

МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ОСНОВАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

METHODS OF SUPERVISION OVER DEFORMATIONS OF THE BASES AND CONSTRUCTIONS



Кроличенко О.В. / Krolichenko O.V.

Аспирант кафедры геодезии и геоинформатики Государственного университета по землеустройству / Postgraduate student of the chair "Geodesy and geoinformatic", The State University Use Land Planning

e-mail: olesya_krol@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены методы наблюдения за деформациями оснований и сооружений. Производится расчет устойчивости инженерного сооружения и на основании этого расчета делается прогноз поведения инженерного сооружения, что позволяет предотвратить неправильный выбор площадки под строительство инженерного сооружения. Представлен метод наклономерных наблюдений, который дает возможность непрерывно получать деформации грунта под воздействием внешнего давления и осадки сооружения.

Ключевые слова: метод наблюдений, устойчивость инженерного сооружения.

Abstract. In given article it is told about methods of supervision over deformations of the bases and constructions. Calculation of stability of an engineering construction is made and on the basis of this calculation the forecast of behavior of an engineering construction that allows to prevent a wrong choice of a platform under building of an engineering construction becomes. In article the method of inclination supervision which gives the chance to receive continuously deformations of a ground under the influence of external pressure and construction deposits is given.

Keywords: a method supervision, stability of an engineering construction.

Для наблюдений за деформациями оснований и сооружений применяются геодезические, наклономерные и геодинамические методы наблюдений. При этом между ними должна быть установлена самая тесная связь, т.е. комплексный подход к результату смещений оснований инженерных сооружений.

Геодезические методы наблюдений до 70-50-х годов являлись основными [1], [2]. Недостаток данных методов это их дискретность и в настоящий момент они являются контрольными, т.к. требуется момент начала разлома фундаментной плиты и точка начальных деформаций.

К не геодезическим относятся методы, и приборы, с помощью которых определяется перемещения в плане или по высоте двух соседних наблюдаемых марок объектов. Приборы, применяемые для подобных измерений, закрепляют вблизи сооружения (глубокие реперы и скважины наклономеры) либо непосредственно на сооружении или внутри него таким образом, чтобы они перемещались вместе с сооружением (наклономеры, стойки, термометрические датчики).

Помимо собственных наблюдений за деформациями приводят исследования физико-механических свойств грунтов основа-

ния, измерения напряжения под подошвой фундамента и в узких сооружениях, измерения температуры грунтового основания фундаментной плиты сооружения, уровня грунтовых вод. Данные физико-механических наблюдений необходимы для выявления характера деформаций оснований инженерных сооружений и установленные осадки и горизонтальные смещения.

Определение предельной нагрузки на фундаментную плиту и решение задачи Пендаля для жесткого использовались в работах Кроличенко В.Ф. [3,4] Лейтес В.С., Кроличенко О.В.

Пределом анализа предельного состояния является задача прогнозирования поведения строящегося и в дальнейшем эксплуатируемого инженерного сооружения, то есть деформации и осадка этого инженерного сооружения.

При этом необходимо вычислить параметры и величины, характеризующие упругие и прочностные свойства горных пород, при этом надо учитывать сведения о проведении их во времени. Расчетная (аналитическая) часть решения задач такого рода сопряжена со значительными математическими трудностями, поскольку горные породы по своим упругим свойствам являются исключительно неоднородной средой, а в основе расчетов лежат сложные дифференциальные уравнения теории упругости.

Для того чтобы получить аналитическое решение указанных задач часто приходится исходить из предложения, что упругие параметры материала являются постоянными величинами, т.е. решения получают на основе линейной теории упругости. Такие величины отличаются строгостью постановки задачи, а полученные результаты, как правило, обладают однозначностью и представляют большой интерес. Однако результаты этих вычислений и опытные данные заметно различаются между собой; причем если при малых напряжениях и при напряжениях, близких к предельным, расхождения между расчетными и опытными данными являются весьма значительными. Связано это с тем, что практически все горные породы являются существенно нелинейными и при больших напряжениях модель линейной упругости для них является весьма грубым

приближением. Поэтому выводы, полученные путем аналитического решения, используются преимущественно для качественного анализа напряженно-деформированного состояния массива.

Упругость большинства горных пород мало соответствует модели линейно-упругого тела. Это означает, что их модули упругости не являются постоянными величинами. Для описания напряженно-деформированного состояния массива горных пород законы Гука можно использовать только при условии, что модули упругости считают функции от напряжений. Как указывается в [1], нет определенного типа функции, аппроксимирующей зависимость модулей упругости от напряжений (или деформаций). Для выбора вида этой функции используют экспериментально снятые диаграммы напряжения – деформация. Поскольку описание экспериментальных данных производятся эмпирическими формулами, т.е. феноменологические, то, следовательно, выбор типа аппроксимирующей функции в какой-то мере субъективен. На практике используют степенную, комбинированную степенную, дробно-линейную и другие типы зависимостей. Основанием при выборе типа зависимости является лучшее соответствие условиям задачи, экспериментальным данным и удобство пользования [1].

При некоторых геофизических исследованиях (например, изучении процессов подготовки очага землетрясения) и решения инженерно-технических задач на устойчивость, напряженно-деформированное состояние массива горных пород изучается при напряжениях, близких к пределу прочности пород. В этом случае лучше всего использовать дробно-линейную или экспоненциальную типы зависимостей, каждая из которых позволяет одной формулой описывать предельное и допредельное состояния. Для этого в формулы вводятся параметры, характеризующие пределы прочности материала, вследствие чего поведение упругих модулей вблизи предельного состояния соответствует экспериментально установленному факту усиления нелинейности пород при напряжениях, близких к разрушающим.

При дробно-линейной зависимости [1] формулы для модулей упругости имеют вид:

$$\mu = \mu_0(1 - \tau/\tau_s) \quad (1)$$

$$E = E_0(1 - \sigma_x/\sigma_s) \quad (2)$$

$$K = k_0(1 + \rho/\theta_{np}k_0) \quad (3)$$

где μ_0 , E_0 , k_0 - соответственно модуль сдвига, модуль Юнга и объемный модуль при исчезающе малых напряжениях; τ_s , σ_s - соответствующие значения пределов прочности (для пластичных-текущих) при сдвиге и сжатии (растяжении); θ_{np} - предельное значение объемной деформации при всестороннем сжатии; τ , σ_x , ρ - текущие значения напряжений сдвига, сжатия (или растяжения) и всестороннего давления соответственно.

Приведенные формулы являются следствием модернизации закона Гука дробно-линейной зависимостью между касательными напряжениями и деформациями, что было предложено еще в 1931 г. С.П. Тимошенко. Легко видеть, что (1) и (2) не симметричны по отношению к знаку напряжений. Это требует уточнения. По-видимому, для горных пород более правильным следует считать формулы, в которых содержатся квадраты или модули напряжений, так как на него действуют как нормальные, так и касательные напряжения.

Нормальные и касательные напряжения, действующие на элемент породы, вызывают соответствующие деформации его граней. Нормальные составляющие напряжений вызывают деформации сжатия элемента или растяжения, а касательные напряжения - деформации сдвига граней.

При практическом пользовании формулами (1)-(3) решающую роль играет выбор значений предельных напряжений. Осуществляется это на основании теории прочности и экспериментальных данных. Для горных пород наиболее часто применяется теория Мора [2]. Она отличается наглядностью и учитывает различие пределов прочности при одноосном растяжении и сжатии. Основным элементом этой теории, как известно [1,2], является построение предельной диаграммы Мора и ее огибающей. Для многих материалов считается, что огибающая кругов Мора является прямой линией, в связи с чем изучение предельного со-

стояния упрощается. Для большинства горных пород ввиду сильной нелинейности их упругих и прочностных характеристик огибающую кругов Мора нельзя считать прямой линией, т.е. для этих пород она нелинейна. Кроме того, для одной и той же горной породы вид и положение огибающей на диаграмме изменяется, а зависимости от физических условий ее залегания (влажности, температуры, состава подземных вод). Поскольку при наличии парового давления подземных вод прочность пород на сдвиг существенно снижается, то характер огибающей будет заметно зависеть от величины этого давления. Отметим, что изменения характера этой огибающей, ее нелинейность, а также нелинейность упругих постоянных необходимо учитывать при изучении предельного состояния любых массивов горных пород. Кроме упомянутых выше нелинейных свойств, горные породы обладают еще и ползучестью, которая связана с переходом упругих деформаций в пластические, необратимые. Ползучесть в той или иной мере присуща всем твердым телам, как кристаллическим, так и аморфным, подвергнутым любому виду нагрузок. Ползучесть имеет место при температурах от криогенных до близких к температуре плавления. Деформация и скорость ползучести при постоянной нагрузке увеличивается с ростом температуры. Ползучесть, усиливается как в формулах (1)-(4), так и в предельных диаграммах Мора. Поэтому практическое применение формул и диаграмм требует известной осторожности. Поскольку в допредельном состоянии ползучесть имеет долговременный и монотонный характер, то без особого риска их можно использовать при изучении геофизических и геотехнических процессов, имеющих короткопериодный характер, тем более, что в случае многократного деформирования необратимые деформации "выкачиваются".

На примере задачи о предельном напряженном состоянии откосов горных пород покажем, к каким результатам приводят нелинейность огибающей кругов Мора. Особенностью этой задачи является то, что здесь ясны исходные условия и аналитические вычисления почти всегда поддаются опытной проверке. Кроме того, задача в

практическом отношении весьма важна для строительства инженерных сооружений повышенного риска.

Рассматривая в дальнейшем данную задачу как о предельной поверхностной нагрузке на жесткопластический массив (рис.1) получим известную формулу Л. Прендаля [3].

$$\sigma_y(1.2) = -\tau_s(1 + 1,5\pi - 0,5\pi + \sin 0,5\pi) = -\tau_s(2 + \pi) \quad (4)$$

где τ_s – предельно-касательное напряжение на площади S ; σ_y – среднее напряжение по оси y .

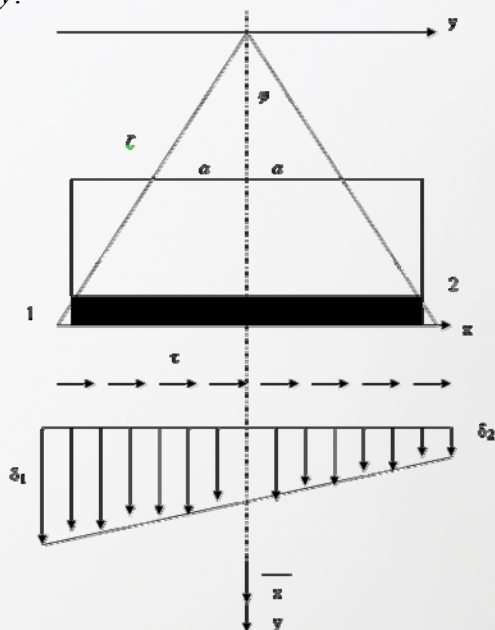


Рис.1. Задача о предельной поверхностной нагрузке на жесткопластический массив

Но в нашем случае мы убеждаемся, применяя предложенный метод, что нагрузки на грунтовый массив равномерные и таким образом на рис. 2 показано решение задачи Прендаля определения деформаций.

В области 1, в пластической среде

$$\begin{aligned} \sigma_y &= 2\tau_s(1 + 0,5\pi); \\ \sigma_x &= -\pi\tau_s, \tau_{xy} = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

В области 3

$$\begin{aligned} \sigma_y &= 0; \\ \sigma_x &= -2\tau_s; \\ \tau_{xy} &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

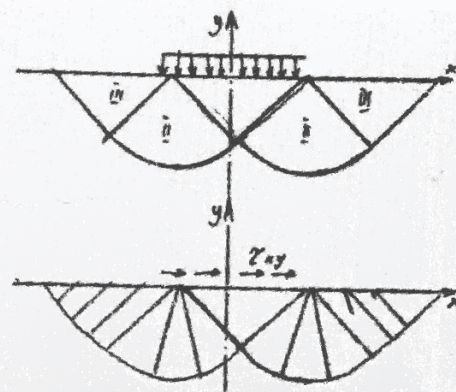


Рис.2. Определение деформаций для решения задачи Прендаля

Формулы (1)-(6) приемлемы как для расчета осадок инженерных сооружений, так и для выбора строительной площадки. Метод наклономерных наблюдений дает возможность непрерывно получать деформации грунта под воздействием внешнего давления и осадки сооружения, а по трудоемкости и стоимости он в 10 раз дешевле, чем все перечисленные методы наблюдений. Данная методика найдет широкое применение при изысканиях и строительстве инженерных сооружений и связанных с деформациями инженерных сооружений повышенной рискованной оценки, возникающего из-за неоднородности насыпного грунта и неудовлетворительного свайного основания под фундаментом сооружения. Такими фундаментами являются основания по ряду АЭС и физических и электромагнитных установок научного плана, а так же ряда гидростанций построенных более 40 лет назад.

Литература

1. Капустян Э.С. Разрушение и повреждения бетонных плотин на скальных основаниях. М- Санкт Петербург.: 1997
2. Кроличенко В.Ф. Определение смещений и абсолютной осадки сооружений методом наклономерных наблюдений // Геодезия и аэрофотосъемка – 2000 - №5
3. Барковский Е.В. Автоматизированная наклономерная система и ФЗ РАН (автореферат) - М.: 1985.
4. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения / Минстрой России М.: ГПЦПП, 1996.-70 с.

(с) Кроличенко О.В., 2011