ТЕАТРО СИРКО: РАБОТЫ ПО УКРЕПЛЕНИЮ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА СТОЛЕТНЕГО ТЕАТРА

А. $\Pi UHTO$, **М.** $\Gamma VBЭЙА$ — Компания Tecnasol FGE — Fundacoes e Geotecnia, S.A., Португалия.

Статья посвящена работам по обновлению и расширению Театро Сирко, театра, возраст которого превышает сто лет, расположенного в историческом городе Брага на севере Португалии. Город был основан в III в. до н.э. римлянами как столица северозападной части Иберийского полуострова и первоначально носил название Бракара Августа. Работы, проводимые в Театро Сирко, потребовали укрепления оригинальных каменных и чугунных конструкций с целью возможности начать строительство нового подземного зала. В данной статье приведены основные критерии работ по усилению фундаментов, а также описаны использованные методы мониторинга и наблюдения.

ВВЕДЕНИЕ

Для проведения работ по ремонту и расширению Театро Сирко потребовалось откопать котлован с максимальной глубиной 11 м для возведения нового подземного зала, при этом вокруг котлована сохранялись существующие кирпичные и чугунные конструкции трех балконов, главного входа и фойе (рис. 1, 2 и 3).



Рис. 1. Вид главного фасада Театро Сирко

Новая подземная конструкция строилась с использованием железобетонных стен, колонн, балок и плит. Подпорные стенки соо-

ружались методом анкерной плиты, когда бетонные панели временно устанавливались на вертикальные микросваи. Некоторые из стен выборочно играли роль фундаментов существующих конструкций.

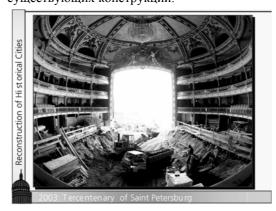


Рис. 2. Начальные работы по откопке котлована в центральной части театра

2. ОСНОВНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

2.1. Ограничения по части существующей городской застройки.

Театр находится в старой части города Брага, где вокруг него располагаются важные улицы и исторические здания. Несмотря на то, что работы проводились внутри здания театра, применяемые технологии должны были обес-

© A. Pinto, M. Gouveia, 2003

печивать сохранность прилегающих конструкций и инфраструктур.

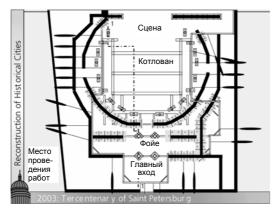


Рис. 3. План театра и план проведения работ нулевого цикла

Для успешного выполнения работ чрезвычайно важно было обеспечить устойчивость кирпичных и чугунных конструкций театра, а также выбрать такие технические решения, выполнение которых было возможно с использованием широкого спектра оборудования, которое работало бы в низких и/или узких пространствах, с минимальной вибрацией и шумом, а также с минимальной требуемой вентиляцией (Рис. 2-5, 18 и 21).



Рис. 4. Первые буровые работы в низком помещении

2.2. Геологические и геотехнические ограничения

Изначально театр был построен на выветренном граните с включениями валунов на глиняной матрице, под слоем которого, на глубине от 4 м до 15 м, находится коренной

подстилающий гранит. За исключением единичных мест с большей влагопроницаемостью, вода не наблюдалась выше уровня окончательной откопки (рис. 5 и 6).



Рис. 5. Продольный геологический разрез (См. расположение по рис. 3)

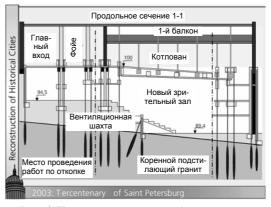


Рис. 6. Продольное сечение работ по откопке

3. МЕТОДЫ УКРЕПЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

В силу вышеперечисленных ограничений была выбрана технология укрепления существующих стальных и кирпичных колонн и стен при помощи микросвай, несущих максимальную нагрузку примерно в 350 кН. Примененные микросваи располагались на гибких пустых стальных трубах с внешним диаметром 127 мм и толщиной 9 мм. Поверх всех микросвай были уложены железобетонные ростверки и балки. Связь с кирпичными конструкциями была увеличена парами заранее напряженных балок Геви диаметром 32 мм, обеспечивающих перенос нагрузки с исходных конструкций на микросваи. Для того, чтобы компенсировать тонкость микро-

свай (λ меньше 80), сваи, расположенные внутри основной зоны откопки, были соединены бетонными ростверками. Эти ростверки выполняли также и защитную функцию против воздействия строительной техники во время проведения работ по откопке (рис. 7, 8, 9, 10, 18 и 21).

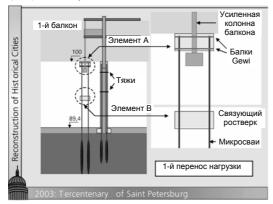


Рис. 7. Методы укрепления фундаментов: первая схема перераспределения нагрузки

На втором этапе после завершения строительства новых конструкций и их оснований, нагрузка на микросваи была снята устройством плоских домкратов, после чего определенное количество свай было срезано. Разгрузка свай позволила упростить процесс перераспределения нагрузки на новые конструкции с частичной компенсацией вертикальных деформаций. Плоские домкраты были временно заполнены маслом для регулирования прилагаемых нагрузок. После обрезки микросвай, расположенных в местах, не предусмотренных новым архитектурным проектом, масло заменили постоянным высоко эластичным строительным раствором (рис. 8).

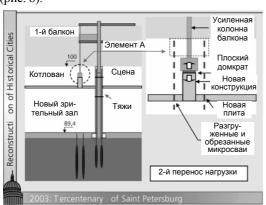


Рис. 8. Методы укрепления фундаментов: вторая схема перераспределения нагрузки



Рис. 9. Принцип укрепления конструкций во время проведения работ по откопке котлована под балконами

Плоские домкраты предназначались не только для ограничения возрастающих осадок во время второго перераспределения нагрузки, но и для улучшения связи между новыми и существующими конструкциями (рис. 11, 12).



Рис. 10. Принцип укрепления конструкций во время проведения работ по откопке котлована под балконами и главным входом (вид сзади)

Решение использовать плоские домкраты при втором перераспределении нагрузки было принято после осмотра и оценки целостности существующих конструкций и распределения нагрузки. Предварительная оценка показала, что конструкции смогут выдержать постепенные осадки до 1 см без потери несущей способности

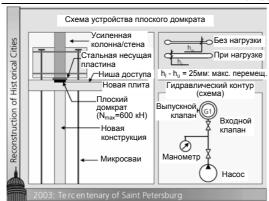


Рис. 11. Схема устройства плоских домкратов

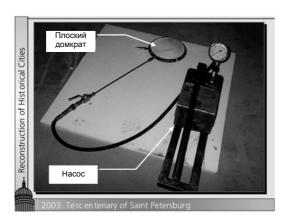


Рис. 12. Плоский домкрат и насос, используемые во время второго перераспределения нагрузки

4. ПЛАН МОНИТОРИНГА И НАБЛЮДЕНИЙ

Для систематического превентивного контроля за конструкциями театра, в основном во время перераспределения нагрузки и проведения работ по откопке, был разработан план мониторинга и наблюдений. Для получения перекрестных данных одних и тех же параметров, но при помощи разных устройств, за всеми усиленными колоннами и стенами велось наблюдение при помощи марок нивелирования и рефлекторных (проекционных) марок (рис. 13, 14). По ним определялись, соответственно, осадки (с точностью +/- 0,5 мм) и трехмерное относительное смещение (с точностью +/- 1,0 мм).

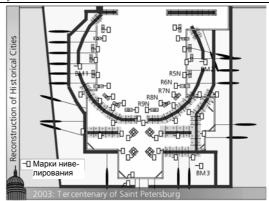


Рис. 13. Схема расположения марок нивелирования

Во время работ по откопке и операции по переносу нагрузки данные собирались соответственно, по меньшей мере раз в неделю или ежедневно. План мониторинга и наблюдения был особенно важен для калибровки нагрузок, прилагаемых плоскими домкратами во время второй операции по переносу нагрузки.



Рис. 14. Схема расположения проекционных марок

Основываясь на анализе основных результатов, полученных из мониторинга и наблюдения, можно сделать следующие выводы (рис. 15, 16):

1. Измеренные вертикальные осадки совпадали с осадками, рассчитанными на стадии проектирования. Максимальные величины осадок (примерно 6 мм) наблюдались во время первого перераспределения нагрузки с существующих фундаментов на микросваи. Эти осадки можно объяснить упругим сжатием микросвай. Во время работ по откопке наблюдался небольшой прирост осадок, в основном из-за потери эффекта ограничения (рис. 9, 10, 19).

- 2. Во время второго перераспределения нагрузки с микросвай на новые конструкции максимальные осадки составили менее 2 мм, в основном благодаря компенсационному эффекту плоских домкратов. Максимальная нагрузка, приложенная плоскими домкратами, составила примерно 200 кН и не превышала сопротивления существующих стен и колонн (рис. 17).
- 3. Измеренные относительные горизонтальные смещения не выходили за рамки допустимых значений. Колебания этих смещений объясняются вертикальным отклонением микросвай во время проходки гранитных валунов и проведения работ по откопке, малыми вибрационными воздействиями от применения техники в ограниченных пространствах между микросваями (рис. 18).
- 4. Значения и развитие измеренных осадок совпали с предварительно рассчитанными, Это подтверждает, что существующая конструкция могла приспособиться к постепенным осадкам до 1 см без потери несущей способности.

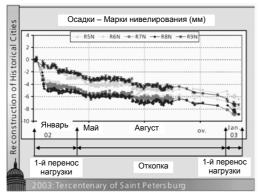


Рис. 15. Основные осадки, измеренные по маркам нивелирования (расположение марок см. на рис. 13)

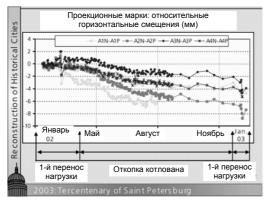


Рис. 16. Основные относительные горизонтальные смещения, измеренные с помощью проекционных марок (расположение марок см. на рис. 14)



Рис. 17. Плоский домкрат и насос в процессе работы во время второго перераспределения нагрузки



Рис. 18. Работы по откопке: небольшой грузовик, вывозящий откопанный грунт, идет по узкому пандусу между микросваями



Рис. 19. Вид на подпорные микросваи к ирпичных колонн основного входа во время проведения откопки и устройства новых подземных конструкций

5. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Как и в нашей предыдущей работе (Pinto - 2001), представленные в данной статье технические решения по укреплению подтверждают многообразие возможных применений и адекватную работу микросвай, в частности, возможность их адаптации к особенностям сложных строительных и репроектов. конструкционных Применение микросвай позволяет соблюсти баланс между сохранением и реконструкцией исторических сооружений, чтобы оставить нетронутым изначальный исторический облик здания (рис. 22).



Рис. 20. План мониторинга и наблюдения: кампания по сбору данных

Следует отметить важную роль мониторинга и наблюдения как инструмента контроля и управления риском, который позволил на месте подтвердить правильность основных концепций и критериев выполнения работ (рис. 13–16, 20).



Рис. 21. Откопка вручную, обусловленная малым расстоянием между микросваями



Рис. 22. Общий вид на зону откопки и синтез основных выводов данной статьи

6. БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают свою признательность владельцу Театро Сирко, Городскому Совету города Брага, за разрешение публикации данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pinto, A.; Ferreira, S. & Barros, V. (2001). Underpinning solutions of historical constructions. *III International Seminar Historical Constructions*. Guimaraes - Portugal, Consolidation and Strengthening Techniques, pp. 1003–1012.