

Ж.А. Шахмов, А.С. Тулебекова, Р.К. Базилов

Влияние сезоннопромерзающих грунтов на основание фундаментов

(*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан*)

Исследование влияния морозного основания на работу фундаментов является важной темой, в частности в городе Астане. Фундаменты и подземные конструкции сооружений, расположенные в слое сезонного промерзания грунтов, подвергаются воздействию деформаций и сил морозного пучения, а при последующем оттаивании основания испытывают влияние деформации обратного знака - осадок, обусловленных оттаиванием при существенном снижении прочности грунтов.

1 Введение

Исследование влияния морозного основания на работу фундаментов является важной темой, в частности в городе Астане. Фундаменты и подземные конструкции сооружений, расположенные в слое сезонного промерзания грунтов, подвергаются воздействию деформаций и сил морозного пучения, а при последующем оттаивании основания испытывают влияние деформации обратного знака - осадок, обусловленных оттаиванием при существенном снижении прочности грунтов.

2. Основная часть

Традиционный способ устройства фундаментов, когда их подошва закладывается ниже глубины промерзания грунта, во многих случаях не гарантирует устойчивости малоэтажных зданий, при воздействии касательных сил морозного пучения. Определение показателей, характеризующих степень морозостойкости грунтов по результатам испытаний, практически невозможно вследствие малого временного периода для организации и проведения трудоемких, дорогостоящих и сложных исследований, при выполнении которых необходимы специальное оборудование и квалифицированные специалисты-мерзлотоведы. По данным проведенного исследования, работ Б.И. Далматова фундаментов заглубленных и заложённых на песчаной подушке имело место уменьшение влияния выпучивания.

Результаты полевых экспериментов сделанных многими учеными в области мерзлотоведения свидетельствуют о том, что во всех случаях передачи давления на промерзающее основание (незаглубленный фундамент, заглубленный и передающий нагрузку через песчаную подушку) напряженное состояние основания влияет на величину морозного пучения грунта. С увеличением давления на основание интенсивность пучения уменьшается. Схему взаимодействия минеральных частиц со льдом мы можем увидеть по рис. 1.

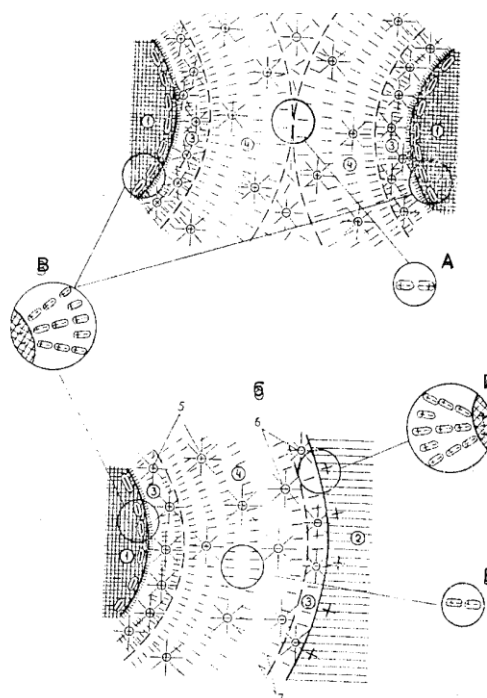


Рисунок 1

Промерзание влажных дисперсных грунтов, как отмечалось выше, сопровождается сложными физико-механическими и физико-химическими процессами. Происходит резкое нарушение сложившегося термодинамически равновесного состояния системы, что проявляется в динамическом сосуществовании мерзлой, промерзающей и талой зон и в возникновении подвижной границы раздела фазы между ними - фронта промерзания. Влагоперенос в промерзающих и оттаивающих грунтах являлся предметом многих исследований. Однако общепринятых представлений о механизме и закономерностях развития этого процесса пока не выработано. Исследования многих отечественных и зарубежных ученых показывают, что основным результатом криогенных процессов, влияющим на строительные свойства сезоннопромерзающих грунтов, является перераспределение в них влажности вследствие миграции воды и льдовыделения. Проблема миграции влаги имеет большое значение как в теоретическом, так и в практическом отношении. Следует однако подчеркнуть, что вследствие чрезвычайной сложности процесса миграции влаги и влияния на этот процесс различных факторов физика этого явления в настоящее время еще недостаточно изучена.

Из анализа основных гипотез миграции влаги следует, что рассматриваемый процесс является весьма сложным природным явлением, интегральная оценка развития которого в общем виде еще не разработана. Для разработки прогноза миграции влаги и морозного пучения грунтов в настоящее время широко используются физико-математические методы, основой которых является аппарат термодинамики необратимых процессов. Ценность термодинамического перехода состоит в возможности интегральной оценки влияния различных факторов на криогенные процессы в промерзающих грунтах и воздействие последних на инженерные сооружения. Развитие методов физико-математического прогноза предполагает одновременно и необходимость оценки их адекватности по результатам других методов: экспериментальных, статических, моделирования и др.

На основании анализа гипотез миграции влаги и чисто экспериментально установленных фактов, ее определяющих и обуславливающих протекание во времени, Н.А. Цытович в 1952 г. сформулировал общий принцип криогенной миграции: "Миграция воды в промерзающих влажных грунтах есть процесс переноса влаги, постоянно возникающий при всяком нарушении равновесного состояния фаз грунта в результате влияния градиентов температуры,

влажности, давления, поверхностной энергии частиц грунта и кристаллов льда, подвижности молекул в водяных пленках и др."

Исходя из термодинамических представлений причиной миграции влаги в дисперсных грунтах является неравновесие состояния системы "грунт-влага", вызванное изменением во времени и пространстве термодинамических параметров (температуры, давления, концентрации ионов, влажности, электрического, магнитного, и гравитационного потенциалов и др.). Общие понятия о термодинамическом потенциале грунтовой влаги и частных потенциалах рассмотрены ранее. Перемещение влаги (миграция) под действием градиентов потенциалов применительно к геокриологическим задачам представляет интерес при решении ряда задач в области инженерной геокриологии и других областях.

Миграция воды в дисперсных грунтах может осуществляться в капиллярном (капиллярная вода) и пленочном (слабосвязанная вода) видах. При этом перемещение капиллярной влаги осуществляется в основном молярным (объемным) путем за счет менисковых сил (поверхностного натяжения, Лапласовых). Связанная вода перемещается по пленкам влаги, окружающей минеральные частицы. В мерзлых грунтах преобладает, как правило, пленочный характер миграции влаги. В том случае, когда доля пленочного влагопереноса оказывается сопоставимой с долей капиллярного, происходящего по микропорам, говорят о смешанном капиллярно-пленочном механизме переноса влаги. Пароперенос в дисперсных талых грунтах возможен при малой влажности ($w < w_p$) и практически не происходит в мерзлых грунтах, т.к. ультрапоры оказываются заполнены связанной (незамерзшей) водой.

Промерзание дисперсного грунта вызывает нарушение термодинамического равновесия многофазной системы, образование мерзлой, промерзающей и талой зон с возникновением подвижной границы раздела фаз между ними (фронта промерзания). Образование мерзлой зоны и существование в ней значительного градиента температур приводит к возникновению существенных по величине градиентов влаги, что и вызывает передвижение жидкой влаги в направлении от большего потенциала влаги к меньшему (из области более высоких отрицательных температур в область более низких). Неразрывность потока влаги в системе мерзлый - промерзающий - талый грунт и дефицит влаги в высокотемпературной части мерзлой зоны приведут к подтягиванию ее из талой зоны, где влага является менее связанной и более подвижной, чем в мерзлой зоне.

Этот процесс вызовет формирование градиента термодинамического потенциала в талой зоне промерзающего грунта (одновременно и градиента объемной влажности), что обеспечит поступление в мерзлую зону необходимого количества влаги. Талая зона промерзающего грунта, являясь резервуаром и источником влаги для увеличения влажности мерзлой зоны, обезвоживается (иссушается) в процессе промерзания фунта. Эксперименты показывают, что зарождение и рост прослоев льда происходит в мерзлой зоне фунта (а не на самой фанице промерзания). При замедлении скорости перемещения фронта промерзания происходит сокращение толщины зоны интенсивных фазовых превращений, и фаница сефегационного льдовыделения приближается к фронту промерзания, иногда сливаясь с ним. При этом толщина прослоек льда увеличивается (рис. 2).

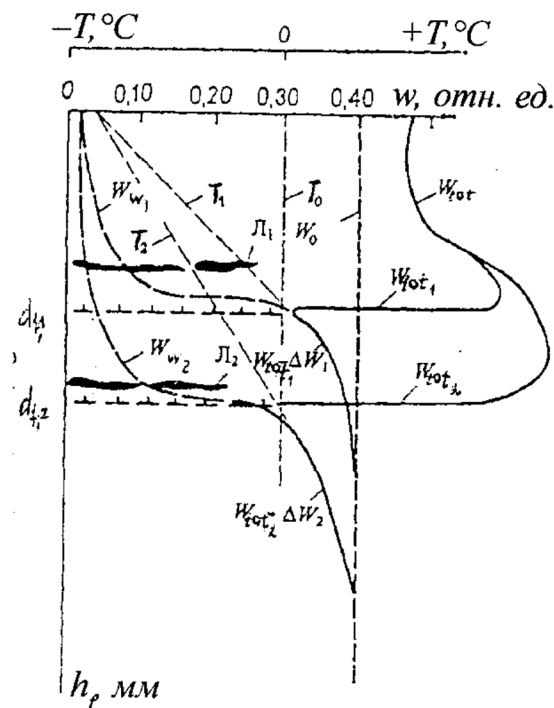


Рисунок 2

Процессы миграции и льдонакопления в промерзающих грунтах зависят главным образом как от состава и состояния грунтов, так и от условий их промерзания. В песках крупных и средней крупности миграция влаги практически отсутствует. При полном их водонасыщении процесс промерзания при определенных условиях сопровождается отжатию воды из пор вниз. Сегрегационное льдовыделение имеет место лишь при размерах частиц менее 1 мм (за счет влияния адсорбционно-пленочного механизма переноса влаги). Миграционные потоки влаги усиливаются с ростом дисперсности грунтов и содержания в них пылеватых частиц, оптимального соотношения между характеристиками влагопроводных свойств и градиентами движущих сил влагопереноса.

3. Заключение

Подводя итоги из вышесказанного можно прийти к заключению что грунты подверженные влиянию низких температур испытывают механические и физические изменения вследствие влияния образования новых льдосодержащих структур в составе грунта. Это предусматривает надлежащее укрепление или расчет основания фундаментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.Д. Карлов Основания и фундаменты на сезоннопромерзающих пучинистых грунтах. - М.: Санкт-Петербург, 2007. - 362с.
2. В.М. Карпов Роль капиллярных сил в процессе миграции влаги при промерзании грунта // Изв. вузов. Стр-во и архит. №7. Новосибирск, 1967.

Шахмов Ж.А., Тулебекова А.С., Базилов Р.К.

Мезгілдікатын топырақтардың іргетастар негіздеріне әсері

Мұзданған негіздердің іргетастар жұмысына әсерін зерттеу маңызды тақырып болып саналады, әсіресе Астана қаласында. Мезгілді тоңдануға ұшырайтын қабатта орналасқан іргетастар мен жер асты құралымдар деформация мен тоңдану мамықтауына ұшырайды, ал осыдан кейінгі еруі кезінде негіз кері деформацияға ұшырайды, яғни топырақтың беріктігінің азаюымен шүгуі болады.

Shakhmov Zh.A., Tulebekova A.S., Bazilov R.K.

Influence of seasonal frozing soils on bases of foundations

Research of influence of frosty foundation to work of foundations is an important theme, in particular in city Astane. Foundations and underground constructions of buildings, located in the layer of the seasonal frozen solid of soils, are exposed to influence of deformations and forces of frosty pucheniya, and at the subsequent thawing of foundation test influence of deformation of reverse sign - sinking, conditioned thawing at the substantial decline of durability of soils.

Поступила в редакцию 11.01.11

Рекомендована к печати 29.01.11