

водно-физических и физико-механических свойств пород. На всем протяжении территории в Республике Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асеев А.А. Роль тектонических и климатических факторов в формировании аллювиальных рек // Изв. АН СССР, сер. географ. 1960. № – С. 17-27

2. Горелик З.А. Связь современного рельефа Полесской низменности с тектоническими структурами. // Изв. Выс. учебн. зав. Геология и разведка, 1958. № 11. -С. 9-22.

3. Коржув С.С. Новейшие движения в Припятском Полесье и некоторые особенности их проявления // Матер. всесоюз. совещ. по изуч. четверт. периода. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. –Т. 1. – С. 122-127.

4. Мещерков Ю.А. Молодые тектонические движения и эрозионно-аккумулятивные процессы северо-западной части Русской равнины. -М.:Изд-во АН СССР. 1961. – 88 с.

5. Николаев Н.И. Об использовании данных новейшей тектоники // Советская геология.1961. –№ 8. – С. 130-131.

УДК 624.159.4

КОНСТРУКЦИЯ ФУНДАМЕНТОВ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПРИ КАРСТОПРОЯВЛЕНИЯХ

Э. И. Мулюков, д-р. техн. наук, **Н. Э. Урманшина**, канд. техн. наук.,
О. В. Галимнурова, канд. техн. наук.

(Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Россия)

Изложен механизм растворения пород, вызывающий образование карстовых полостей. Описано техническое решение сборного ленточного фундамента с вкладышами, позволяющими произвести реставрацию основания и фундамента существующего здания.

Рассматривается возможность применения сборного фундамента мелкого заложения с дополнительным армированием на карстующих основаниях.

The mechanism of rock dissolution, which causes the formation of karst cavities, is presented in the article. The author describes the technical solutions of the prefabricated perimeter foundation with a lining, which makes the restoration of the basis and foundation of the existing building possible.

The possibility of using a prefabricated foundation of shallow laying with additional reinforcement on karst basis is considered in the text.

Процесс растворения пород в воде происходит в гетерогенной системе и сопровождается возникновением поверхностного концентрированного слоя, взаимодействующего с окружающей жидкой фазой (водой), имеющей какую-то (обычно уменьшенную) концентрацию. При этом самопроизвольно возникает стремление системы к выравниванию концентраций, что зависит от скорости диффузии, а также от факторов её ускоряющих.

Этот процесс в нормальных условиях протекает в две стадии. На первой стадии вокруг/на поверхности, как выше отмечено, образуется диффузионный слой в виде жидкой плёнки насыщенного раствора, благодаря отрыву (растворению) полярными молекулами воды молекул породы. На второй стадии происходит отвод растворённого вещества из диффузионного слоя в объём жидкой фазы путём взаимного проникновения соприкасающихся жидкостей. Это происходит самопроизвольно благодаря тепловому движению молекул в направлении меньшей концентрации вещества и ведёт к выравниванию химического потенциала в закрытой (изолированной) схеме. При проточной (открытой) схеме возможность отвода вещества из слоя зависит от концентрации вещества в проточной воде [1].

В обеих стадиях концентрация вещества в диффузионном слое сохраняется насыщенной насыщенной, равной растворимости породы, благодаря продолжающемуся отрыву продукта из твёрдой фазы. Скорость диффузии вещества на второй стадии при отсутствии внешних воздействий описывается первым законом *А.Фика*, устанавливающим пропорциональность диффузионного потока частиц градиенту их концентрации [2]:

$$v = D \frac{c_{\infty} - c}{\delta}, \quad (1)$$

где v – скорость диффузии;

D – коэффициент диффузии;

δ – толщина диффузионного слоя (плёнки), через который идёт диффузия;

c_{∞} – предельная концентрация вещества (растворимость) в плёнке;

c – концентрация вещества в жидкой фазе (в растворе), характеризующая минерализацию контактирующей воды.

Из формулы (1) видно, что при равенстве концентраций ($c_{\infty} = c$) растворение породы прекращается.

Зависимость скорости растворения пород от окружающей температуры t °С описывается уравнением *С.Аррениуса*:

$$K = A \exp(-E/RT), \quad (2)$$

где K – константа скорости растворения для соответствующего типа карстующейся породы;

A – множитель с размерностью $[\text{г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}]$;

E – энергия активации, определяющая скорость растворения при данной температуре;

R – газовая постоянная;

T – температура термодинамическая по шкале Кельвина, $T = t$ °С + 273,15 К.

Скорость диффузионных процессов при повышении температуры на один градус растёт на 1...3 % по данным *В.В. Кузнецова* [2]. Это подтверждается на практике.

В работах *А.Н. Щукарева* и *В.Нернста* [3] показано, что процесс растворения пропорционален площади растворяющейся поверхности:

$$\pm \frac{dc}{d\tau} = S \cdot \frac{D}{\delta} (c_{\infty} - c), \quad (3)$$

где S – поверхность раздела фаз (контактирующая с водой поверхность).

Растворение породы ускоряется также при наличии трещин, карверности. Существенно процесс активизируется при дефектах в кристаллических решётках. Расклинивающее давление плёнок жидкости в промежутках между твёрдыми поверхностями, также активизирует физико-химический процесс взаимодействия породы с водой.

Скорость растворения карстующейся породы в реальных условиях зависит от режима движения подземной воды. В ламинарном режиме растворение будет пролонгированным благодаря постоянной толщине диффузионного слоя и отсутствию перемешивания воды. Турбулентный режим характеризуется самоперемешиванием слоёв воды, нарушением сплошности диффузионного слоя, что существенно ускоряет процесс растворения. Естественно имеет значение наличие в потоке нерастворимых тонкодисперсных фракций, рН среды, что превращает подземную воду в суспензию, а собственно процесс взаимодействия породы с водой – в карстово-суффозионный. При этом наблюдается выщелачивание растворённых солей, нарушение микроагрегатной структуры грунтов (размыв) и вымывание в полости тончайших частиц породы с нисходящими токами воды.

Следует отметить, что естественный карстово-суффозионный процесс происходит в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях, не стабильных в пространстве и во времени.

Много трудностей и вопросов возникает при диагностике причин аномального поведения оснований эксплуатирующихся зданий и сооружений. Очень сложной является реализация технических решений по их стабилизации. В связи с этим могут представить интерес ремонтпригодные фундаменты, приспособленные для обследования состояния и усиления основания фундамента.

В разное время были предложены следующие технические и конструктивные решения сборных фундаментов мелкого заложения (ФМЗ) с учетом возможного возникновения сверхнормативных деформаций основания и провалов.

Для диагностики аномального поведения основания разработано техническое решение сборного ленточного фундамента с вкладышами на естественном основании включает модернизированные фундаментные плиты (подушки), снабженные торцевыми вырезами

размером, например, 160x320 мм, на обоих торцах плиты по середине. При монтаже плит возникают “окна” размером 300x320x320 мм, заполняемые грунтом. При монтаже по плитам фундаментных стеновых блоков над “окнами” оставляются проёмы размерами 400x600 мм (1200) мм на ширину блока, закладываемые малопрочным материалом (тощий бетон, кирпичная кладка на глиняном растворе) по ходу монтажа либо бетонирования. Шаг таких “окон” и проёмов 4,8...7,2 м (рис.1).

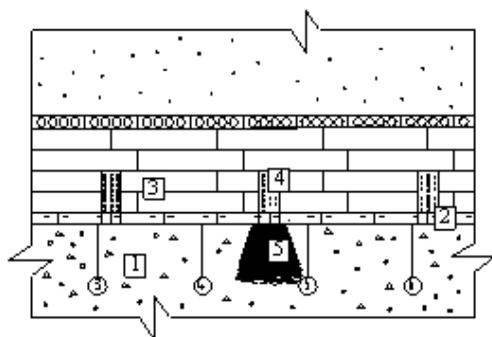


Рис. 1. Сборный ленточный фундамент с вкладышами:

- 1 – основание фундамента; 2 – фундаментные подушки с вырезами торцевыми;
- 3 – фундаментные стеновые блоки; 4 – вкладыши из малопрочного материала;
- 5 – отказ основания (осадка локальная, проседание, провал)

При отказе основания и появлении деформаций осадочного характера проём разбирается, “окно” в фундаментной плите расчищается. Затем производится диагностика состояния основания. Проём в плите позволяет осмотреть контактную зону между основанием с подошвой, отобрать пробы грунта и воды, произвести усиление основания либо фундамента. Полость, обнаруженная под подошвой, позволяет сфотографировать внутренность.

При необходимости подошва фундамента обжатием основания включается в работу либо подводятся (вдавливаются) многосекционные сваи, до заданного сопротивления, упираясь домкратом в перемышку проёма [4].

Рассмотрим работу типового сборного ленточного фундамента без картозащиты, оказавшегося над провалом. Такое происходит по закону редких событий (Пуассона) [5], что влечёт за собой раз-

рушение, хотя и на локальном участке, фундамента и даже его частичное обрушение в полость. Потеря геостойкости фундаментом одновременно сопровождается повреждением несущих перекрытий и стен в зоне провала и даже их возможным разрушением вслед за обрушением фундаментных плит и блоков. Провальное исчезновение основания либо утрата им несущей способности ведёт к перераспределению нагрузки, которая с провальной зоны “перемещается” на соседние работоспособные участки фундамента и его основания, догружая их.

В результате этого в основании фундамента здания (сооружения) в зоне карстовых проявлений будут возникать пластические напряжения и деформации. По этой причине несущая способность грунтов у границ карстовой полости снижается в связи с разуплотнением грунта вокруг полости и ростом давления в основании при перераспределении нагрузки на грунты от зданий и сооружений. Сохранившаяся часть здания висит над провалом с образованием на несущих стенах трещин арочного очертания с раскалыванием и сдвигом кирпичей [6].

Предлагается рассматриваемый фундамент превратить в жёсткую балку-стенку, которая сможет включиться в работу при возникновении карстовой особой нагрузки. Это достигается расчётным армированием сборного фундамента в горизонтальных и вертикальных швах между фундаментными плитами, стеновыми блоками и в стыках между блоками [7]. Естественно, балка-стенка может получить некоторый прогиб f и незначительное перераспределение нагрузки. При этом потеря геостойкости (обрушение) не произойдет.

Противокарстовый сборный ленточный фундамент, заармированный по определённой схеме, превращается в сплошной железобетонный массив. В условиях аварийных деформаций такой фундамент срабатывает как единая неразрезная жёсткая балка-стенка, перекрывающая зону провала и сохраняя геостойкость здания, сооружения.

При отсутствии отказа в основании рассмотренный фундамент работает как обычный сборный ленточный без реализации внешнего армирования, сохраняясь в запасе на случай возникновения провала. На рисунке 2 показано поведение сборного ленточного фундамента с внешним (габионным) армированием в условиях возникшей полости под подошвой фундамента. Полость может быть карстовой либо возникшей при просадке в лёссовых грунтах.

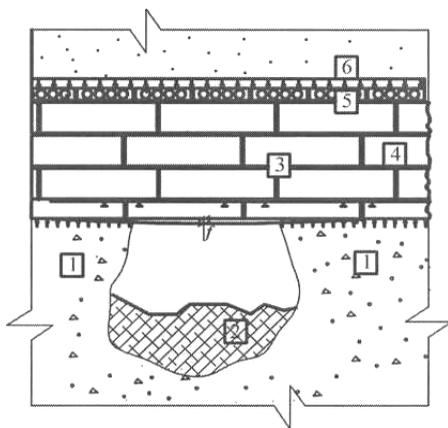


Рис. 2. Схема сборного ленточного армированного фундамента над карстовым провалом:

- 1 – основание фундамента; 2 – обрушенный грунт; 3 – объемное неразрезное армирование в монтажных петлях, в горизонтальных и вертикальных швах фундаментных плит и блоков; 4 – фундаментные плиты и блоки; 5 – плиты перекрытия; 6 – нагрузка на фундамент; f – расчетный прогиб

Использование при необходимости различных инженерных решений, включая вышеперечисленные, позволяют предотвращать сверхнормативные деформации зданий и сооружений, а также их аварии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мулюков Э.И., Урманшина Н.Э. Об инженерно-строительной карстологии. // Тр. Междун. конф. по геотехнике: Геотехнические проблемы мегаполисов. – М. НИИОСП, ПИ «Геореконструкция», – 2010. – В 5т. Т.4. – с. 1891-1896.
2. Кузнецов В.В. Физическая и коллоидная химия. М.: Высш. шк.-1968.-390 с.
3. Полак А.Ф. Твердение мономинеральных вяжущих веществ (вопросы теории). М.: Стройиздат.-1966.-208 с.
4. Способ усиления фундамента здания, сооружения: а.с.2037604СССР: МКУ Е О2D 27/08/-25.09.1991. - Мулюков Э.И.Опубл.19.06.95. Бюл.№17, 1995.

5. Мулюков Э.И. Карстовый процесс и строительное освоение закарстованных территорий Республики Башкортостан / Вестник АН РБ.-1999.– Т.4.-№3.-С.39-46.

6. Мулюков Э.И., Урманшина Н.Э. История строительства и ликвидации здания, построенного на палеокарстовых воронках/Тр. Межд. научно-техн.конф. к 50-летию БашНИИСтроя//Фунд-ты в сложн. грунт.усл. и противооползн. сооруж.-Уфа, БашНИИСтрой.-2006.-Т.2.-С.98-106.

7. Противокарстовый сборный ленточный фундамент: патент на изобретение 2397292С1. Росс.Федерация: МПК E02D 27/00 (2006.01) Мулюков Э.И., Урманшина Н.Э. и др. RU/УГНТУ – 2009114195/03; заявл.14.04.2009; опубл. 20.08.2010, Бюлл.№23. – 12с.: ил.7

УДК 55:57(069)

ПРОЯВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА ТРАССАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Мякота В.Г., ассистент

(Белорусский национальный технический университет,
г. Минск Беларусь)

Среди рисков, которым подвергается магистральный трубопровод, особое место занимает инженерно-геологический риск, который включает в себя как природную, так и антропоцентрическую составляющую. Его реализация во многом определится не только природными воздействиями, но и человеческим фактором, а также критериями ценности территории.

Among the risks faced by the trunk pipeline, occupies a special place engineering-geological risk, which includes natural and anthropocentric component. Its implementation largely determined by not only natural factors, but also the human factor, and also criteria of the value of the territory.