

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСАДКИ ПРИ ОТТАИВАНИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЗАПОЛЯРЬЯ)

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF DETERMINING THE PRECIPITATION DURING THAWING OF PERMAFROST (BY THE EXAMPLE OF ARCTIC)

ЯДЗИНСКАЯ М.Р., ГАЛИАХМЕТОВА А.В., СОЛОВЬЕВА И.В.
ООО НИПППД «Недра», solovyva@nedra.perm.ru

YADZINSKAYA M.R., GALIAKHMETOVA A.V., SOLOVIEVA I.V.
NIPPPD «NEDRA» Ltd., solovyva@nedra.perm.ru

Ключевые слова:

многолетнемерзлые грунты, осадка при оттаивании, расчет относительной осадки, коэффициент сжимаемости, слоистая криогенная текстура, уплотняющее давление.

Key words:

permafrost, thawing, frozen soils, settlement, settlement analysis, compressibility index, thawing index, consolidation, clay soils, compacting pressure, stratified cryogenic texture.

Аннотация

В статье приводится сравнительный анализ методов определения осадки при оттаивании (компрессионный и расчетный). Данные взяты по нескольким объектам, расположенным за Полярным кругом.

Abstract

The article deals with the comparative analysis of settlement measuring methods before thawing (compressive and computative methods). The data are taken from different projects located behind Arctic Circle.

Од относительным сжатием многолетнемерзлых грунтов (ММГ) при его оттаивании понижают осадку, отнесенную к слою грунта единичной толщины, обусловленную таянием ледяных включений и уплотнением оттаивающего грунта при воздействии сжимающей нагрузки [2].

Осадку при оттаивании мерзлых грунтов очень важный показатель, который необходим при расчетах оснований и фундаментов по второму предельному состоянию (по деформациям). Особенно это необходимо, если рекомендуется вести строительство с оттаиванием многолетнемерзлых грунтов в основании сооружений (по II второму принципу). Поэтому на практике очень важно найти наиболее надежный и менее затратный способ определения осадки.

Для расчета величины относительного сжатия вечномерзлого грунта необходимо иметь такие показатели как коэффициент оттаивания A_{th} и коэффициент сжимаемости или уплотнения оттаивающего грунта m_i .

Коэффициенты A_{th} и m_i , характеризующие сжимаемость оттаивающего грунта, могут быть определены горячими штампами в полевых условиях согласно ГОСТ [3] или методом компрессионных испытаний в лабораторных условиях согласно ГОСТ [4].

Допускается определять осадку при оттаивании расчетным методом. Расчет относительной осадки оттаивающих грунтов ведется согласно п.п. 4.22.1–4.22.4 [1].

Для анализа использовались данные по разным объектам, расположенным за Полярным кругом. Были выбраны 12 проб глинистого состава со слоистой криогенной текстурой (рис. 1).

Относительная осадка получена двумя способами: 1) по показателям, полученным в результате компрессионных испытаний (относительная осадка рассчитана при уплотняющем давлении 1,5 кгс/см², по формуле Б.2 [2]):

$$\delta_i = A_{th} + m_i \sigma_i$$

где A_{th} и m_i — получены опытным путем в лаборатории; σ_i — давление в кг/см²);

Таблица

Расчет осадки при оттаивании многолетнемерзлых грунтов

| № п/п | Наименование и № выработки | Глубина отбора проб, м | Наименование грунта | Суммарная влажность многолетнемерзлого грунта, W _{сум} , д.с. | Влажность многолетнемерзлого грунта между включениями льда, W _м , д.с. | Влажность многолетнемерзлого грунта за счет сошедшей и не сошедшей воды, W _в , д.с. | Плотность сухого грунта, ρ _с , г/см ³ | Плотность влажного грунта, ρ _д , г/см ³ | Вязкость на границе раскисания, W _р , д.с. | Число пластичности, I _p , д.с. | Коэффициент оттаивания Ah, Mpa | Коэффициент сжимаемости m, Mpa ⁻¹ | Коэффициент ka при устоявшемся давлении 1,5 кг/см ² , табл.26 [1] | Относительное сжатие мерзлого грунта по лабораторным испытаниям, формула Б.2 [2] | Приблизженное значение относительного сжатия мерзлого грунта по физическим характеристикам, формула 150 [1] | Относительное сжатие мерзлого грунта по физическим характеристикам, формула 149 [1] |
|-------|----------------------------|------------------------|---|--|---|--|---|---|---|---|--------------------------------|--|--|--|---|---|
| 1 | скв.508 | 2,0 | Супесь слабозлыстовая | 0,133 | 0,107 | 0,036 | 1,84 | 2,66 | 0,097 | 0,043 | 0,048 | 0,110 | 1,2 | 0,050 | 0,070 | 0,037 |
| 2 | скв.509 | 12,0 | Суглинок слабозлыстовый | 0,186 | 0,155 | 0,075 | 1,74 | 2,70 | 0,135 | 0,078 | 0,056 | 0,175 | 1,0 | 0,059 | 0,074 | -0,014 |
| 3 | скв.510 | 4,0 | Суглинок сыльнозлыстовый, с прим. орг-х веществ | 0,631 | 0,224 | 0,112 | 0,88 | 2,54 | 0,204 | 0,120 | 0,307 | 0,288 | 0,9 | 0,311 | 0,448 | 0,379 |
| 4 | скв.511 | 3,0 | Суглинок злыстовый слабозлыстовый | 0,635 | 0,357 | 0,188 | 0,86 | 2,44 | 0,342 | 0,107 | 0,054 | 0,383 | 0,9 | 0,060 | 0,309 | 0,271 |
| 5 | скв.521 | 3,2 | Суглинок злыстовый, с прим. орг-х веществ | 0,556 | 0,206 | 0,107 | 0,87 | 2,72 | 0,209 | 0,105 | 0,437 | 0,120 | 0,9 | 0,439 | 0,428 | 0,416 |
| 6 | скв.522 | 5,7 | Суглинок слабозлыстовый, слабозлыстовый | 0,400 | 0,300 | 0,154 | 1,26 | 2,73 | 0,230 | 0,150 | 0,017 | 0,140 | 0,8 | 0,019 | 0,162 | 0,098 |
| 7 | скв.538 | 3,5 | Суглинок слабозлыстовый, слабозлыстовый | 0,325 | 0,313 | 0,166 | 0,96 | 2,72 | 0,313 | 0,110 | 0,663 | 0,070 | 0,9 | 0,664 | 0,040 | 0,251 |
| 8 | скв.1027 | 2,0 | Супесь злыстовая | 0,216 | 0,086 | 0,048 | 1,45 | 2,70 | 0,139 | 0,062 | 0,234 | 0,060 | 1,1 | 0,235 | 0,250 | 0,079 |
| 9 | скв.1038 | 3,0 | Суглинок злыстовый | 0,636 | 0,261 | 0,149 | 0,83 | 2,72 | 0,261 | 0,126 | 0,402 | 0,174 | 0,9 | 0,405 | 0,424 | 0,384 |
| 10 | скв.2000 | 7,1 | Глина злыстовая, с прим. орг-х веществ | 0,500 | 0,215 | 0,183 | 1,05 | 2,74 | 0,215 | 0,179 | 0,184 | 0,182 | 0,7 | 0,187 | 0,366 | 0,260 |
| 11 | скв.2003 | 6,1 | Суглинок злыстовый | 0,466 | 0,298 | 0,170 | 1,19 | 2,71 | 0,298 | 0,085 | 0,098 | 0,105 | 0,9 | 0,100 | 0,236 | 0,115 |
| 12 | скв.2014 | 9,1 | Суглинок слабозлыстовый | 0,415 | 0,352 | 0,144 | 1,15 | 2,69 | 0,197 | 0,158 | 0,202 | 0,092 | 0,8 | 0,203 | 0,115 | 0,200 |

2) с помощью расчетного метода по простейшим физическим характеристикам, приведенного в руководстве в п.п. 4.22.1–4.22.4 [1].

Для приближенной оценки относительного сжатия мерзлых грунтов слоисто-сетчатой текстуры при их оттаивании использована формула 150 [1]:

$$\delta_i = \frac{1,1W_c - W_k - 0,1W_H}{\frac{\gamma_w}{\gamma_s} + W_c}$$

где W_c — суммарная влажность мерзлого грунта; W_H — влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды; W_k — конечная влажность оттаявшего и уплотненного грунта; при отсутствии таких данных можно принять $W_k = W_p$ (W_p — влажность на границе раскатывания) или $W_k = W_r$ (W_r — влажность мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями); γ_w — удельный вес воды, г/см³, принимаемый 1 г/см³; γ_s — удельный вес минеральных частиц, г/см³

Для уточнения относительной осадки глинистых грунтов использована формула 149 [1]:

$$\delta_i = 1 - \gamma_{ск.м.} \left[\frac{1}{\gamma_s} + \frac{1}{\gamma_w} (W_p + r_D J_p) \right]$$

где $\gamma_{ск.м.}$ — плотность сухого грунта, г/см³; γ_s — плотность частиц грунта, г/см³; γ_w — плотность воды, принимаемый равным 1 г/см³; W_p — влажность грунта на границе раскатывания; J_p — число пластичности грунта; r_D — коэффициент, принимаемый по таблице Б.1 руководства [1], в зависимости от давления, действующего в рассматриваемом i -том слое. Для чистоты эксперимента коэффициент r_D был взят при том же уплотняющем давлении — 1,5 кгс/см².

Полученные данные приведены в таблице 1.

Анализ данных показывает, что по расчетному методу получились значения, отличающиеся от показате-

телей, полученных по результатам компрессионных испытаний. По пробам, отобранным в скважинах № 538, 1027, осадка при оттаивании, полученная расчетным методом, сильно занижена (в 2,5–3,0 раза), а в одной из проб (скв. 509, гл. 12,0 м) вообще составила отрицательное значение. Такие результаты могут привести к неправильному проектному решению. В 9 пробах из 12 значения относительной осадки, полученные расчетным методом, оказались близкими к опытными, либо немного завышенными. На основании этого можно сделать вывод, что в настоящее время предпочтительным остается метод компрессионных испытаний, а расчетный метод применим в исключительных случаях.

Список литературы

1. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах / НИИ оснований и подзем. сооружений им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР. — М.: Стройиздат, 1980. — 303.
2. РД-91.020.00-КТН-173-10. Инженерные изыскания для строительства магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов.
3. ГОСТ 20276-99. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.
4. ГОСТ 12248-96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
5. «Трубопроводная система Заполярье — НПС «Пур-Пе» 1 этап. Участок НПС №3 — НПС «Пур-Пе»: отчет о комплексных инженерных изысканиях / ООО НИПППД «Недра» — Пермь, 2011.
6. «Обустройство Нядейюского месторождения. Нефте-сборный трубопровод от ДНС Нядейю до кустов №1,2,3,4 и скважин №3,7,13» (2003г). Отчет о результатах комплексных инженерных изысканиях / ООО «Печерская инженерно-геологическая экспедиция».



Рис. 1. Криогенная текстура мерзлого грунта