

# 13 Лекция. Особенности инженерно-геологических свойств грунтов. Механические свойства горных пород. Закономерности пространственной изменчивости свойств грунтов.

**Механические свойства** горных пород определяют их поведение под воздействием внешних усилий – нагрузки. В песчаных и других обломочных и глинистых породах при этом происходит изменение внутреннего сложения и объема (уплотнение), т.е. уменьшение пористости и увеличение концентрации минеральных частиц в единице объема. Чем значительнее эти изменения пород под воздействием определенной нагрузки, тем большей деформируемостью они обладают. Когда под влиянием внешних усилий в породах возникают касательные силы, превышающие сопротивление сдвига, порода начинают разрушаться, наступает потеря прочности.

Следовательно, механические свойства песчаных и глинистых пород как и любых других, характеризуются их деформируемостью и прочностью. Их выражают деформационными и прочностными показателями: деформируемость – показателями сжимаемости (деформируемости), а прочность – сопротивлением сдвигу. Они позволяют прогнозировать осадки сооружений, определять устойчивость пород в их основании, а при конструировании фундаментов предельно использовать несущую способность грунтов.

Показателями, выражающими сопротивление пород сдвигу, дают возможность проектировать заложение откосов плотин, насыпей, дамб, бортов карьеров с минимальным объемом земляных работ, определять устойчивость склонов и оползней, определять рациональное сечение и устойчивость различных сооружений в т.ч. бетонных плотин. Поэтому изучению деформационных и прочностных свойств песчаных и глинистых пород необходимо уделять особенно большое внимание.

Сжимаемостью породы называют ее способность к уменьшению объема под воздействием нагрузки.

При сжатии породы вертикальной нагрузкой в условиях свободного бокового расширения при одноосном сжатии относительной деформацией ( $e$ ) называют отношение величины абсолютного уменьшения нагруженного образца ( $\Delta h$ ) к его начальной высоте ( $h_0$ )

$$e = \Delta h / h_0 \quad (15)$$

Зависимость между напряжением ( $\delta$ ) и величиной относительной деформации ( $e$ ) при нагрузках меньше предела пропорциональности определяется выражением:

$$\delta = Ee \quad (16)$$

$E$  – модуль упругости.

При сжатии образца вертикальной нагрузкой происходит увеличение диаметра ( $d_0$ ) его поперечного сечения на абсолютную величину ( $\Delta d$ ). Отношение  $e_n = \Delta d / d_0$  (17) есть относительная деформация в поперечном направлении.

Отношение  $e_n / e = M$  (18) для данного материала является величиной постоянной и называется коэффициентом поперечной деформации – коэффициентом Пуассона.

Сопротивление сдвигу.

Прочностные свойства пород определяются рядом показателей, относящихся к категории прямых расчетных показателей. Прочность пород характеризуется способностью сопротивляться сдвигающим усилиям (сопротивление к сдвигу). Сдвигом называется процесс деформации и разрушения породы вследствие смещения одной ее части относительно другой. Сдвиг по данной площадке вызывается касательным напряжением к ней. Сопротивление сдвигу зависит от величины вертикальной нагрузки, приложенной к образцу. Прочность пород оценивается в основном по теории Мора, согласно которой разрушение тела происходит при определенном предельном соотношении нормальных и касательных напряжений.

Изучение обломочных несвязных пород показывает, что уравнение, характеризующее их сопротивление сдвигу часто имеет вид:  $T = c + f\delta_n$  (19), где

$t$  – сопротивление сдвигу, МПа

$c$  – параметр, характеризующий начальное сопротивление сдвигу

$\delta_n$  – нормальное давление

$f$  – коэффициент внутреннего трения.

Эта зависимость установлена Кулоном в 1773 г. и для несвязных пород формулируется так: «Сопротивление рыхлых несвязных пород сдвигу есть сопротивление трению, прямо пропорциональному давлению». Это один из основных законов механики для песчаных и других несвязных пород.

***Для сравнения и точности понимания повторим : Физико-механические свойства скальных и полускальных пород подразделяются на физические, водные и механические.***

Главнейшими физическими свойствами этих пород является плотность и пористость, кроме того у полускальных пород имеет значение влажность. Для характеристики физического состояния скальных и полускальных пород решающее значение имеют: степень их выветрелости, трещиноватости и закарстованности.

Водные свойства главнейшие: водоустойчивость, влагоемкость и водопроницаемость.

Водоустойчивость характеризуется в первую очередь их размягчаемостью. Любые горные породы, в том числе и кварцит, базальт и др. при насыщении водой размягчаются и теряют свою прочность.

Водопроницаемость. Скальные породы проницаемы только по трещинам. В полускальных – движение воды происходит как по трещинам, карстовым полостям и другим сверхкапиллярным пустотам, так и отчасти при соответствующих напорах – по микротрещинам и порам.

Механические свойства скальных и полускальных пород характеризуются также прочностью и деформируемостью.

Прочность скальных и полускальных пород принято выражать и оценивать временным сопротивлением сжатия, растяжению, сдвигу (скалыванию) и реже изгибу.

Полускальные породы (песчаники и алевролиты с глинистым цементом, глинистые сланцы, аргиллиты, глинистые известняки, доломиты и мергели и др.) отличаются от скальных пород пониженными прочностью и сопротивляемостью деформациям.

Деформации полускальных пород в обычных условиях до сравнительно небольшого значения нагрузки бывают упругими, затем когда нагрузка превышает предел пропорциональности, деформация растет быстрее нагрузки, получает развитие упруго-вязкие или остаточные пластические деформации.

Имеются дополнительные характеристики физико-механических свойств скальных и полускальных пород. Такие как: крепость горных пород, твердость, истираемость, износ, абразивность, буримость, морозоустойчивость и др.

### **Закономерности пространственной изменчивости свойств грунтов.**

Закономерности распространения геологических тел, геологическое строения тех или иных территорий связаны с геологической историей их развития, с условиями образования и существования пород в земной коре. Соответственно с этим связаны и основные закономерности пространственной неоднородности свойств горных пород. Они в первую очередь проявляются в стратиграфии стратификации отложений и комплексов пород, формах и

условиях их залегания и тектонической нарушенности. Это позволяет выделить в геологическом пространстве не только разности и комплексы горных пород не одного рода, но разного рода геологические структуры – массивные, слоистые, складчатые, разрывные и др.

Стратиграфия как известно отражает последовательность образования отложений и комплексов горных пород разного возраста, слагающих территорию и их возрастные соотношения, а стратификация – последовательность напластования разных петрографических типов горных пород в вертикальном разрезе, от поверхности земли на глубину. Все эти данные обычно показывают на геологических колонках, картах, разрезах и других материалах. Эти материалы позволяют наглядно представить какие отложения и комплексы горных пород разного возраста распространены по площади и на глубину. Из этих данных видна степень неоднородности и слоистости геологического строения рассматриваемой площади.

Многие горизонты, слои, толщи и комплексы горных пород, характерные в инженерно-геологическом отношении из-за своих особых свойств и физического состояния, занимают определенное место в геологическом разрезе (например, глины малой прочности, легко размокающие и разбухающие; пльвуны, горизонты пород повышенной закарстованности, водоносные и др.). Поэтому стратиграфия как бы контролирует (определяет) закономерности распространения и размещения таких геологических тел и соответственно закономерности неоднородностей горных пород.

Стратификация показывает границы раздела между петрографическими типами пород в геологическом разрезе, положение поверхностей, зон дробления, а также распространение водоносных горизонтов, локальных и региональных водоупоров относительно строительных объектов (котлованов, горных выработок и др.) и степень их защищенности от притоков подземных вод и их воздействия.

Неоднородность свойств горных пород может иметь закономерный и незакономерный (или точнее условно незакономерный) характер в пространстве и во времени. Например, на Русской равнине с севера на юг наблюдаются смены ледниковых моренных отложений водоледниковыми. Такое пространственное расположение разного рода отложений обуславливает разный характер геологического разреза в пределах внутриледниковой (интергляциальной) и приледниковой (перигляциальной) областей, что вполне закономерно связано с историей геологического развития.

Критериями неоднородности свойств пород являются:

1. Сложность геологического разреза, обуславливаемая распространением различных стратиграфических, генетических и петрографических типов пород, формой и условиями их залегания, невыдержанностью мощности и простираания тектонической нарушенностью.

2. Неоднородность физического состояния пород. Пространственная изменчивость горных пород связана главным образом с изменчивостью их состава, состояния и свойств.

Выяснение и оценка закономерностей распределения степени неоднородности и изменчивости инженерно-геологических условий территорий, свойств горных пород являются ведущими задачами системы инженерных изысканий.

Неоднородность и изменчивость свойств горных пород оказывают влияние на:

а) направление инженерно-геологических изысканий, т.е. исследований выполняемых при изучении геологического строения территории, организации геологического пространства. В состав этих исследований входят: расчленение неоднородности пространства на однородные части – регионы, области, районы, участки и выделение комплексов, толщ, слоев, горизонтов, зон горных пород по стратиграфическим, геологическим, петрографическим признакам и строительным качествам;

б) сложность геологического строения, инженерно-геологических условий территорий, условия рационального использования геологической среды и ее охраны;

в) степень детальности инженерных изысканий, и тем большую, чем значительнее неоднородность и изменчивость горных пород;

г) выбор мест расположения сооружений и необходимость выполнять инженерные изыскания на нескольких или многих конкурирующих участках;

д) размещение (компановку) сооружений на выбранном участке и необходимость выполнять геологические работы для нескольких вариантов компановки;

е) глубины врезки сооружений в горные породы и заложения их фундаментов, глубину заложения и направление подземных выработок и сооружений, устойчивость сооружений, их конструкцию и организацию строительных и горных работ, выбор расчетных схем и расчетных показателей свойств горных пород;

ж) возникновение и развитие геологических процессов и явлений, нарушение устойчивости территорий и сооружений;

з) выбор и осуществление инженерных мероприятий и в том числе конструктивных, для обеспечения устойчивости и сохранности территорий и сооружений;

и) состав, объем и методику инженерных изысканий.