

Мониторинг строительного объекта в деталях

Опубликованная в июльском номере журнала статья «Многоликий мониторинг», судя по обращениям читателей, затронула важную тему в современном строительстве. В предлагаемой вашему вниманию публикации мы постараемся ответить на некоторые наиболее часто задаваемые вопросы и дать более детальную информацию о целях, задачах и технологии создания Системы мониторинга здания.

Графические материалы, иллюстрирующие отдельные положения, предоставлены компанией SISGEO (Италия).

Система геотехнического (строительного) мониторинга, индивидуальная для каждого конкретного объекта - это совокупность технических средств, предназначенных для измерения и регистрации различных геологических, гидро-геологических, инженерно-геологических, геотехнических параметров, характеризующих состояние и возможные изменения (деформации) строительного объекта и грунтового основания. Система осуществляет так же функции накопления и обработки поступающей информации, как в процессе строительства, так и в дальнейшем, на весь срок эксплуатации объекта.

В основном речь будет идти о зданиях повышенной этажности, которые часто характеризуются сложной конфигурацией в плане, значительными смещениями проекции центра масс надземной части от геометрического центра фундаментной плиты для отдельных сооружений комплекса, многоуровневыми подземными сооружениями. Именно ситуации такого типа плохо поддаются расчету при создании теоретической модели взаимодействия грунтового массива и фундамента (свайного поля, фундаментных плит) проектируемого сооружения.

Реакция грунтового массива, которая проявляется в процессе роста статических нагрузок при возведении сооружения, изменение режима грунтовых вод и физического состояния грунтов при технологическом водопонижении на участке строительства, создание объемной системы инженерной защиты котлована, и т.д. порождает, в ряде случаев, деформационные процессы, развитие полей напряжений в грунтах и конструктивных элементах, совершенно отличные от теоретических, расчетных.

Значительную помощь при проверке справедливости принятых моделей и расчетных допущений, инженерных, проектных решений могут оказать геотехнические средства, датчики, позволяющие получить достоверную, оперативную информацию по ряду параметров о поведении грунтов в основании сооружения, фундамента здания в целом и основных его элементов, принимающих нагрузки в процессе строительства. Реакцию грунтового массива и инженерной защиты объекта целесообразно контролировать уже на первой стадии строительства, начиная с котлована.

Рассмотрим более подробно уже известную Систему мониторинга котлована.

Она является совокупностью нескольких систем, контролирующими параметры грунтового массива и сооружений в котловане.

Приборы гидрогеологического ряда поставляют информацию о реальном положении и происходящих изменениях уровня грунтовых вод на участке строительства, конфигурации депрессионной воронки при откачках, поровых давлениях в подстилающих (вмещающих) грунтах, контролируют объем воды поступающей в котлован в каждый момент времени.

Изменения пространственного положения поверхности участка застройки, объектов,

окружающих котлован, смещения, перемещения, осадки вмещающих и подстилающих его грунтов и окружающей застройку зданий, указывают на изменение их состояния, на негативное воздействие котлована.

Если информация об этих процессах получена своевременно, они могут быть учтены, а возможные негативные последствия сведены к минимуму. На Схеме 2 отмечено положение топографических отражений, для оперативного контроля положения поверхности, инклинометров, серво-инклинометров, применение которых позволяет с высокой точностью фиксировать наклон здания или участка защитной стены и контролировать угловые (рациональные) перемещения объектов или их частей, смещения грунтов в основании сооружений. Датчики осадки (одноточечные или многокомпонентные экстенсометры) служат для оценки реальной величины деформаций в грунтовом массиве, они позволяют дифференцировано оценить вклад его отдельных слоев в процесс осадки здания.

Важную информацию поставляют датчики нагрузок и датчики давления, применение которых позволяет контролировать распределение давления на грунты под фундаментной плитой, оценить усилия, с которыми воздействует грунтовой массив на защитную стену котлована, контролировать нагрузки на распорные колонны, сдерживающие горизонтальные усилия и смещения стен. Изменения в показаниях датчиков давления в сторону уменьшения или увеличения свидетельствуют об изменении ситуации в горном пространстве. В критической ситуации необходимо искать причину этого явления и принимать меры по стабилизации процесса.

На Схеме 3. изображены два типа датчиков:

- 1 - датчики давления, которые информируют о величине усилий с которыми воздействуют стены на распорные колонны;
- 2 - анкерные датчики давления, в стандартном варианте установки, позволяют контролировать величину воздействия грунтового массива на защитную стену котлована.

Если рассмотреть только одну часть котлована (модификация подпорной стены), то уменьшение давления на анкерных датчиках будет свидетельствовать либо о стабилизации системы, снижении горного давления, либо о начале процесса смещения более обширной части грунтового массива увлекающего с собой и стену и анкера (вариант оползневого процесса).

На завершающем этапе работ в котловане важным моментом является установка датчиков общего давления на грунт под фундаментную плиту - создание системы мониторинга нагрузки на грунты (фото 1). Их применение позволяет осуществлять контроль нагрузки создаваемой сооружением на грунтовое основание и проверку проектных ожиданий. Естественно, что такая схема применяется не на каждом объекте, а по мере необходимости, когда существует вероятность нестандартного развития ситуации. Забе-

гая несколько вперед можно утверждать, что наличие такой схемы контроля в общей системе мониторинга здания в будущем позволит на ранней стадии заметить зарождение суффозионного (карстово-суффозионного) процесса под зданием, поскольку этот участок будет характеризоваться разуплотнением грунта и уменьшением давления в ближайших точках контроля.

При возведении здания реальная Система мониторинга создается постепенно по мере его монтажа, однако Общая Схема мониторинга разрабатывается заранее, на стадии проектирования, совместными усилиями архитекторов, проектировщиков, изыскателей и геотехников (устоявшегося термина для специалистов занимающихся проблемами мониторинга сложных инженерных и строительных объектов пока нет). Совместная работа над проектом Системы мониторинга обусловлена несколькими факторами. Первое - только архитектор и проектировщик представляют все проблемные участки сооружения, которые желательно контролировать в процессе строительства и эксплуатации. Второе - каждый крупный объект (высотное здание, инженерное сооружение, спортивно-развлекательный комплекс, аквапарк) создается по индивидуальному проекту, размещается в специфической инженерно-геологической и конкретной горно-геологической обстановке, испытывает в дальнейшем различные внешние воздействия. Невозможно заранее предусмотреть, смоделировать и учесть все варианты изменения внешних факторов (геологических, техногенных, природных, антропогенных) воздействия на строительный объект в процессе его эксплуатации. Однако, и это крайне важно реализовать при проектировании, возможно разработать и установить систему контроля за состоянием и стабильностью основных элементов определяющих эксплуатационную безопасность сооружения - фундамент, стены, перекрытия, опорные колонны, крыша, несущие и силовые элементы конструкции. Часть основных элементов здания должна быть обеспечена геотехническими датчиками контроля уже в процессе их изготовления, большая часть датчиков устанавливается на объекте в процессе его монтажа, проектируются и прокладываются линии передачи информации от первичных датчиков к накопителям и пунктам обработки.

При таком подходе совместные усилия архитекторов, проектировщиков и геотехников позволяют создавать оптимальную и функциональную Систему мониторинга реально направленную на обеспечение эксплуатационной безопасности конкретного здания.

Итак, котлован готов - приступаем к монтажу подземной части здания. На Схеме 4. приведен вариант многоуровневого сооружения с фундаментной плитой и буронабивными сваями. Контроль стабильности этой части здания обеспечивается использованием части датчиков, которая ранее была установлена в котловане. Это пьезометры (уровень грунтовых вод, температура и поровые давления), динамометрические, анкерные датчики давления, датчики давления грунта на внешней стороне стен инженерной защиты, многоточечные экстенсометры. Добавлены в общую схему тензометрические датчики струнного или резистивного типа, позволяющие

контролировать зарождение деформаций в силовых, несущих, опорных элементах (фото 2).

В нашем случае они контролируют знак и характер деформации фундаментной плиты, изменения напряжений и деформации в сваях и опорных колоннах.

Система контроля осадок DSM контролирует изменение горизонтального положения опорной плиты и величину осадок в точке установки каждого датчика. Информация дополняется данными, получаемыми через однобазовый датчик осадки грунта. Смещения фундаментной части в грунтовом массиве фиксируются регулярными замерами в инклинометрической трубке (специально подготовленная контрольная скважина) скважинным инклинометром.

Мониторинг надземной части здания в целом и его основных фрагментов так же, как и в предыдущем варианте, реализован путем установки тензометрических датчиков контроля возникающих напряжений и деформаций в силовых, несущих элементах.

Контроль возникновения и развития в конструкциях полей напряжений, являющихся предвестниками грядущих деформаций, позволяет заранее, не дожидаясь видимых смещений или осадок, которые фиксируются топогеодезическими методами уже после свершившегося негативного события, приступить к оценке ситуации и разработке защитных мероприятий. Кроме того, важную информацию о пространственном положении здания, которая сегодня традиционно основывается на периодических топогеодезических измерениях по топографическим маркам (реперным точкам), могут выдавать практически непрерывно поверхностные наклонометры (серво-акселерометры), система контроля осадок DSM, маятниковые системы. Динамику изменения состояния открытых и закрытых стыков, относительные смещения, изменение базовых расстояний эффективно контролируют в режиме реального времени измерители трещин, соединенный, ленточные экстенсометры.

Современные технические средства геотехнического мониторинга (датчики, системы регистрации, накопители, средства коммуникации, передачи и обработки информации) становятся непременным атрибутом строительства сложных зданий и сооружений. Они позволяют осуществлять оперативный контроль состояния создаваемого или эксплуатируемого строительного сооружения, с учетом полученной информации корректировать при необходимости проектные и технологические решения, повысить надежность и эксплуатационную безопасность возводимых объектов.

Полный перечень выпускаемых серийно датчиков геотехнического мониторинга по широкому спектру параметров, а так же средств регистрации и обработки приведен на сайте www.sisgeo.com; дополнительная информация по мониторингу строительных объектов, методике исследования и контроля подземного пространства, грунтового основания изложена на сайте www.gpiko.ru.

Романо Ламперти - Управляющий директор
Компания SISGEO (Италия)

Виктор Сухин - Директор (GPIKO ltd)
«Геофизические системы контроля информации»



Общая схема мониторинга защиты котлована

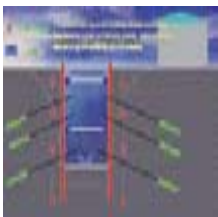


Схема 1. Гидрологический мониторинг

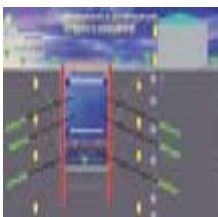


Схема 2. Мониторинг пространственных перемещений

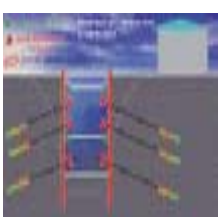


Схема 3. Контроль нагрузок и давлений



Фото 1. Установка датчиков давления на грунт



Фото 2. Вибрационные тензометрические датчики, смонтированные в двух направлениях внутри сборных конструкций



Схема 4. Мониторинг подземной части здания



Схема 5. Мониторинг надземной части здания