УДК 528.48:624.56

О.П.СЕРГЕЕВ
Петербургский государственный университет путей сообщения

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВАНТОВОГО МОСТА ЧЕРЕЗ НЕВУ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Кафедра «Инженерная геодезия» университета путей сообщения выполняет геодезические работы на строительстве вантового моста через р.Неву в Санкт-Петербурге. Два стальных пилона высотой по 124 м будут держать на стальных канатах – вантах пролетное строение длиной 670 м (322 м – русловой пролет и два береговых пролета по 174 м).

Геодезическая разбивочная сеть для строительства моста, включающая 51 пункт, создана с применением электронных тахеометров и спутниковой системы GPS. Электронные тахеометры фирм «Leica», «Sokkia», «Topcon» с погрешностью измерения углов 2-3" и расстояний $(2 + 2 \cdot 10^{-6} S)$ мм позволяют с высокой точностью монтировать блоки пилона и пролетного строения.

Деформации пилонов и пролета, возникающие из-за влияния ветра и неравномерного прогрева солнцем, высокие требования к точности установки устройств крепления вант в пролете и пилонах потребовали разработки оригинальных методик геодезических работ с применением лазерных и высокоточных приборов.

«The Engineer Geodesy Department» of Petersburg State Transport University (PGUPS) carries out the geodesic work on cable-stayed bridge building across the river Neva in Saint-Petersburg. Two steel pylons each at a height of 124 m will hold the space construction of 670 m long (322 m – channel span and two land spans – each of 174 m long) on steel ropes – stays.

The geodesic network for bridge building, including 51 points, is created with application of electronic tacheometers and satellite system GPS. Electronic tacheometers of such firms as Leica, Sokkia, Topcon, with angle measurement error of 2-3" and distance measurement error of $(2 + 2 \cdot 10^{-6} S)$ mm allow to mount the pylon units and span structures with high precision.

The deformations of pylons and the span appearing because of the wind load and the irregularity of the sun heating and also high demands for precise arrangement of fastening units of stays in the span and pylons required to develop the original methods of geodesic work with use of laser devices and high precision apparatus.

Кафедра «Инженерная геодезия» ПГУПС в течение многих лет выполняет геодезические работы на крупных объектах транспортного строительства нашей страны. При участии кафедры построены мосты в Санкт-Петербурге, Москве, Омске, Комсомольске-на-Амуре, Березниках, Риге, Киеве, Котласе, Сургуте, подводный тоннель в Санкт-Петербурге. Продолжаются работы на строительстве моста через р.Иртыш в Ханты-Мансийске, вантового моста через р.Неву и путепроводов, входящих в кольцевую автодорогу (КАД) Петербурга.

Вантовый мост через р.Неву строят в районе Обухово. На строительстве моста занят один Санкт-Петербургский и три московских мостоотряда. Два стальных пилона высотой по 124 м будут держать на стальных канатах – вантах пролетное строение длиной 670 м (322 м – русловой пролет и два береговых пролета по 174 м). На левом и правом берегах строят эстакады со съездами.

Геодезическая разбивочная сеть для выполнения разбивочных работ и контроля за строительством моста создавалась поэтапно и состоит из трех частей: центральной, обеспечивающей строительство вантовой части моста, лево- и правобережных, обеспечивающих строительство эстакад и съездов на соответствующих берегах реки. На июль 2001 г. сеть содержала 51 пункт. В ходе строительства моста в сеть добавляют новые пункты.

Угловые и линейные измерения в сетях выполняли электронными тахеометрами SET300 (фирмы «Sokkia»), GTS-223 (фирмы «Topcon»), TCR 1102 (фирмы «Leica»). Для связи между собой трех участков геодезических сетей, вытянутых вдоль трассы КАД, а также с сетью городской полигонометрии на восьми пунктах были выполнены измерения спутниковой системой GPS. Точность взаимного положения пунктов не выходит за пределы ±3 мм.

На создание геодезических разбивочных сетей, на геодезическое сопровождение строительства вантовой системы моста и на строительство эстакад были составлены проекты производства геодезических работ.

Отметки через Неву передавали в створе вантового моста. Измерения выполняли одновременно тахеометром SET300 и нивелиром H05. Прямые и обратные измерения превышений, выполненные тахеометром, разошлись на 2 и 3 мм на расстоянии 320 м между пунктами и отличаются от превышений измеренных нивелиром на 3 и 5 мм.

Сотрудники кафедры «Инженерная геодезия» ПГУПС выполняли геодезическое сопровождение всех видов строительных работ: возведение опор моста и эстакад, монтаж пролетных строений эстакад и съездов, монтаж блоков пилонов и блоков вантового пролета. Однако наибольшие трудности возникли при выполнении исполнительной съемки анкерных устройств крепления вант на пролете и в пилоне.

На анкерном устройстве для крепления вант на пролете (мортире) опорная плита должна быть ориентирована в системе координат блока пролетного строения с высокой точностью. Допуск на отклонение ее поверхности от проектной плоскости $\Delta = 0{,}5°$. Исходя из этого точность геодезических работ, согласно требованиям СНиП, $m = \Delta / 5 = 0{,}1° = 6'$.

Для опорной плиты мортиры, имеющей размеры от 335×335 до 550×550 мм, средняя квадратическая погрешность определения координат $m_{x,y} \cong 6 \times 400 / 3437{,}7 \cong 0{,}7$ мм. Данной точности определения координат точек мортиры отвечают электронные тахеометры с погрешностью измерения углов $m_\beta = 0{,}5''$ и измерения расстояний $m_S = (1 + 1 \times 10^{-6}\, S)$ мм, в частности TC2003 или TCA2003 фирмы «Leica».

Анкеры крепления вант на пилоне представлены опорной плитой, которая через клиновидную прокладку упирается в опорные ребра пилона размерами от 435×435 до 770×770 мм. Исполнительная съемка опорной поверхности в пилоне осложняется тем, что работу выполняют на высоте от 70 до 120 м. В этих условиях большое влияние на положение опорной поверхности оказывает ветровая нагрузка на пилон и деформации, вызванные неравномерным нагревом пилона солнцем.

Предложены три метода определения пространственного положения опорной поверхности анкера.

В первом методе определяют положение нормали к опорной поверхности при помощи специально разработанного приспособления, так называемого лазерного указателя нормали. Это приспособление крепится к опорной поверхности, лазерный луч задает положение нормали, две точки этого луча координируют электронным тахеометром.

Во втором методе положение нормали к опорной поверхности определяют при помощи лазерного безотражательного тахеометра и зеркала. Зеркало прислоняют к опорной поверхности, а лазерный тахеометр устанавливают так, чтобы луч, отраженный от зеркала, попадал в объектив тахеометра. Затем тахеометром измеряют угол наклона и дирекционный угол лазерного луча, который совпадает с положением нормали.

В третьем методе с наземных пунктов геодезической сети определяют пространственные координаты точки внутри пилона в уровне опорной плоскости, а затем уже с этой точки координируют точки опорной поверхности. Все измерения выполнят электронным тахеометром.

На конец сентября 2003 г. натянуты три пары вант на пилоне левого берега. Для определения положения опорных поверхностей анкеров крепления вант применялся третий метод. При натяжении следующих вант планируется использовать два других метода определения положения анкерных устройств.