

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗВЕСТНЯКОВ-РАКУШЕЧНИКОВ, ПРИНЯТЫХ В КАЧЕСТВЕ НЕСУЩЕГО СЛОЯ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ОДЕССКОГО ТЕАТРА ОПЕРЫ И БАЛЕТА

Колесников Л.И., Карпюк В.М., Кодрянова Р.М. (Одесская Государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса), Холодов В.Д., Холодов Д.В. (ОАО «Черноморгидрострой», г. Одесса)

Театр Оперы и балета – выдающийся памятник архитектуры 19 столетия построен в 1884-1887 г.г. Фундаменты здания являются продолжением его стен и выполнены из известняка-ракушечника. Они заложены на двух уровнях. Фундаменты стен, ограждающих зрительный зал и служащих опорой стальных ферм купола, как и фундаменты сценической коробки, заглублены на 6,7...7,0 м от поверхности планировки и опираются на малопроемочный слой лессовидного суглинка. За последние сорок лет протекание осадок в этой части здания не зафиксировано. Фундаменты под служебные и вспомогательные помещения заглублены на 2,2...4,0 м, они опираются на слой просадочного лесса, периодическое увлажнение которого из-за неисправности трубопроводов приводит к осадкам фундаментов, вызывающих деформации в конструкциях театра. Осадки носят неравномерный характер. За 100 лет эксплуатации здания осадки фундаментов наружных стен превысили 20 см.

Наличие стального каркаса – обвязочных балок по периметру наружных стен на каждом этаже, связанных поперечными балками со стенами центральной части здания, повысило устойчивость и, возможно, спасло от разрушения отдельные его фрагменты.

В 1955-1956 г.г. было выполнено химическое закрепление грунтов, при котором закреплено силикатизацией более 15 тыс. м³ грунта, что составляет более 30 % объема лессовой толщи (ширина засиликатизированных зон вдоль боковых граней всех фундаментов внутренних стен составила 0,8...1,0 м, для наружных стен – около 2 м). Закрепление грунтов несколько приостановило, но не исключило процесс протекания осадок.

Прекратить разрушение здания можно было только путем передачи нагрузок на устойчивые грунты, залегающие ниже второго горизонта лесса.

В основу разработки инженерных решений по усилению фундаментов были положены результаты экспериментальных исследований, выполненных на площадке Оперного театра, на основе которых принято решение об использовании буроинъекционных свай, заглубленных на 1,5...3,0 м в слой известняка, кровля которого находится на глубине 10,5...16,0 м от поверхности.

По данным изысканий, в геологическом строении площадки принимают участие: насыпной слой, представленный смесью строительного мусора и грунтов различного состава; просадочные лессовые суглинки и супеси, суммарная мощность которых изменяется от 6,2 до 9,7 м; красно-бурые глины и суглинки. Они подстилаются понтическим известняком, толща которого достигает 12,5...15,5 м, в верхней зоне (до 3,5...6,5 м) – перекристаллизованным.

В комплекс исследований были включены такие вопросы:

1. Использование в качестве несущих инженерно-геологических элементов, залегающих ниже второго горизонта лесса.

2. Определение прочности и сжимаемости понтических известняков для использования их в качестве несущих слоев свайных фундаментов и оценка влияния влажности на их свойства.

3. Определение сил трения по боковой поверхности свай в непросадочной части основания.

4. Определить несущие способности свай в пределах толщи, подстилающей просадочные грунты.

5. Определение прочности красно-бурой глины как несущего слоя.

Исследования были выполнены на участке № 6, прилегающем к восточному фасаду здания, и на участке № 7, расположенном вдоль переулка Чайковского, за пределами зоны силикатизации грунтов.

Инженерно-геологические условия участка № 6 (абс. отметки поверхности 42,3...42,9 м) характеризуются следующими особенностями:

1. Наличие насыпного слоя большой мощности, достигающей 5,5 м.

2. Под насыпным слоем расположена толща лессов и лессовидных суглинков, максимальная мощность которых равна 7,6 м. Эти группы маловлажные и находятся в твердом и полутвердом состоянии.

3. Известняки, вскрытые бурением до глубины 19,8 м, неоднородны. В верхней части их толщи можно выделить 2 горизонта: ИГЭ-9 – перекристаллизованный известняк мощностью 3,5...4,0 м и ИГЭ-10 –

известняк-ракушечник (пильный), мощность которого составляет 6...7 м.

Перекристаллизованный известняк в кровле с глубины 14,8...15,1 м, выветренный, состоит из очень мелких конкреций известняка с прослойкой продуктов выветривания. С глубиной его строение изменяется. Увеличиваются размеры конкреций, уменьшается количество рыхлых включений.

С глубины 18,5 м залегает известняк-ракушечник, толща которого пройдена на глубину 1,4 м. Он легко поддается проходке при бурении. Известняк-ракушечник не является сплошным массивом, он разбит трещинами на блоки (трещины были зафиксированы в двух скважинах).

Территория участка № 7 расположена на 4,5 м ниже (абс. отметки 38,0...15,1). Здесь насыпной слой практически отсутствует. Мощность лессовых грунтов не превышает 6 м. Они отличаются повышенной влажностью, находятся в пластичном состоянии, в связи с чем практически лишены просадочных свойств.

Перепад высоких отметок вокруг театра и особенности геологического строения площадки обусловили необходимость изучения прочности и деформационных свойств инженерно-геологических элементов, слагающих основание до глубины 20 м. Исследования проведены опытными штампами и сваями в полевых условиях.

Для выполнения исследования известняков-ракушечников была разработана конструкция жесткой стойки-штампа. Площадь штампа – 490 см². В процесс выполнения опытных работ отработаны методы, выполняющие зачистку забоя скважины и сопряжения подошвы стойки-штампа с основанием и фиксации верхней части стойки с помощью анкерной опоры с одной степенью свободы, что позволило исключить наклон стойки в процессе загрузки и испытаний.

Стойка-штамп опускалась в скважину диаметром 250 мм в собранном виде. Нижний торец стойки погружался в пластичный раствор на глубину 5...8 см. Обжатие раствора обеспечило плотное сопряжение подошвы стойки с забоем скважины.

Исследования проведены в соответствии с требованиями ГОСТ 20276-85 «Грунты. Методы полевого определения характеристик деформируемости».

На грузовую платформу укладывался груз – чугунные гири массой 2 т. Нагрузка прикладывалась ступенями и выдерживалась до условной стабилизации, за которую принята скорость осадки, не превышающая 0,1 мм в час.

Строительные свойства перекристаллизованных известняков (ИГЭ-9) определены на участке № 6 путем загрузки штампа в опыте 1.1 при заглублении в известняк 0,8 м (абс. отм. 26,71 м) и на участке № 7 при заглублении в известняк 2,5 м (абс. отм. 22,68 м). Испытание известняков штампами в условиях их природного залегания в Одесском регионе проведены впервые. Получены следующие результаты.

При подаче нагрузки до давления под подошвой штампа 1,5 МПа зависимость осадки от давления близка к линейной. В интервале 1,5...2,5 МПа она приобретает слабо выраженный нелинейный характер. При давлениях, больших 2,5 МПа, нарастание осадок – неравномерно, что обусловлено процессом разрушения известняка. Кратковременное замачивание основания, загруженного штампом 1.1, длившееся 4 суток с расходом воды $0,34 \text{ м}^3$, практически не вызвало дополнительных осадок.

Основание штампа подверглось длительному замачиванию (несколько месяцев) из трубопровода теплотрассы, при этом значительно увеличилась влажность всех слоев грунта, кроме ИГЭ-9, который практически водонепроницаем.

Показатели прочности и сжимаемости перекристаллизованного известняка, полученные на разных горизонтах двух участков имеют близкую сходимость.

Испытания штампами известняка-ракушечника (ИГЭ-10) выполнены на участке № 6 при заглублении в этот слой 0,7 м и на участке № 7 при заглублении 3 м (абс. отм. 22,89 м и 20,06 м). Влажность известняка, соответственно, равна 0,08 и 0,12.

По результатам исследований построены графики зависимости осадки от нагрузки. В опыте на участке № 6 до давления 1,86 МПа зависимость имеет прямолинейный характер. В интервале давлений 1,86...2,67 МПа зависимость приобретает слабо выраженный криволинейный характер, свидетельствующий о локальных разрушениях, предшествующий началу процесса разрушения известняка в основании штампа. При возрастании давления до 3,5 МПа деформации развиваются скачкообразно: скорость осадки периодически возрастает и убывает, что свидетельствует о накоплении напряжений и последующем хрупком разрушении, характерном для горных пород с кристаллическими связями между агрегатами частиц, деформации которых носят необратимый характер.

На участке № 7 при повышенной влажности известняка скачкообразный характер нарастания осадок прослеживается нечетко. В пределах интервала давлений, характеризующих упругую стадию деформа-

ций основания, показатели сжимаемости имеют высокие значения. Повышенная влажность существенно влияет на величину показателей прочности и сжимаемости. При влажности 0,12 прочность на 28 %, а модуль деформации на 40 % меньше, чем при влажности 0,08.

Полученные результаты позволяют отметить следующее:

1. Пределом прочности известняка является давление, до которого наблюдаются деформации, нарастающие по зависимости, близкой к прямолинейной. Давления меньше предела прочности вызывают в основании развитие обратимых деформаций. Прочность известняка-ракушечника уменьшается при повышении влажности.

2. В интервале давлений 1,0...2,0 МПа значения модуля деформации изменяются от 1400 до 140 МПа. Значительное его снижение наблюдается в период начала разрушения структурных связей. Модуль деформации известняка-ракушечника выше модуля деформации перекристаллизованного известняка, сжимаемость которого происходит за счет сжатия прослоек, заполненных продуктами выветривания.

Выводы

1. Для перекристаллизованного известняка и известняка-ракушечника получены значения прочности и показатели сжимаемости в упругой стадии их работы.

2. Известняки обладают невысокой прочностью, предельные значения которой равны 2,0...2,7 МПа.

3. Прочность известняка-ракушечника уменьшается, а сжимаемость увеличивается при насыщении его водой. Перекристаллизованный известняк является водоупором. Замачиванием основания ниже подошвы штампа (опыт 1.1) и ниже пяты свай (опыт 1.2) не установлено его влияния на деформационные свойства.