

К.И. Рожкова, Д.Н. Сурсанов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

КЛАССИЧЕСКИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЯ

Рассматриваются вопросы измерения деформаций основания различными методами. Проводится сравнение классических и современных методов.

Ключевые слова: деформации оснований, измерение деформаций.

Измерения деформаций оснований фундаментов зданий и сооружений проводятся в целях определения абсолютных и относительных величин деформаций и сравнения их с расчетными, выявления причин возникновения и степени опасности деформаций для нормальной эксплуатации зданий и сооружений, получения необходимых характеристик устойчивости оснований и фундаментов, уточнения расчетных данных физико-механических характеристик грунтов, уточнения методов расчета и установления предельных допустимых величин деформаций для различных грунтов оснований и типов зданий и сооружений.

Метод измерений перемещений фундамента устанавливается в зависимости от требуемой точности измерения, конструктивных особенностей фундамента, инженерно-геологической и гидрогеологической характеристик грунтов основания, возможности и экономической целесообразности применения метода в данных условиях.

Перед началом измерений вертикальных перемещений фундаментов устанавливаются реперы – исходные геодезические знаки высотной основы и деформационные марки – контрольные геодезические знаки, размещаемые на зданиях и сооружениях, для которых определяются вертикальные перемещения.

Согласно ГОСТ 24846–81 «Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений» [1] методы измерения перемещений принимаются в зависимости от классов точности измерения, целесообразных для данного метода. При измерении перемещений различают вертикальные и горизонтальные перемещения оснований фундаментов.

Перед началом измерений вертикальных и горизонтальных перемещений и кренов устанавливаются реперы, опорные знаки, деформационные марки, ориентирные знаки.

В качестве опорных знаков используются неподвижные в горизонтальной плоскости столбы, обратные отвесы, реперы. В качестве ориентировочных знаков допускается использовать неподвижные в горизонтальной плоскости столбы, пункты триангуляции, удобные для визирования точки зданий и сооружений.

Вертикальные перемещения оснований фундаментов следует измерять одним из следующих методов или их комбинированием:

Название метода	Область применения метода
Геометрическое нивелирование	Применяется в качестве основного метода измерения вертикальных перемещений
Тригонометрическое нивелирование	Применяется при измерениях вертикальных перемещений фундаментов в условиях резких перепадов высот
Гидростатическое нивелирование	Применяется для измерения относительных вертикальных перемещений большого числа точек, труднодоступных для измерений другими методами, а также в случаях, когда нет прямой видимости между марками или когда в месте производства измерительных работ невозможно пребывание человека по условиям техники безопасности
Фотограмметрический (стереофотограмметрический)	Применяется при неограниченном числе наблюдаемых марок, устанавливаемых в труднодоступных для измерений местах функционирующих зданий и сооружений

Горизонтальные перемещения фундаментов зданий и сооружений по [1] следует измерять одним из следующих методов или их комбинированием:

Название метода	Область применения метода
Метод створных наблюдений	Применяется в случае прямолинейности здания (сооружения) или его части и при возможности обеспечить устойчивость концевых опорных знаков створа
Метод отдельных направлений	Применяется при невозможности закрепить створ или обеспечить устойчивость концевых опорных знаков створа
Метод триангуляции	Применяется, если здание или сооружение возводится в пересеченной или горной местности, а также при невозможности обеспечить устойчивость концевых опорных знаков створа

Величины суммарных деформаций, происшедших за соответствующий период наблюдений, определяются по разности координат, полученных по данным текущего и начального циклов наблюдений.

Деформации грунта также могут быть измерены в лабораторных условиях методами рентгенографии, фотограмметрии, муара и обработкой цифровых образов.

Метод фотофиксации позволяет определить очертание траекторий перемещения частиц. При моделировании плоско-деформированного состояния фундаментов совместно с основанием используются жесткие лотки различной конструкции.

Одна из стенок лотка выполняется из прозрачного стекла или оргстекла. На лоток монтируется устройство нагружения, а также необходимые датчики – силы, перемещения и др.

Используя модели фундаментов в лотке, можно исследовать различные краевые вопросы фундаментостроения: фундаменты мелкого и глубокого заложения, свайные фундаменты, подпорные стены, анкерные фундаменты и т.д.

В методе фотограмметрии для измерения деформаций на боковой поверхности грунта за прозрачной стенкой лотка формируется сетка из марок, расположенных с определенным шагом. На каждой ступени нагружения производится фотосъемка. Затем вычисляются деформации элементов сети и строятся поля перемещений и деформаций. Недостатком этого метода является трудоемкость в исполнении и невысокая точность.

С разработкой новой методики измерения полей скоростей PIV (particle image velocimetry) жидкостей и газов появилась возможность автоматизации измерений деформаций и в грунте основания [2]. Эта методика для определения деформаций грунта не требует формирования на поверхности последнего сетки из марок и обладает высокой точностью измерений.

Данный метод предполагает использование цифровой фотографии, фотограмметрии и технологии обработки образов (PIV). Одна ступень нагружения может длиться от нескольких минут до десятков минут, что дает возможность применять обычные цифровые фотокамеры. Точность измерения деформаций при помощи цифровых изображений напрямую зависит от разрешения фотоснимка. При увеличении разрешения в два раза точность определения деформаций также увеличивается в два раза.

Деформацию грунта рассматривают как вялотекущий процесс потока жидкости. В отличие от жидкости природный песок имеет соб-

ственную текстуру, которая сформирована частицами самого песка (различной формы), а также зазорами и тенями между частицами. Для анализа полей деформаций других грунтов, например глины, которая не имеет собственной ярко выраженной текстуры, используют песок, который помещается в месте контакта грунта со стеклом.

Для измерения деформаций грунта необходимо сделать фотографии на каждой ступени нагружения. Затем фотографии попарно обрабатываются методом PIV, в результате чего получают инкрементальные значения перемещений частиц грунта, которые впоследствии складываются. По полученным значениям перемещений вычисляются величины деформаций.

В основе метода PIV лежит техника поиска соответствия изображений. Для реализации этой техники рассматриваются два изображения I_1 и I_2 , которые делятся на малые области размером от нескольких единиц до десятков пикселей. Затем каждая область первого изображения сравнивается с соответствующей областью второго изображения.

В результате сравнения двух областей вычисляется функция корреляции, зависящая от двух переменных – перемещения области первого изображения по оси X и оси Y . Для определения истинных перемещений рассматриваемой области производят поиск максимума функции корреляции с точностью до пикселя. Затем для уточнения до долей пикселя величины истинных перемещений производят межпиксельную интерполяцию величин функции корреляции.

Точность метода PIV зависит от метода вычисления перемещений, а также от размера областей, на которые делится фотография. Чем больше размер области, тем выше точность определения перемещений. После определения перемещений областей изображений необходимо перевести полученные перемещения из пикселей в единицы длины – миллиметры или сантиметры.

Для адекватного сопоставления координат объекта в области изображения и его физических координат требуется калибровка камеры.

Список литературы

1. ГОСТ 24846–81. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений.
2. Болдырева Е.Г., Живаев А.А. К определению деформаций грунта в основании моделей фундаментов.

Получено 12.09.2011