Деформационные свойства грунтов

Физико-механические свойства

Деформационные свойства скальных грунтов

- в значительном диапазоне напряжений деформируются упруго и подчиняются закону Гука: $\varepsilon_{обр} >> \varepsilon_{ост}$
- для характеристики деф-х свойств в статических условиях используют:
  - модуль упругости (E)
  - коэффициент Пуассона *(μ).*

Деформационные свойства скальных грунтов определяются:

- 1. Минеральный состав;

  Чем больше Е минералов, тем больше Е грунта

- 2. Генезис;

  Чем при больших давлениях сформировалась порода, тем больше её упругие характеристики

- 3. Однородность (текстура, структура и мин. состав);

У слоистых грунтов наблюдается анизотропия констант упругости:

$$E_{\parallel} > E_{\perp}.$$

Упругие характеристики больше у грунтов с мономинеральным составом и однородной структурой

Деформационные свойства скальных грунтов определяются:

Упругие константы некоторых породообразующих минералов

(по Н.Б.Дортман, 1984)

Минерал	E, ГПа	G, ГПа	μ	Минерал	E, ГПа	G, ГПа	μ
Ортоклаз	63,6	24,2	0,31	Роговая обманка	128,8	50,4	0,28
Биотит	69,6	27,4	0,25	Эпидот	154,2	61,3	0,26
Сфалерит	70,1	26,0	0,35	Диопсид	160,3	63,6	0,26
Нефелин	77,4	31,2	0,24	Гематит	211,7	92,8	0,14
Кальцит	81,0	30,7	0,28	Магнетит	230,8	91,4	0,26
Лабрадор	87,0	33,6	0,29	Пирит	299,9	125,8	0,16
Кварц	96,4	44,0	0,08	Корунд	460,9	203,0	0,13

Упругие константы основных типов скальных грунтов

Грунт	Модуль упругости, E, ГПа	Модуль сдвига, G, ГПа	Коэффициент Пуассона
Магматические интрузивные грунты			
Граниты	39—78,0	12—29,2	0,12—0,29
Граниты порфировидные	47—64	20—27	0,20—0,28
Гранодиориты	55—73	15—32	0,14—0,29
Сиениты	60—65	24—26	0,22
Габбро	86—105	40—46	0,24
Габбро-нориты	88—96	30—36	0,22—0,29
Диабазы	21—120	11—48	0,26—0,32
Бронзититы	140—146	59—66	0,22
Оливиниты	150—159	59—64	0,25
Перидотиты	152—160	60—62	0,23—0,26
Пироксениты оливиновые	160—166	64—69	0,23—0,24
Магматические эффузивные грунты			
Андезитовые порфириты	47—73	20—30	0,17—0,24
Базальты	3—69	1,9—33	0,10—0,25
Туфобрекчии	23—63	11—28	0,15
Туфы пепловые	5—30	1—17	0,14—0,19
Метаморфические грунты			
Гнейсы	39—105	18—47	0,11—0,28
Скарны	67—130	32—49	0,16—0,24
Кварциты	75—95	37—45	0,14
Мраморы	75—82	32—39	0,3—0,32
Катаклазированные туфы	42—53	19—24	0,20
Сланцы кристаллические	49—60	21—24	0,14
Сланцы песчано-глинистые	5—75	2—31	0,1—0,39
Осадочные сцементированные грунты			
Известняки			
хемогенные	44—87	19—34	0,25—0,33
ракушечники	4—10	1,8—4,0	0,17—0,23
органогенные	5—70	2,4—26	0,23—0,30
кавернозные	1—7	0,6—3,2	0,27—0,28
глинистые	0,3—12	0,14—5,9	0,26—0,30
Доломиты	3—43	4,1—19	0,25—0,31
Мергели	1,1—6,0	0,9—2,8	0,28—0,31
Песчаники			
кварцитовые	18—68	22—46	0,09—0,19
карбонатные	0,4—29	0,19—0,45	0,23—0,24
глинистые	0,6—28	0,3—12,8	0,18—0,30
Алевролиты	7—30	3,3—14,5	0,20—0,30
Каменная соль	27—29	10—12	0,27—0,28

→, наибольшими константами упругости характеризуются мономинеральные ультраосновные интрузивные грунты

Деформационные свойства скальных грунтов определяются:

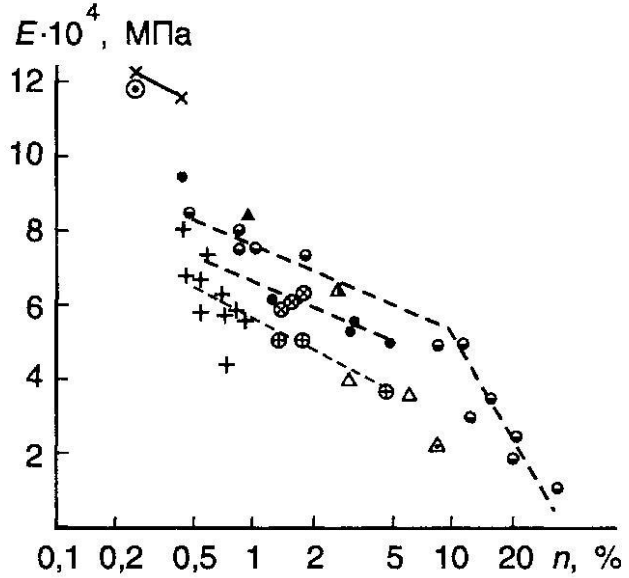
- 4. Трещиноватость и пористость;

Чем больше пустотность – тем меньше E,G и μ

- 5. Характер заполнителя пор и трещин;

Трещ-е грунты с мин. заполнителем обладают большей упругостью, чем без заполнителя.

Чем выше E,G и μ заполнителя – тем больше E,G и μ грунта



1 - мигматиты и гранитоиды; 2 - граниты; *3* - габбро и диабазы; 4 - лабрадориты; 5 - железистые кварциты; 6 - кварциты и песчаники; 7 - карбонатные грунты; 8, 9, *10* - основные, средние и кислые эффузивы; 11 - туфы и туфобрекчии

Деформационные свойства скальных грунтов определяются:

- 6. Влажность;

Т.к. упругость воды > упругости воздуха, →

Чем выше W, тем больше $E_д$

Т.к. вода приводит к некот. проявл. грунтом пластических свойств, →

Чем выше W, тем меньше E (статический)

- 7. Температура грунта.

С ростом Т растет проявление пластических свойств и уменьшается проявление упругих. →

При нагревании величины упругих констант снижаются.

Деформационные свойства скальных грунтов определяются:

Упругие характеристики скальных грунтов в воздушно-сухом (I) и водонасыщенном (II) состоянии

(по М.Ш.Магиду)

Порода	Динамический метод						Статический метод			
	E_D, ГПа		G, ГПа		μ		E_c, ГПа		μ	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Гнейс биотитовый	46,8	57	17,0	22,0	0,20	0,29	56,6	56,5	0,17	0,26
Гранит биотитовый	54,5	71	23,4	29,0	0,20	0,24	71,4	70,3	0,22	0,27
Диорит гиперстеновый	79,0	92	31,0	38,5	0,23	0,24	84,0	84,2	0,24	0,25
Габбро-норит	120,5	134	49,5	54,0	0,20	0,23	122,0	117,2	0,27	0,29

Деформационные свойства дисперсных грунтов

- **Упругость проявляется лишь при незначительных начальных напряжениях:**

- сильно зависит от консистенции: **у пластичных минимальна, у твёрдых – максимальна;**

- μ зависит от W и степени водонасыщения грунта:

  - у сухих песков – [0,1;0,25],
  - у влажных – [0,3;0,4],
  - у водонасыщенных песков – [0,44 ;0,49],
  - у супесчаных, суглинистых и глинистых грунтов – [0,3;0,49].

- **При росте напряжений начинают проявляться пластические деформации.**

Деформационные свойства дисперсных грунтов

- При больших нагрузках проявляется пластическая (остаточная) деформация:

$$\varepsilon_{обр} << \varepsilon_{ост}$$

- → важно знать модуль общей деформации E_o и др. параметры, учитывающие $\varepsilon_{ост}$
- Эти параметры получают по результатам компрессионных испытаний.

Компрессионная сжимаемость грунтов

- **Компрессия** - это способность грунта сжиматься под постоянной, но ступенчато возрастающей нагрузкой без возможности его бокового расширения в условиях открытой системы (с возможностью оттока воды и воздуха из пор образца)

Компрессионная сжимаемость грунтов

- Т.к. $d_{кольца}$ = const:

$$\varepsilon_V = \varepsilon_z \quad \text{или } \Delta V/V = \Delta h/h,$$

- Где **V** и ***h*** - соответственно начальный объем и высота образца;
- **Δ*V*, Δh** - изменение объема и высоты образца.

Компрессионная сжимаемость грунтов

- При компрессии деформирование и уменьшение объема происходит за счет уменьшения объема пор, отжатия из них воды и (или) воздуха; при этом объем скелета грунта не меняется.
- Тогда можно записать:

$$\Delta h = h\,(\Delta V/V) =$$

$$= h[V_{sk}\,(1+e_o) - V_{sk}\,(1 - e_p)]/V_{sk}\,(1 + e_o) =$$

$$= h\,(e_o - e_p)/(1 + e_o),$$

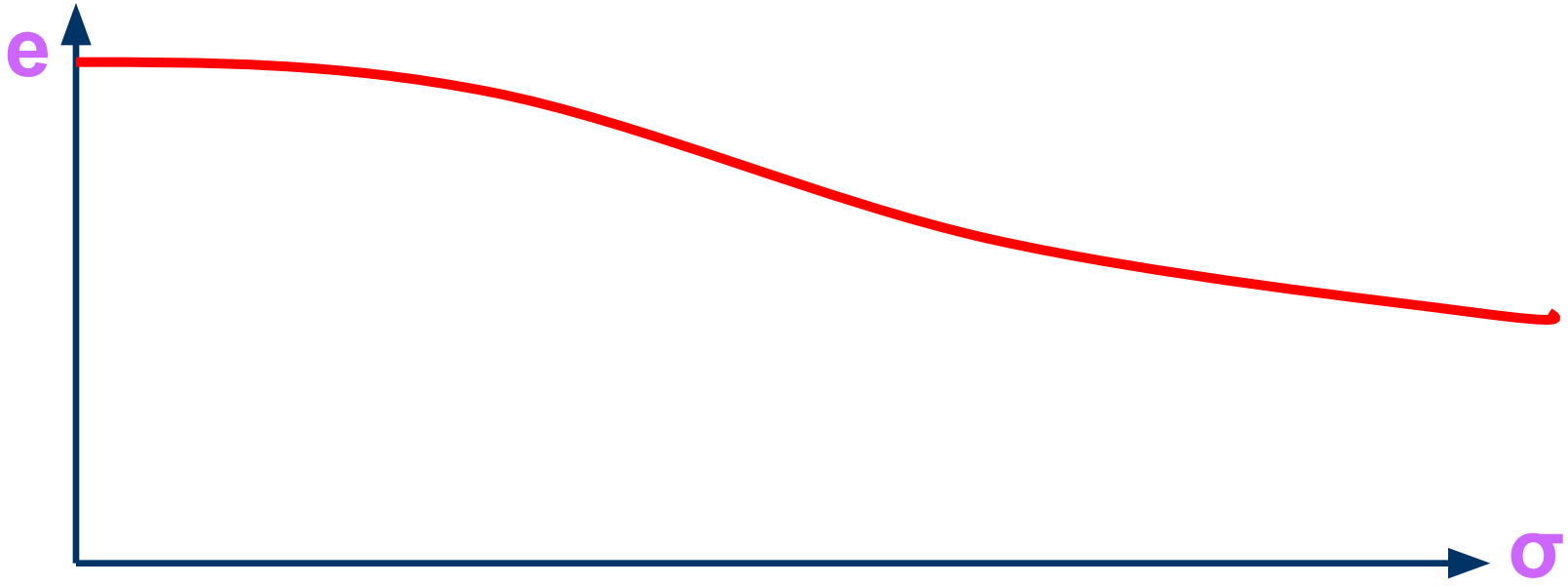
- Где e_o и e_p - коэффициенты пористости соответственно начальный и при нагрузке σ; V_{sk} - объем скелета грунта.

Закон компрессионного уплотнения

$$e_p = e_o - \Delta h/h\,(1 + e_o)$$

Компрессионная кривая

- $e = f(\sigma)$
- Реже: $n = f(\sigma)$ или $\varepsilon_z = f(\sigma)$

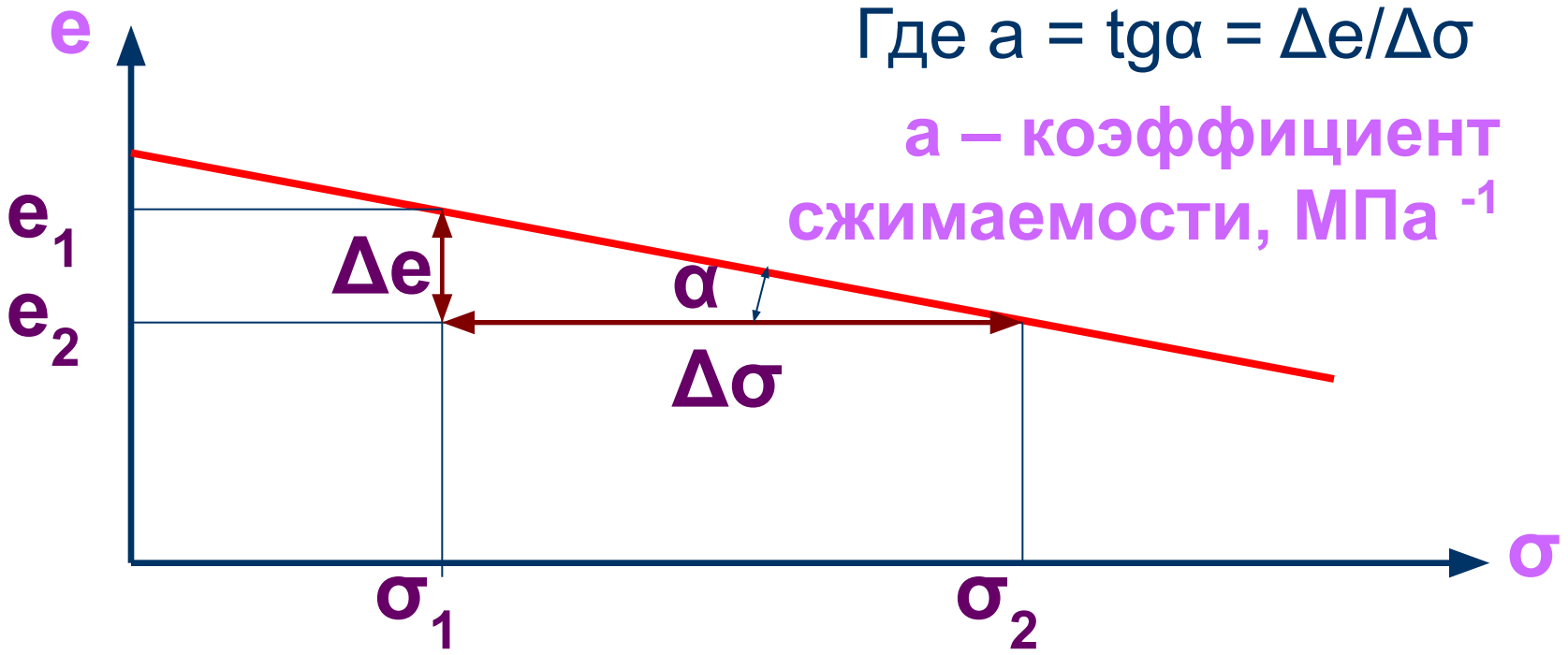


Компрессионная кривая

- Для малых интервалов уплотняющих нагрузок: $e = e_o - a\sigma$,

Где $a = tg\alpha = \Delta e/\Delta\sigma$

а – коэффициент сжимаемости, МПа $^{-1}$



Компрессионные испытания

- Сильносжимаемые: $a > 1$ МПа $^{-1}$;
- Повышенносжимаемые: $a = 1 – 0,1$ МПа $^{-1}$;
- Среднесжимаемые: $a = 0.1 – 0.05$ МПа $^{-1}$;
- Слабосжимаемые: $a = 0.05 – 0.01$ МПа $^{-1}$;
- Практически несжимаемые:

  $a < 0,01$ МПа $^{-1}$.

Компрессионная кривая

- Если построить график в полулогарифмическом масштабе (***e = f (lg σ))***:

$$e = e_o - a_k (\Delta \lg\sigma),$$

Где $a_k = \Delta e / \Delta \lg\sigma$

a_k – коэффициент компрессии, б.р.

Связь коэффициента сжимаемости с модулем общей деформации

$$E_o = ß\,(1 + e_o) / a = E_{ок}\,ß,$$

Где ß – коэффициент, учитывающий невозможность бокового расширения грунта при компрессии:

Пески – 0,8

Супеси – 0,7

Суглинки – 0,5

Глины – 0,4

$E_{ок}$ - модуль общей компрессионной деформации.

Сжимаемость несвязных грунтов

- **Осуществляется за счёт уплотнения их зернистой структуры и частично дробления наиболее крупных зёрен**
- Она зависит:

1. от формы и крупности обломков:

Чем выше дисперсность и хуже окатанность частиц – тем больше сжимаемость

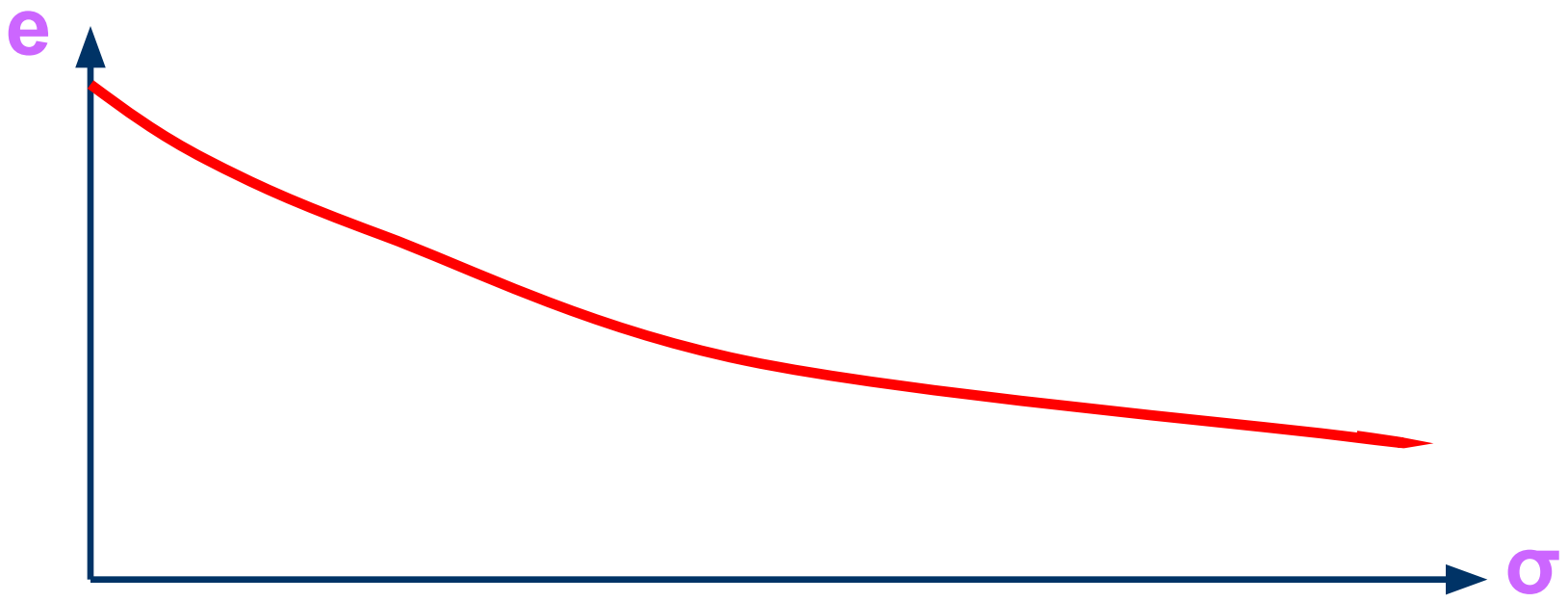
2. От начальной плотности:

Чем меньше плотность – тем больше сжимаемость

3. От наличия и характера заполнителя пор:

- **Если нет заполнителя – хорошая сжимаемость**
- **Наибольшая сжимаемость у крупнообл. грунтов с глинистым заполнителем.**
- **Наименьшая – с песчаным.**

Компрессионная кривая



Сжимаемость несвязных грунтов

4.Влияние влажности, **а также других физико-химических факторов** (концентрации и состава электролита порового раствора, обменных катионов):

Существенно сказывается лишь при наличии в них глинистого заполнителя.

В чистых песках влажность практически не влияет на их сжимаемость.

Сжимаемость связных грунтов

- осуществляется в основном за счет изменения структуры и текстуры грунта: разрушения части структурных связей и микроагрегатов, смыкания крупных пор, пере ориентации частиц при одновременном уменьшении пористости грунта, отжатия из пор воды и воздуха (рис. 14.16). При этом дробления частиц не происходит, при возрастающей нагрузке они все более ориентируются в направлении перпендикулярно прикладываемому давлению