

Reporter 66

Периодическое издание Leica Geosystems. Русская версия.



- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

Боу под контролем

Автор: Вики Спид

Небоскреб Боу стоимостью 1.5 млрд канадских долларов – крупнейшее офисное здание в Калгари и самое высокое в Канаде за пределами Торонто. В процессе возведения здание постепенно изменяло форму: оно наклонялось, где-то сжималось, где-то стены начинали выпирать. Чтобы осуществить контроль такого геометрически сложного объекта, компания MMM Geomatics (входит в состав группы MMM) совместно с Leducor Construction и Supreme Group/Walters Group Joint Venture (SWJV) создали особую «стабильную» опорную сеть, в которой задействованы самые современные методики измерений. Более того, сеть создавалась в условиях жесточайших требований к точности геодезических измерений и работает в режиме реального времени.

Еще до начала строительства MMM с помощью известного поставщика геодезического оборудования Spatial Technologies выбрала оборудование для контроля планового и высотного положения пунктов на территории строительной площадки и за ее пределами.

Первый уровень планового контроля обеспечивают три базовые станции, расположенные за пределами объекта и сохраняющие каркас опорной сети. Станции установлены вблизи фундаментальных сооружений (опор моста), что позволяет гарантировать их наибольшую стабильность. Начальный контроль осуществляется на основе комбинации традиционных методов измерений и статических GPS измерений.

Измерения в реальном времени

В качестве каркаса проекта была выбрана сеть

базовых станций, которые непрерывно передавали поправки для работы в режиме реального времени, а также сохраняли статические измерения для последующей обработки.

Помимо вышеперечисленного, была установлена опорная мониторинговая сеть с пунктами, закрепленными на крышах домов: 12 профессиональных 360-градусных отражателей Leica, над отражателями закреплялись GPS антенны. Таким образом, положение пунктов контролировалось оптическим и спутниковым методами одновременно. Статические измерения повторяли раз в три месяца. Схема измерений предполагала одновременное наблюдение всех точек. Обработывались спутниковые и традиционные измерения совместно. Уравненные координаты были приняты в качестве итоговых координат опорной сети.

Наконец, MMM установила систему контроля на каждом этаже строящегося здания. В систему вошли шесть опорных пунктов для контроля в плане (в том числе выноса и установки элементов конструкции: укладки пола, установки балок, шахт лифтов и т.д.). Опорные пункты монтировались в бетонное основание цокольного этажа, после чего координаты передавались с этажа на этаж и тщательно контролировались другими доступными методами.

Благодаря помощи компании SpatialL MMM выбрала два тахеометра Leica TCRP 1201 и Leica TS30 (полусекундная погрешность). Они использовались для прецизионных измерений и выноса в натуре элементов сооружения. Самые сложные и точные задачи решались при помощи TS30: в том числе – заливка пола, поскольку пол становился исходной отчетной поверхностью, и отметка с нее передавалась на все прочие этажи здания.



Канадские геодезисты пользуются отсчетной системой Canadian Geodetic Vertical Datum 1928 (CGVD28) – высоты передаются при помощи сети реперов, чьи отметки определяются геометрическим нивелированием. Местная система координат привязана к CGVD28.

MMM нашла опорные реперы геодезической сети Альберты (ASCM), расположенные в двух кварталах от строительной площадки. Один из них – репер глубокого заложения – использовался для контроля высот. Между реперами строительной площадки, сетью ASCM и внешней плановой сетью было выполнено геометрическое нивелирование. Тахеометрические и GPS измерения использовались для передачи высот от сети ASCM на отражатели, расположенные на крыше здания. В процессе возведения небоскреба стало понятно, что он проседает на 30–40 мм. Для проверки корректности передачи отметки при строительстве MMM вмонтировала реперы в цоколь здания. При помощи вертикального проектирования (тахеометром или компарированной цепью) высоты заново передали наверх. Измерялось фактическое расстояние между этажами. На каждом уровне закладывались пункты для дальнейшего контроля работ, также для мониторинга вертикальных смещений несколько реперов были заложены по периметру сооружения.

Расположение реперов на территории и за пределами строительной площадки позволило осуществлять эффективный контроль сразу, при строительстве.

Смещения и отклонения

Наверное, самой современной технологией, которая использовалась на проекте, было использование инклинометров Leica Nivel 220. Они позволяли определить отклонение от вертикальной оси, вызванное естественными и искусственными причинами.

К естественным причинам, влияющим на деформацию сооружения, относят ветер, неравномерный прогрев солнцем бетонных и стальных конструкций и т.д. К искусственным влияниям часто относят нагрузку от установки крана, неравномерного давления на материал конструкций и т.д. Также, поскольку проект – долгосрочный, различали кратковременные и сезонные деформации.

Ранее инклинометры применялись только на самых современных небоскребах. Компания MMM плотно работала со Spatial Technologies и специалистами Leica, чтобы апробировать технологию Nivel. Leica Nivel 220 – это высокоточный двухосевой датчик наклона, имеющий разрешение 0.001 миллирадиан. Устройство действует на оптико-электронном принципе – измеряет и записывает свои наклон и температуру в режиме реального времени. Измерения производятся относительно горизонтальной плоскости и двух ортогональных ей.

Инклинометры устанавливали на 12-м этаже, чтобы иметь возможность контролировать деформации здания. Начиная с фундамента, датчики закреплялись на стальных элементах конструкций. Через удаленное подключение инженеры MMM всегда





имели доступ к рабочему компьютеру с программой, обеспечивающей ежедневный сбор и анализ данных.

Команда специалистов MMM занималась непрерывным наблюдением, проверкой и сравнением данных инклинометров и других приборов.

Растущие трудности

Непрерывный тахеометрический мониторинг сети выявил, что выше 36 этажа деформации здания становятся существенными, и необходим их учет при дальнейшем строительстве. Как только величины деформаций достигли 20 мм, стандартные процедуры выноса в натуру элементов пришлось корректировать. При установке колонн выше 36 этажа применяли кинематику в реальном времени. Этот метод сочли приемлемым при существующих требованиях к скорости и точности работ, несмотря на известную сложность применения GPS технологий в условиях плотной городской застройки.

Боу

58-этажный небоскреб Боу, строящийся в городе Калгари канадской провинции Альберта, станет одним из самых высоких и инновационных зданий в Канаде, займет территорию почти двух кварталов и предоставит жителям города почти 185 000 кв. м. площади под офисные помещения.

Впервые на территории Северной Америки в строительстве здания используется треугольно-диаго-

Поскольку здание постоянно отклонялось от вертикали, поправку было необходимо вводить практически постоянно. Зачастую, отклонение составляло 50 мм. Сеть инклинометров помогала делать это своевременно. Закрепив на опоре, каждый инклинометр ориентировали в системе координат проекта. Перед вводом в эксплуатацию каждый из датчиков должен был непрерывно отработать от 7 до 10 дней, после чего его координаты усреднялись и фиксировались.

Для мониторинга смещений и деформаций здания геодезисты MMM сравнивали показания инклинометров, на основе измерений создавая поле поправок. Там, где данных не хватало, прибегали к интерполяции и экстраполяции результатов (особенно вертикальных смещений). Поправки за деформации и проседание вводили, к примеру, в координаты, определенные RTK/GPS методом. Сеансы GPS измерений с установкой приемника в центре опор здания занимали 2 минуты и велись методом RTK. Сессии позволяли определить динамику опор с учетом общих вертикальных смещений.

Предполагается, что проект Боу будет завершен в 2012 году. Небоскреб станет домом для EnCana Corp. – второй по величине газовой компании в Северной Америке и калгарийского офиса Cenovus Energy. Стоимость строительства составляет 1.5 миллиарда долларов. Здание станет самым высоким в Канаде, если не считать небоскреба Торонто. А благодаря высокоточной сети мониторинга оно сможет стоять по-настоящему прямо и гордо. ■

Об авторе:

*Вики Спид – журналист-фрилансер из г. Литтлтон, штат Колорадо, США.
(vickispeed1@comcast.net)*

нальная металлоконструкция, позволяющая придать строению серповидную форму. Стальной каркас с треугольным основанием позволяет существенно облегчить конструкцию, уменьшить число опорных элементов и толщину стен лифтовых шахт.

Подробнее – на www.the-bow.com