. Успенский М.С. Условия устойчивости геодезических центров и реперов. М., 1955.
2. Шорин С.Н. Теплопередача. М.—Л., 1947.
3. Сорочан Е.А., Дьяконов В.П. Расчет перемещений набухающего грунта при изменении воднотеплового режима на его поверхности.— Основания, фундаменты и механика грунтов, 1972, № 5.