

**Московский государственный университет путей
сообщения**

**Механика грунтов и
подземных сооружений**

Лекция №2

Курбацкий Евгений Николаевич

д.т.н. профессор кафедры “Мосты и тоннели”,



Свойства грунтового массива

Знание физико-механических характеристик грунта, слагающего массив, в котором предполагается вести строительные работы, является обязательным условием.

Реальный грунтовой массив представляет собой сложную среду, сформировавшуюся под влиянием различных геологических факторов. Свойства грунтов в такой среде существенно зависят от конкретных условий их залегания: мощности пластов, характера и формы напластования грунтов с различными механическими свойствами, их слоистости, чередования слоев, степени трещиноватости, количества систем трещин и т.д.



При обосновании расчетной схемы грунтовый массив можно рассматривать как среду: сплошную, дискретную, однородную или неоднородную, изотропную или анизотропную

Сплошная среда - это такая среда, которая непрерывна по своей структуре и, кроме того, обладает непрерывностью свойств или отсутствием резких изменений этих свойств.

Дискретная - это среда, расчлененная на отдельные структурные элементы - частицы или блоки, которые свободно опираются друг на друга и не имеют никакой связи. В зависимости от формы частицы или блоки определенным образом укладываются в систему и образуют массив.



Однородной является среда, в любой точке которой свойства одинаковы, в противном случае среда - *неоднородная*.

Изотропной среду называют в том случае, если ее свойства сохраняются по разным направлениям. Если свойства среды различны в разных направлениях, то среда - *анизотропная*.

Грунтовые массивы в самом общем случае по особенностям структурного строения, свойствам и поведению под влиянием внешних воздействий мало сопоставимы со сплошной средой, а в большей степени соответствуют признакам дискретной среды.



Механика дискретных сред применительно к подземным сооружениям в настоящее время практически не разработана.

Поэтому грунтовый массив с известной степенью идеализации рассматривается в механике подземных сооружений как сплошная среда, т.е. среда, в которой предполагается непрерывность поля напряжений и деформаций.

При этом многообразие типов грунтов и индивидуальные особенности грунтового массива в конкретных условиях строительства требуют дифференцированного подхода



Трещиноватость

Нарушение сплошности грунтового массива, сложенного твердыми грунтами (полускальными, скальными), проявляется в виде трещиноватости.

«Трещиноватость» это наличие в массиве поверх-ностей ослабления, по которым резко нарушено сцепление грунта.

По характеру происхождения различают трещино-ватость двух видов: *естественную* и *искусственную*.

Естественная трещиноватость грунтовых массивов связана с особенностями их образования.

Искусственная трещиноватость формируется в результате влияния на грунтовый массив взрывных работ при проходке или хрупкого разрушения грунтов от концентрации напряжений вокруг образованной выработки.



Влияние степени трещиноватости на прочностные свойства грунтового

Влияние трещиноватости можно учесть коэффициентом структурного ослабления.

Этот коэффициент характеризуют отношение пределов прочности трещиноватых грунтов в массиве k пределу прочности, определённую при испытании образцов:

N	Степень трещиноватости массива	Коэффициент трещиноватости	Коэффициент структурного ослабления, K_0
1	Слаботрещиноватые	$0.17 < \eta$	0.8
2	Трещиноватые	$0.08 < \eta < 0.17$	0.6
3	Сильнотрещиноватые	$0.04 < \eta < 0.08$	0.4
4	Раздробленные	$\eta < 0.04$	0.2

$$\sigma_c^m = K_0 \sigma_c$$

Для количественной оценки степени трещиноватости используется коэффициент трещиноватости $\eta = b_T / B$



Механические характеристики грунтов. Прочность на срез (сдвиг)

Прочность на срез (сдвиг) определяется двумя функционально связанными параметрами: сцеплением и углом внутреннего трения грунта. Эту функциональную связь выражают уравнением Кулона-Мора:

$$\tau_c = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + C$$

σ_n - нормальное напряжение при сдвиге;

φ — угол внутреннего трения;

C - сцепление.



Сцепление

Сцепление характеризует предельное сопротивление срезу по площадке, на которой отсутствует нормальное давление, т.е. нет сопротивления срезающим усилиям за счет внутреннего трения.

Величина сцепления различных грунтов меняется в пределах от сотых долей (глины, мергели, слабо сцементированные песчаники и др.) до нескольких десятков мегапаскалей (прочные песчаники, граниты, базальты).



Механические характеристики грунтов. Прочность на срез (сдвиг)

Прочность на срез (сдвиг) определяется двумя функционально связанными параметрами: сцеплением и углом внутреннего трения грунта. Эту функциональную связь выражают уравнением Кулона-Мора:

$$\tau_c = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + C$$

σ_n - нормальное напряжение при сдвиге;

φ — угол внутреннего трения;

C - сцепление.



Механические характеристики грунтов. Прочность на срез (сдвиг)

Прочность на срез (сдвиг) определяется двумя функционально связанными параметрами: сцеплением и углом внутреннего трения грунта. Эту функциональную связь выражают уравнением Кулона-Мора:

$$\tau_c = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + C$$

σ_n - нормальное напряжение при сдвиге;

φ — угол внутреннего трения;

C - сцепление.



Для определения характеристик грунтов проводятся испытания образцов

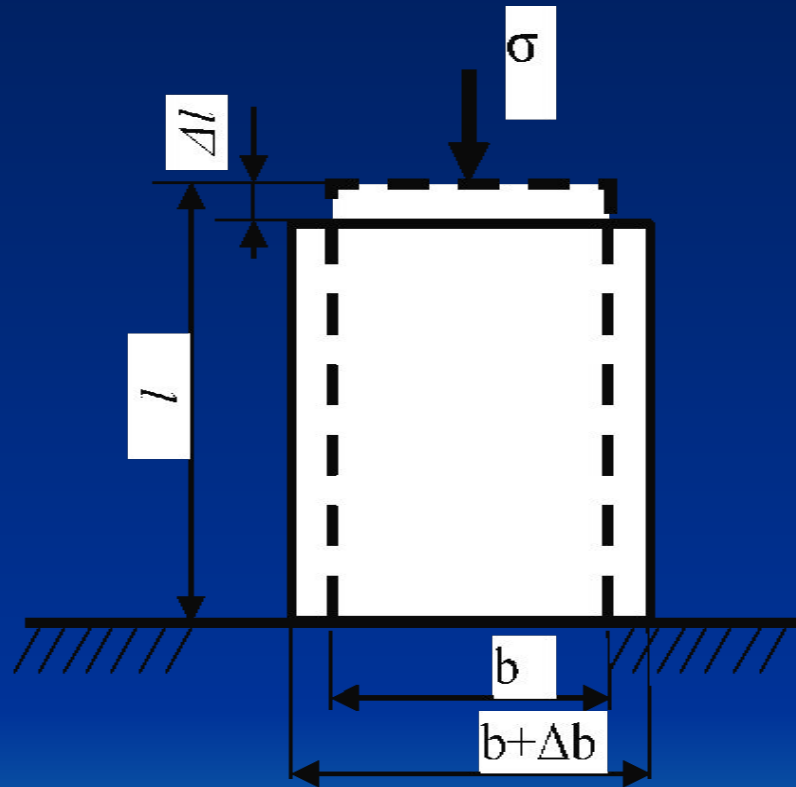
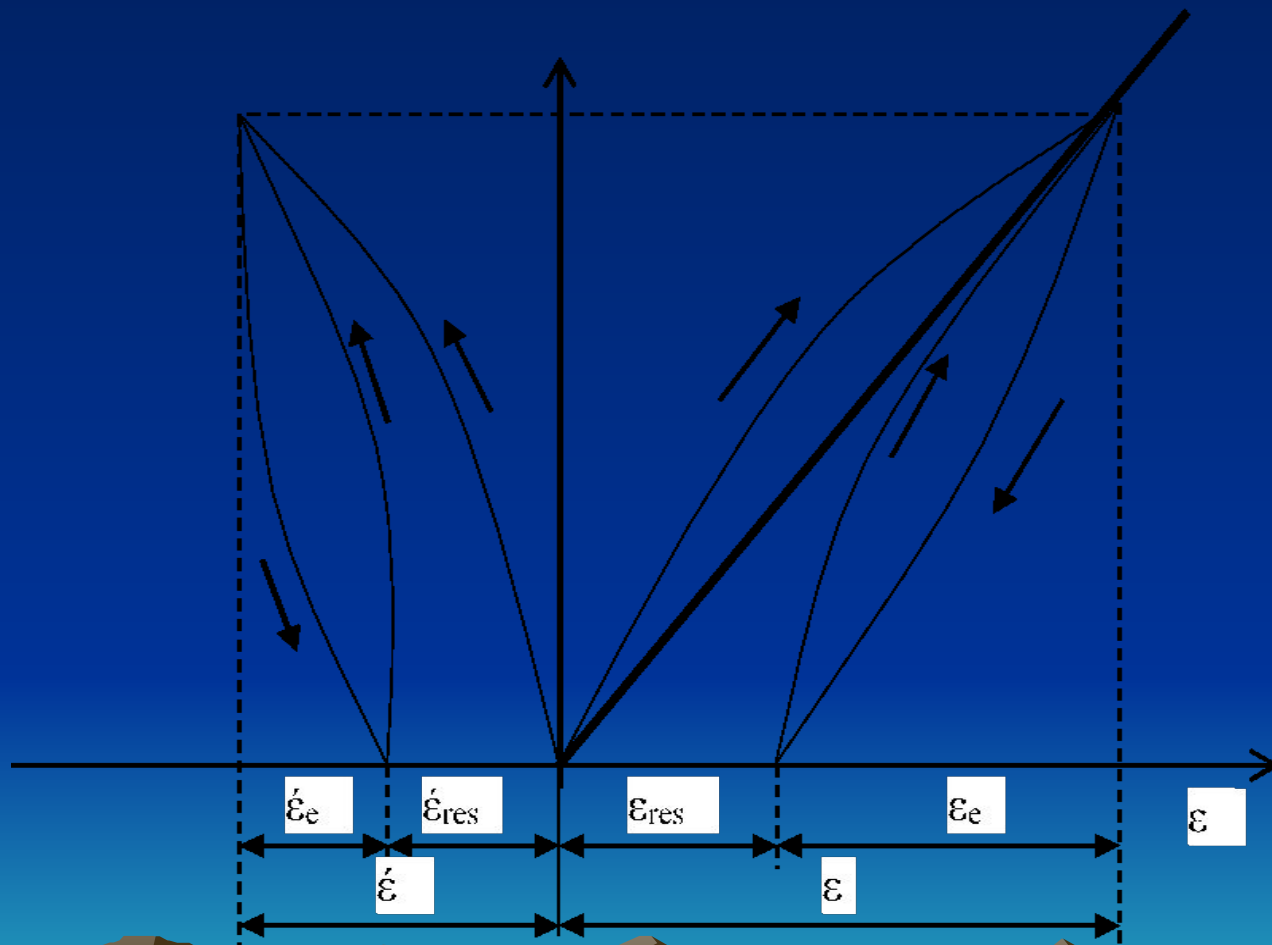


Схема испытания образца породы на сжатие

Типичные графики деформирования образца горной породы



Так как при строительстве подземных сооружений деформирование пород происходит только в одном направлении (сжатие), то кривые разгрузки можно не принимать во внимание.

Тогда основными характеристиками массива пород можно считать модуль общей деформации (или просто модуль деформации) и коэффициент поперечной деформации.



Упругое деформирование грунтов

Упругое деформирование представляет собой частный случай поведения грунтов до некоторого значения напряжений, называемого пределом упругости.

В этих пределах нагружения деформации носят чисто упругий характер и исчезают после снятия нагрузки (т.е. испытуемый образец восстанавливает первоначальную форму).



Механические характеристики грунтов. Прочность на срез (сдвиг)

Прочность на срез (сдвиг) определяется двумя функционально связанными параметрами: сцеплением и углом внутреннего трения грунта. Эту функциональную связь выражают уравнением Кулона-Мора:

$$\tau_c = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + C$$

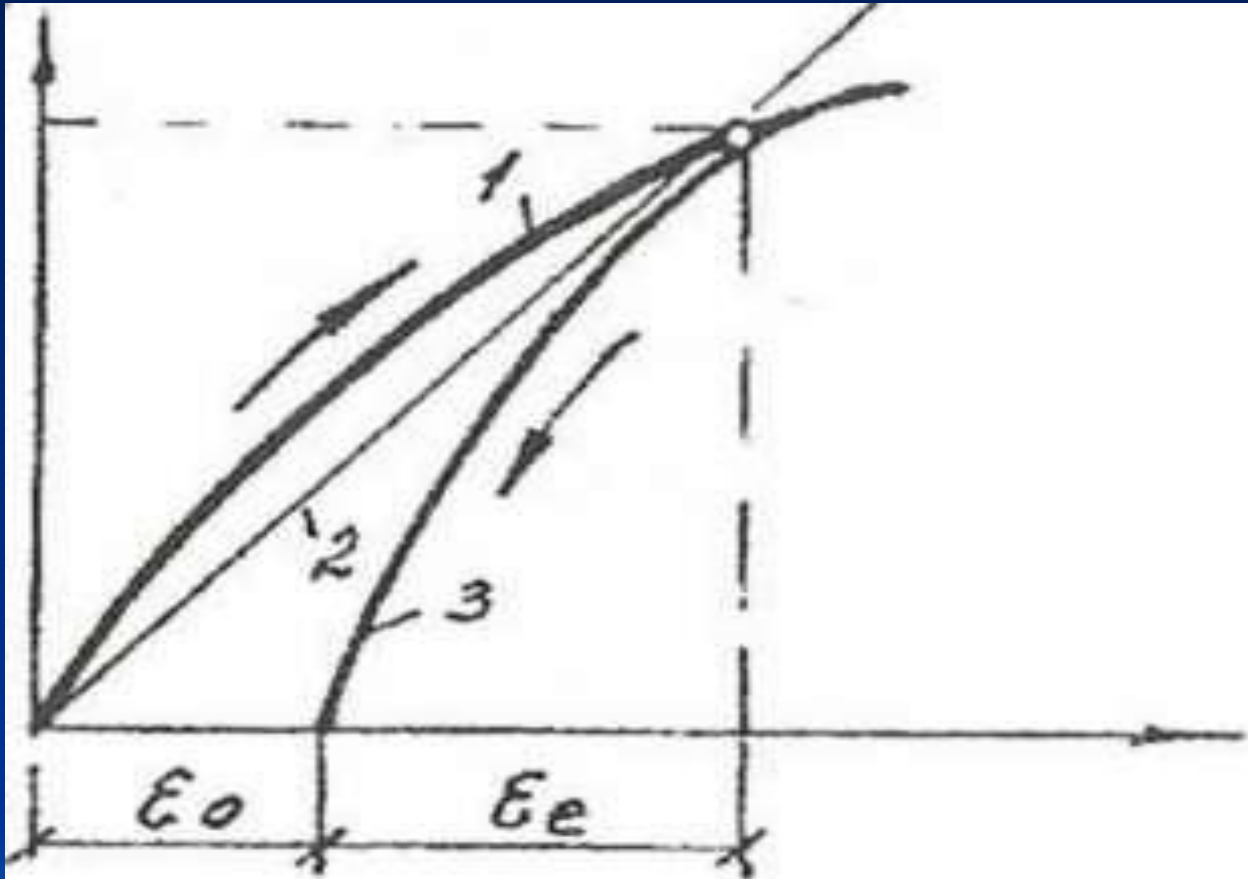
σ_n - нормальное напряжение при сдвиге;

φ — угол внутреннего трения;

C - сцепление.



Типичные графики деформирования образца грунта



- 1-3 деформации при одном цикле «нагрузка-разгрузка,
- 2- идеализированный график зависимости $(\sigma - \varepsilon)$

По результатам испытаний можно определить следующие характеристики горных пород:

$E_e = \sigma / \varepsilon_e$ - модуль упругости;

$E = \sigma / \varepsilon$ - модуль общей деформации;

$\nu = \varepsilon'_e / \varepsilon_e$ - коэффициент Пуассона;

$\nu = \varepsilon' / \varepsilon$ - коэффициент поперечной деформации.



МЕХАНИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГРУНТОВ

